

شرح مدل، داده‌ها و نتایج  
ارشیا مجیدی، سارا بابایی

پروژه‌ی دوم

بهینه‌سازی ترکیبی و آنالیز شبکه‌ها

مدل توسعه‌یافته:

مجموعه‌ها، اندیس‌ها و پارامترها:

$\mathbb{C}$	مجموعه‌ی دروس با اندیس $c$
$\mathbb{L}$	مجموعه‌ی مدرسين با اندیس $l$
$\mathbb{D}$	مجموعه‌ی روزهای مجاز با اندیس $d$ و $d'$
$D$	عضوی از مجموعه‌ی $\mathbb{D}$ بیانگر آخرین روز مجاز
$\mathbb{H}$	مجموعه‌ی بازه‌های زمانی مجاز در هر روز با اندیس $h$ و $h'$
$\mathbb{S}_j$	زیرمجموعه‌هایی از $\mathbb{C}$ که دربردارنده‌ی دروسی هستند که نباید با یک‌دیگر تداخل داشته باشند. ( $j \in \mathbb{J}$ )
$K$	تعداد کلاس‌های دانشکده
$n_c$	تعداد جلسات هفتگی مورد نیاز درس $c$
$u_c$	پارامتر دودویی که اگر درس $c$ سه واحدی باشد، یک و در غیر این صورت، صفر است.
$a_{c,l}$	پارامتر دودویی که اگر درس $c$ به مدرس $l$ تخصیص داده شده باشد، یک و در غیر این صورت، صفر است.
$b_{l,d,h}$	پارامتر دودویی که اگر مدرس $l$ در بازه‌ی زمانی $h$ از روز $d$ آمادگی داشته باشد، یک و در غیر این صورت، صفر است.
$g_h$	پارامتر دودویی که اگر بازه‌ی $h$ ، ۱/۵ ساعته باشد، یک و در غیر این صورت، صفر است.
$f_h$	پارامتر دودویی که اگر بازه‌ی $h$ اولین بازه‌ی زمانی بعد از ظهر باشد، یک و در غیر این صورت، صفر است.
$t_{h,h'}$	پارامتر دودویی که اگر بازه‌ی $h$ با $h'$ تداخل داشته باشد، یک و در غیر این صورت، صفر است. (تعریف شده برای هر $h, h' \in \mathbb{H}$ که $h \neq h'$ )

متغیرهای تصمیم:

$\delta_{c,d,h}$	متغیر دودویی که اگر درس $c$ در روز $d$ و بازه‌ی زمانی $h$ ارائه شود، یک و در غیر این صورت، صفر است. (برای هر $c \in \mathbb{C}, d \in \mathbb{D}, h \in \mathbb{H}$ که $u_c = g_h$ باشد)
$w$	متغیر کمکی متناظر با تعداد دروسی که در اولین بازه‌ی بعد از ظهر قرار می‌گیرند.

$v_{c,d}$	متغیر دودویی کمکی که اگر درس $c$ در هر دو روز $d$ و $d+1$ قرار گیرد، یک و در غیر این صورت، صفر است.
$\gamma_c$	متغیر دودویی کمکی که اگر درس $c$ در حداقل دو بازه‌ی زمانی مختلف قرار گیرد، یک و در غیر این صورت، صفر است. (برای هر $c \in \mathbb{C}$ که $n_c > 1$ باشد)

تابع هدف و قیود:

$$\min (z_1 = w, z_2 = \sum_{c \in \mathbb{C}: n_c > 1} \sum_{d \in \mathbb{D}: d < D} v_{c,d}, z_3 = \sum_{c \in \mathbb{C}: n_c > 1} \gamma_c)$$

s. t.

$$\sum_{d \in \mathbb{D}} \sum_{h \in \mathbb{H}} \delta_{c,d,h} = n_c \quad \forall c \in \mathbb{C} \quad (1)$$

$$\sum_{c \in \mathbb{C}} \delta_{c,d,h} + \sum_{c \in \mathbb{C}} \delta_{c,d,h'} \leq K \quad \forall d \in \mathbb{D}, \forall h, h' \in \mathbb{H} : t_{h,h'} = 1 \quad (2)$$

$$\sum_{c \in \mathbb{C}: a_{c,l}=1} \delta_{c,d,h} + \sum_{c \in \mathbb{C}: a_{c,l}=1} \delta_{c,d,h'} \leq 1 \quad \forall l \in \mathbb{L}, \forall d \in \mathbb{D}, \forall h, h' \in \mathbb{H} : t_{h,h'} = 1 \quad (3)$$

