



**Amirkabir University of Technology  
(Tehran Polytechnic)**

## **Course timetabling project**

Professor:

Dr. F. Hooshmand Khaligh

Teaching Assistants:

Ms. Vista Farahi ,Ms. Fatemeh Vahdat

Student:

Mohammad Bornosi(9713007, [Mohammadbornosi@gmail.com](mailto:Mohammadbornosi@gmail.com))

Mohammadreza Ardestani (9513004, [ardestani.zr@gmail.com](mailto:ardestani.zr@gmail.com))

30, Dec, 2021

ارائه مدل برای مسئله زمان بندی کلاسی

# 1) ارائه مدل

مجموعه ست ها و پارامترها و قیود اولیه به شرح زیر است :

مجموعه ها، اندیس ها و پارامترها

$\mathbb{C}$	:	مجموعه دروس با اندیس $c$
$\mathbb{L}$	:	مجموعه مدرسین با اندیس $l$
$\mathbb{D}$	:	مجموعه روزهای مجاز با اندیس $d, d'$

$\mathbb{D}$	:	عضوی از مجموعه $\mathbb{D}$ بیانگر آخرین روز مجاز
$\mathbb{H}$	:	مجموعه بازه های زمانی مجاز در هر روز با اندیس $h, h'$
$\bar{h}$	:	عضوی از مجموعه $\mathbb{H}$ بیانگر اولین بازه زمانی بعد از ظهر

$\mathbb{S}_j$	:	زیر مجموعه هایی از $\mathbb{C}$ که دربردارنده دروسی هستند که نباید با یکدیگر تداخل داشته باشند ( $j \in \mathbb{J} = \{1, \dots, m\}$ ). مثلاً مجموعه $\mathbb{S}_1$ می تواند شامل دروسی باشد که عموماً دانشجویان در اولین نیمسال تحصیلی آنها را اخذ می کنند و لذا، زمان ارائه این دروس نباید با هم تداخل داشته باشد. البته مجموعه های $\mathbb{S}_1, \mathbb{S}_2, \dots, \mathbb{S}_m$ لزوماً از هم مجزا نیستند و ممکن است برخی از آنها با هم اشتراک داشته باشند.
----------------	---	---

$n_c$	:	تعداد جلسات هفتگی مورد نیاز درس $c$
$K$	:	تعداد کلاس های دانشکده
$a_{c,l}$	:	یک 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 $l$ برای تدریس در بازه زمانی $h$ از روز $d$ آمادگی داشته باشد، یک و در غیر این صورت، صفر است.

متغیرهای تصمیم

$\delta_{c,d,h}$	:	متغیر دودویی که اگر درس $c$ در روز $d$ و بازه زمانی $h$ ارائه شود، یک و در غیر این صورت، صفر است. ( $c \in \mathbb{C}, d \in \mathbb{D}, h \in \mathbb{H}$ )
------------------	---	--

قیود

$$\sum_{d \in \mathbb{D}} \sum_{h \in \mathbb{H}} \delta_{c,d,h} = n_c \quad \forall c \in \mathbb{C} \quad (1-8)$$

$$\sum_{c \in \mathbb{C}} \delta_{c,d,h} \leq K \quad \forall d \in \mathbb{D}, h \in \mathbb{H} \quad (2-8)$$

$$\sum_{c \in \mathbb{C}; a_{c,l}=1} \delta_{c,d,h} \leq 1 \quad \forall d \in \mathbb{D}, h \in \mathbb{H}, l \in \mathbb{L} \quad (3-8)$$

$$\sum_{c \in \mathbb{S}_j} \delta_{c,d,h} \leq 1 \quad \forall d \in \mathbb{D}, h \in \mathbb{H}, j \in \mathbb{J} \quad (4-8)$$

$$\delta_{c,d,h} \leq b_{l,d,h} \quad \forall c \in \mathbb{C}, l \in \mathbb{L}; a_{c,l} = 1, \forall d \in \mathbb{D}, h \in \mathbb{H} \quad (5-8)$$

$$\sum_{h \in \mathbb{H}} \delta_{c,d,h} \leq 1 \quad \forall c \in \mathbb{C}; n_c > 1, \forall d \in \mathbb{D} \quad (6-8)$$

$$\sum_{c \in \mathbb{C}} \sum_{d \in \mathbb{D}} \delta_{c,d,\bar{h}} \leq \cdot \quad (7-8)$$