$$\sum_{c \in \mathbb{S}_j} \delta_{c,d,h} + \sum_{c \in \mathbb{S}_j} \delta_{c,d,h'} \leq 1 \quad \forall j \in \mathbb{J}, \forall d \in \mathbb{D}, \forall h, h' \in \mathbb{H} : t_{h,h'} = 1 \quad (4)$$

$$\delta_{c,d,h} \leq b_{l,d,h} \quad \forall c \in \mathbb{C}, \forall l \in \mathbb{L} : a_{c,l} = 1, \forall d \in \mathbb{D}, \forall h \in \mathbb{H} \quad (5)$$

$$\sum_{h \in \mathbb{H}} \delta_{c,d,h} \leq 1 \quad \forall c \in \mathbb{C} : n_c > 1, \forall d \in \mathbb{D} \quad (6)$$

$$\sum_{c \in \mathbb{C}} \sum_{d \in \mathbb{D}} \sum_{h \in \mathbb{H}: f_h=1} \delta_{c,d,h} - w \leq 0 \quad (7)$$

$$\sum_{h \in \mathbb{H}} \delta_{c,d,h} + \sum_{h \in \mathbb{H}} \delta_{c,d+1,h} - v_{c,d} \leq 1 \quad \forall c \in \mathbb{C} : n_c > 1, \forall d \in \mathbb{D} : d < D \quad (8)$$

$$\sum_{d' \in \mathbb{D}: d \neq d'} \sum_{h' \in \mathbb{H}: h \neq h'} \delta_{c,d',h'} - (n_c - 1)\gamma_c \leq M(1 - \delta_{c,d,h}) \quad \forall c \in \mathbb{C} : n_c > 1, \forall d \in \mathbb{D}, \forall h \in \mathbb{H} \quad (9)$$

قیود علامت:

$$\delta_{c,d,h} \in \{0, 1\} \quad \forall c \in \mathbb{C}, \forall d \in \mathbb{D}, \forall h \in \mathbb{H} : u_c = g_h$$

$$w \geq 0$$

$$v_{c,d} \geq 0 \quad \forall c \in \mathbb{C}, \forall d \in \mathbb{D}$$

$$\gamma_c \in \{0, 1\} \quad \forall c \in \mathbb{C}$$

### شرح قیود:

- قید (۱)** تضمین می‌کند که تعداد بازه‌های زمانی که در طول هفته به یک درس تخصیص داده می‌شود، برابر با تعداد جلسات هفتگی مورد نیاز آن درس باشد.
- قید (۲)** ایجاب می‌کند که تعداد دروس در حال برگزاری در هر زمان دلخواه، از تعداد کلاس‌ها بیشتر نباشد.
- قید (۳)** سبب می‌شود که یک مدرس در هر زمان دلخواه، حداکثر یک درس داشته باشد.
- قید (۴)** عدم تداخل دروس مجموعه‌ی  $S$  را تضمین می‌کند.
- قید (۵)** تضمین می‌کند که دروس هر مدرس، در بازه‌های زمانی که وی اعلام آمادگی کرده است، قرار داده شوند.
- قید (۶)** ایجاب می‌کند که جلسات مختلف یک درس، در یک روز قرار داده نشوند.
- قیدهای (۷) و (۸) و (۹) قیود نرم هستند.
- قید (۷)** تلاش می‌کند که در اولین بازه‌ی زمانی بعد از ظهر (۲ ساعته و ۱/۵ ساعته) درسی قرار داده نشود.
- قید (۸)** سعی می‌کند از قرار گرفتن جلسات مختلف یک درس در دو روز متوالی جلوگیری کند و حداقل یک روز بین آن‌ها فاصله بیندازد.
- قید (۹)** باعث می‌شود تا جای ممکن دروسی که بیش از یک جلسه در هفته نیاز دارند، در روزهای مختلف اما در بازه‌های زمانی مشابه ارائه شوند.

### شرح داده‌ها و تحلیل جواب:

فرمت کلی داده‌ها به صورت ۵ فایل csv است که به ترتیب شامل جدول‌های زیر هستند:

۱. «Sheet 1.csv» لیست دروس شامل کد و تعداد واحد هر درس.
۲. «Sheet 2.csv» لیست اساتید و زمان‌هایی که اعلام آمادگی کرده‌اند است.
۳. «Sheet 3.csv» لیستی شامل کد دروس و اساتید که نشان می‌دهد هر درس توسط کدام استاد ارائه می‌شود.
۴. «Sheet 4.csv» لیستی شامل کد دروس و شماره گروه‌ها برای دروسی که عضو گروهی هستند.
۵. «Sheet 5.csv» ویژگی‌های دانشکده شامل تعداد کلاس‌ها و تعداد گروه‌های درسی موجود.