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

$$\sum_{d' \in \mathbb{D}; d' \neq d} \sum_{h' \in \mathbb{H}; h' \neq h} \delta_{c,d',h'} \leq M(1 - \delta_{c,d,h}) \quad \forall c \in \mathbb{C}; n_c > 1, \quad (9-8)$$

$$\delta_{c,d,h} \in \{0, 1\} \quad \forall c \in \mathbb{C}, d \in \mathbb{D}, h \in \mathbb{H} \quad (10-8)$$

تغییراتی که باید در مدل اولیه ایجاد کرد به شرح زیر است :

1. تبدیل قیود سخت به نرم و استفاده از روش چند هدفه
2. فرض تداخل بازه های زمانی را به مسئله اضافه کرد و قیود را بازنویسی کرد

بازنویسی قیود :

قید 2 :

$$\sum_{c \in \mathbb{C}} \delta_{c,d,h} \leq K \quad \forall d \in \mathbb{D}, h \in \mathbb{H}$$

این قید را باید به این صورت بازنویسی کرد که به ازای دو بازه زمانی  $h, h'$  تعداد درس هایی که در روز  $d$  و بازه زمانی  $h$  ارائه میشود و درس های که در روز  $d$  در بازه زمانی  $h'$  ارائه میشود اگر این دو بازه تداخل داشتند کمتر از تعداد اتاق ها بشه

$$\sum_{c \in \mathbb{C}} \delta_{c,d,h} + \sum_{c \in \mathbb{C}, \substack{t(h,h')=1}} \delta_{c,d,h'} \leq K \quad \forall d \in \mathbb{D}, h \in \mathbb{H}, h' \in \mathbb{H}$$

قید 3 :

$$\sum_{c \in C: a_{c,l}=1} \delta_{c,d,h} \leq 1 \quad \forall d \in D, h \in H, l \in L$$

این قید را باید به این صورت بازنویسی کرد که به ازای دو بازه زمانی  $h, h'$  و استاد  $l$  تعداد درس هایی که در روز  $d$  و بازه زمانی  $h$  توسط استاد  $l$  ارائه میشود و درس هایی که در روز  $d$  و بازه زمانی  $h'$  توسط استاد  $l$  ارائه میشود اگر این دو بازه تداخل داشتند کمتر از 1 بشه

$$\sum_{\substack{c \in C_1 \\ a_{c,l}=1}} \delta_{c,d,h} + \sum_{\substack{c \in C_1 \\ a_{c,l}=1 \\ t(h,h')=1}} \delta_{c,d,h'} \leq 1 \quad \forall d \in D, l \in L, h \in H, h' \in H$$

قید 4 :

$$\sum_{c \in S_j} \delta_{c,d,h} \leq 1 \quad \forall d \in D, h \in H, j \in J$$

این قید را باید به این صورت بازنویسی کرد که به ازای دو بازه زمانی  $h, h'$  و مجموعه  $j$  تعداد درس هایی که در مجموعه  $j$  قرار دارد در روز  $d$  و بازه زمانی  $h$  ارائه میشود و و درس های که در مجموعه  $j$  قرار دارد و در روز  $d$  و بازه زمانی  $h'$  ارائه میشود اگر این دو بازه تداخل داشتند کمتر از 1 بشه

$$\sum_{c \in S_j} \delta_{c,d,h} + \sum_{\substack{c \in S_j \\ t(h,h')=1}} \delta_{c,d,h'} \leq 1 \quad \forall d \in D, h \in H, h' \in H, j \in J$$

بقیه قیود نیازی به بازنویسی دوباره ندارند و با اضافه کردن فرض تداخل به مشکلی بر نمی خورند

قیود 7\_8 تا 9\_8 قیود هستند که باید از قیود سخت به قیود نرم ان ها را تبدیل کنیم همان طور که در تمرین 3 به ان اشاره شده به این صورت این کار را انجام می دهیم :

$$\sum_{c \in \mathbb{C}} \sum_{d \in \mathbb{D}} \delta_{c,d,h} - w \leq 0 \quad (11-8)$$

$$\sum_{h \in \mathbb{H}} \delta_{c,d,h} + \sum_{h \in \mathbb{H}} \delta_{c,d+1,h} - v_{c,d} \leq 1 \quad \forall c \in \mathbb{C}: n_c > 1, \forall d \in \mathbb{D}: d < D \quad (12-8)$$

$$\sum_{d' \in \mathbb{D}: d' \neq d} \sum_{h' \in \mathbb{H}: h' \neq h} \delta_{c,d',h'} - (n_c - 1) \gamma_c \leq M(1 - \delta_{c,d,h}) \quad (13-8)$$

$$\forall c \in \mathbb{C}: n_c > 1, \forall d \in \mathbb{D}, h \in \mathbb{H}$$

و مسئله چند هدفه به شرح زیر است :

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

$s. t. (11-8)-(13-8)$

$$w \geq 0 \quad (14-8)$$

$$v_{c,d} \geq 0 \quad \forall c \in \mathbb{C}: n_c > 1, \forall d \in \mathbb{D}: d < D \quad (15-8)$$

$$\gamma_c \in \{0, 1\} \quad \forall c \in \mathbb{C}: n_c > 1 \quad (16-8)$$

که همانندی که گفته شده عمل میکنیم و به ترتیب مقدار بهینه ان ها را بدست می آوریم و تساوی با مقدار بهینه تحت عنوان یک قید اضافه میکنیم

## 2) دیتا ست

دو دیتا ست کوچک که مقادیر آن ها به صورت دستی تعیین شده انتخاب شده و اسامی که در دیتا ست ذخیره شده و اسم آن با اسامی اختصاص داده شده به پارامتر و ست های مدل یکی است ( به جای اندیس L , P در نظر گرفته شده است)

دیتا ست 1 : 8 تا مدرس و 21 تا درس و 6 تا مجموعه از دروسی که نباید در آن ها تداخل زمانی بوجود بیاید

5 روز و 8 بازه زمانی که بازه های زمانی به شرح زیر هستند :

h	start_hour	start_min	duration
1	8	0	120
2	10	0	120
3	13	0	120
4	15	0	120
5	14	0	120
6	7	45	90
7	9	15	90
8	16	0	120

اطلاعات مربوط به پارامتر ها در فایل data\_01.xlsx موجود است

دیتا ست 1 : 8 تا مدرس و 21 تا درس و 6 تا مجموعه از دروسی که نباید در آن ها تداخل زمانی بوجود بیاید

5 روز و 9 بازه زمانی که بازه های زمانی به شرح زیر هستند :

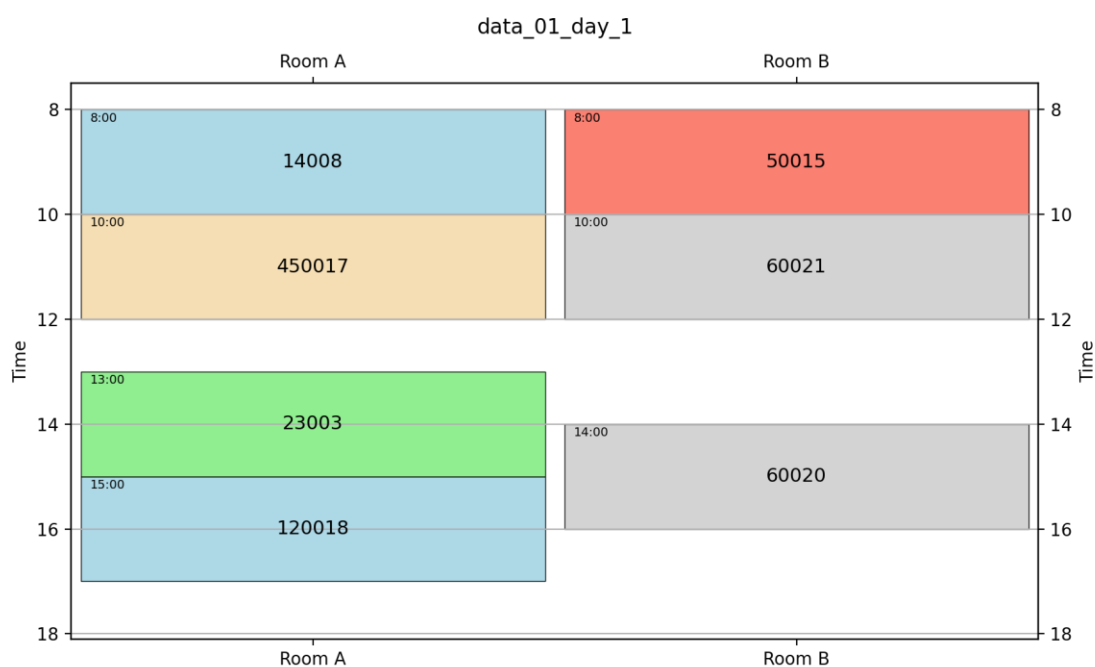
h	start_hour	start_min	duration
1	8	0	120
2	10	0	120
3	13	0	120
4	15	0	120
5	7	45	90
6	9	15	90
7	10	45	90
8	13	30	90
9	15	0	90