۱. پوشه‌ی Data-01 شامل داده‌های کتاب است.

در خصوص اولین قید نرم، تنها جلسات دروس ۷ و ۹ در بازه‌ی زمانی ۱۳-۱۵ قرار داده شده‌اند. همچنین در خصوص دومین قید نرم به جز جلسه‌ی اول و دوم درس ۱۸ که در دو روز متوالی ارائه شده‌اند، بین جلسات سایر دروس و نیز بین جلسات دوم و سوم درس ۱۸ حداقل یک روز فاصله وجود دارد. به علاوه در خصوص سومین قید نرم، به جز جلسات درس ۱۴، بازه‌های زمانی جلسات سایر دروس مشابهند.

z1: 3

z2: 1

z3: 1

w: 3

v 18 2 : 1

gamma 14 : 1

1: Saturday 15 - 17,

2: Tuesday 15 - 17,

3: Saturday 15 - 17,

4: Saturday 8 - 10,

5: Wednesday 8 - 10,

6: Monday 10 - 12,

7: Sunday 13 - 15,

8: Saturday 10 - 12, Wednesday 10 - 12,

9: Saturday 13 - 15, Monday 13 - 15,

10: Monday 8 - 10, Wednesday 8 - 10,

11: Sunday 10 - 12, Tuesday 10 - 12,

12: Sunday 10 - 12, Wednesday 10 - 12,

13: Sunday 8 - 10, Tuesday 8 - 10,

14: Sunday 15 - 17, Tuesday 10 - 12,

15: Saturday 10 - 12, Monday 10 - 12,

16: Sunday 8 - 10, Tuesday 8 - 10,

17: Saturday 8 - 10, Monday 8 - 10,

18: Sunday 15 - 17, Monday 15 - 17, Wednesday 15 - 17,

۲. پوشه‌ی Data-02 شامل داده‌های کتاب به همراه ۴ درس ۳ واحدی باکد ۱۹، ۲۰، ۲۱ و ۲۲ است که به ترتیب توسط اساتید ۴، ۲، ۱ و ۶ ارائه می‌شوند. شایان ذکر است که درس ۲۰ عضوگروه ۲ و درس ۲۱ عضوگروه ۴ است. همچنین تعداد کلاس‌های دانشکده، به ۳ کلاس افزایش یافته است.

در خصوص اولین قید نرم، هیچ کلاسی در بازه‌های زمانی ۱۳-۱۵ و ۱۳:۳۰-۱۵ قرار داده نشده است. بنابراین این قید، نقض نمی‌شود.

همچنین در خصوص دومین قید نرم به جز جلسه‌ی اول و دوم درس ۱۸ که در دو روز متوالی ارائه شده‌اند، بین جلسات سایر دروس و نیز بین جلسات دوم و سوم درس ۱۸ حداقل یک روز فاصله وجود دارد. به علاوه در خصوص سومین قید نرم، به جز جلسات درس ۱۳، بازه‌های زمانی جلسات سایر دروس مشابهند.

z1: 0

z2: 0

z3: 1

w: 0

v 18 1 : 1

gamma 13 : 1

1: Saturday 15 - 17,

2: Sunday 15 - 17,

3: Wednesday 15 - 17,

4: Monday 10 - 12,

5: Wednesday 8 - 10,

6: Saturday 8 - 10,

7: Sunday 10 - 12,

8: Monday 10 - 12, Wednesday 10 - 12,

9: Monday 8 - 10, Wednesday 8 - 10,

10: Saturday 10 - 12, Wednesday 10 - 12,

11: Monday 8 - 10, Wednesday 8 - 10,

12: Sunday 10 - 12, Wednesday 10 - 12,

13: Sunday 15 - 17, Tuesday 10 - 12,

14: Sunday 8 - 10, Tuesday 8 - 10,

15: Saturday 10 - 12, Monday 10 - 12,

16: Sunday 8 - 10, Tuesday 8 - 10,

17: Saturday 8 - 10, Monday 8 - 10,

18: Saturday 8 - 10, Sunday 8 - 10, Tuesday 8 - 10,

19: Saturday 10:45 - 12:15, Tuesday 10:45 - 12:15,

20: Saturday 15 - 16:30, Monday 15 - 16:30,

21: Monday 15 - 16:30, Wednesday 15 - 16:30,

22: Sunday 10:45 - 12:15, Tuesday 10:45 - 12:15,