اطلاعات مربوط به پارامتر ها در فایل data\_02.xlsx موجود است

3) تحلیل خروجی : برای این کار متغیر X یا همان دلتا را که بیانگر ارائه دروس در روز و ساعت زمانی تعریف شده است را مصور کردیم که به شرح زیر است

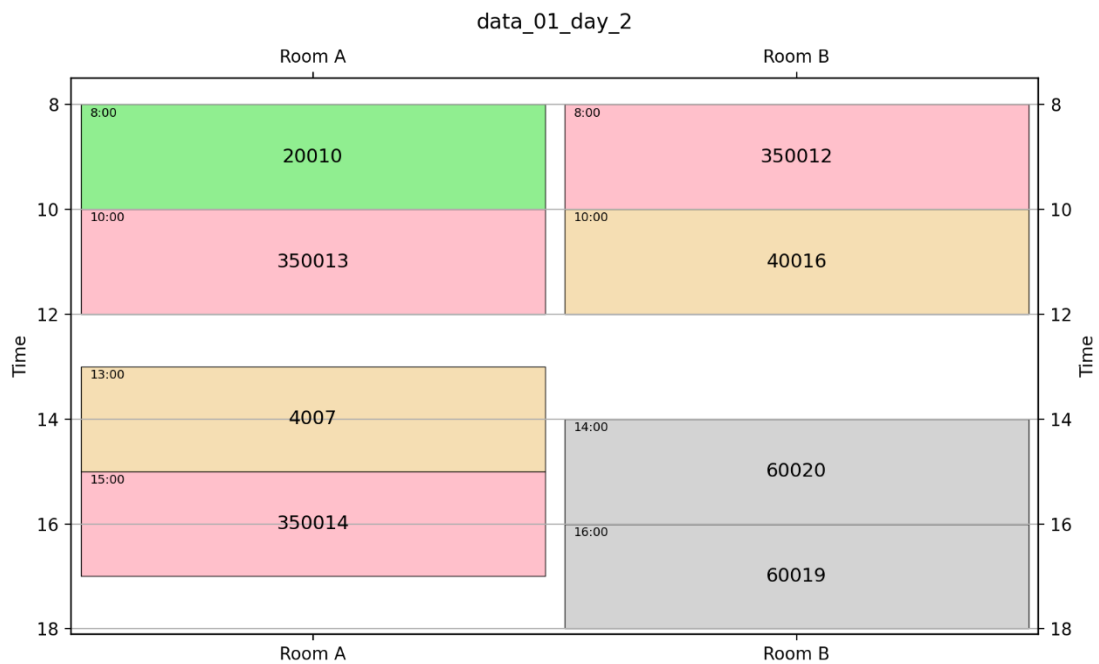
دیتا 1 (

روز اول (

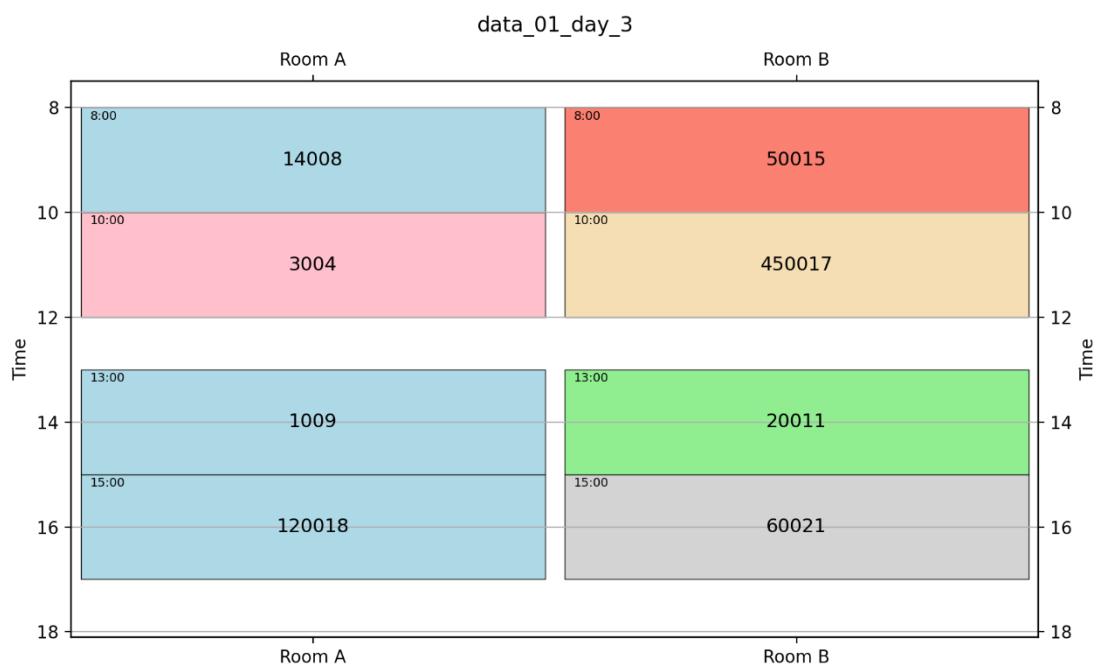


روز دوم (

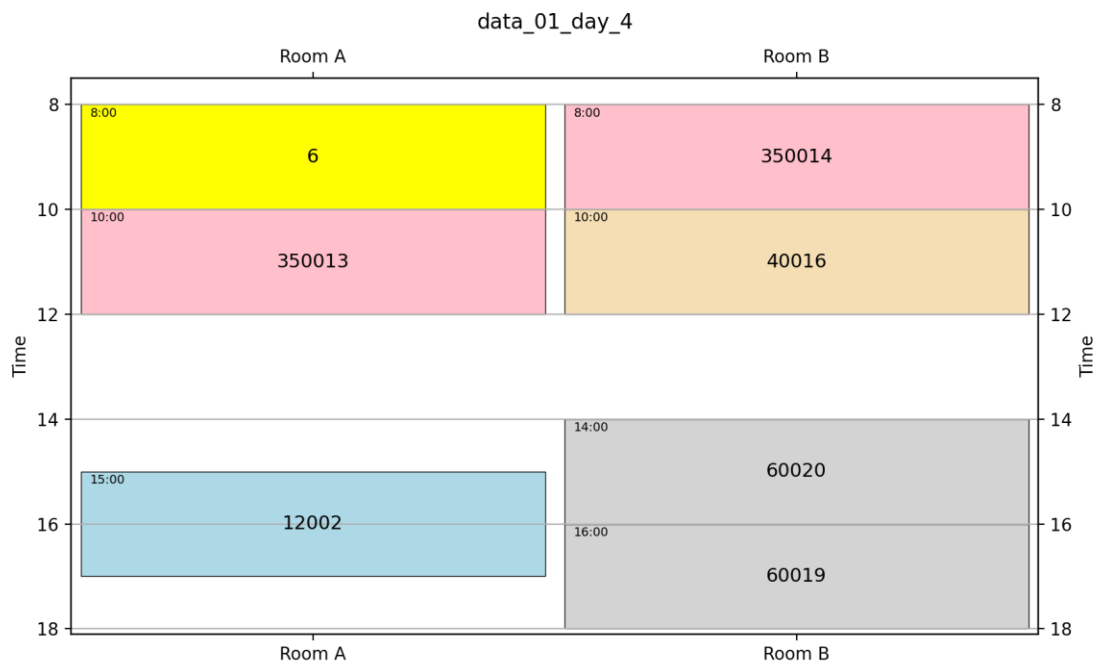




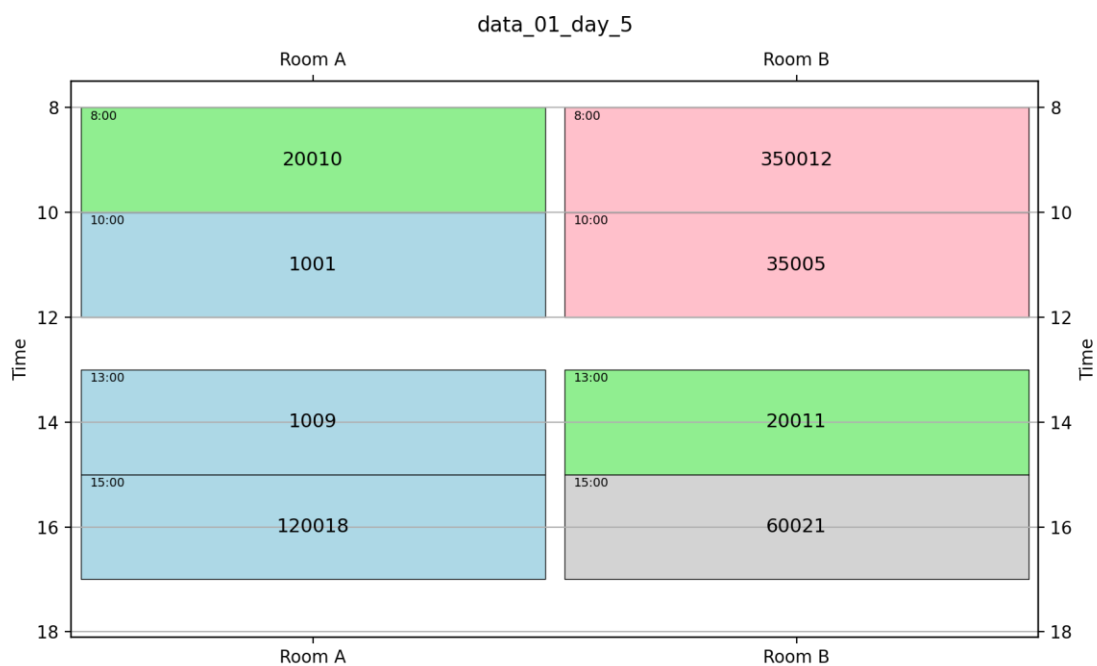
روز سوم )



روز چهارم )



روز پنجم (



توضیحات مربوط به دیتا 1 :

-شماره بر روی هر درس

(شماره مربوط به اون درس)00(شماره مجموعه هایی که درس مد نظر ما در اون مجموعه ها وجود داره)

-رنگ هر درس

رنگ اولین مجموعه ای که درس مد نظر ما در اون مجموعه وجود داره

که میتوان دید هر درس به تعداد جلسات مورد نیاز برگزار شده و دروسی که در مجموعه های مشترک هستند

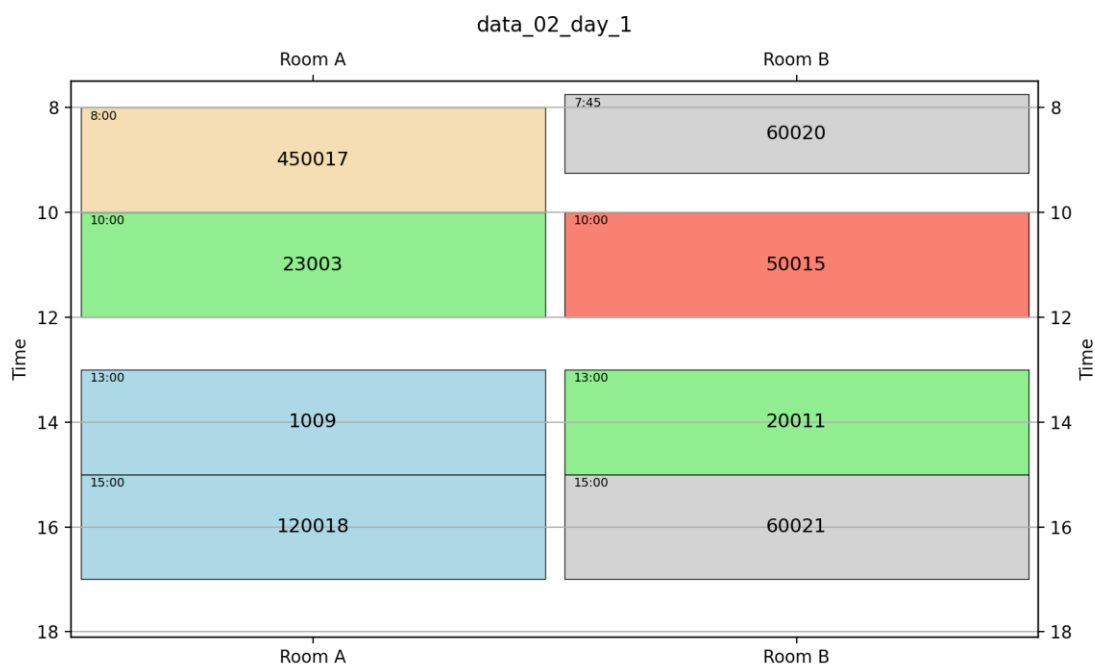
در بازه های متداخل نیوفتادند

دروسی که توسط یک استاد ارائه میشدند در بازه زمانی مربوط به آنها تداخلی وجود ندارد برای مثال درس 1 و

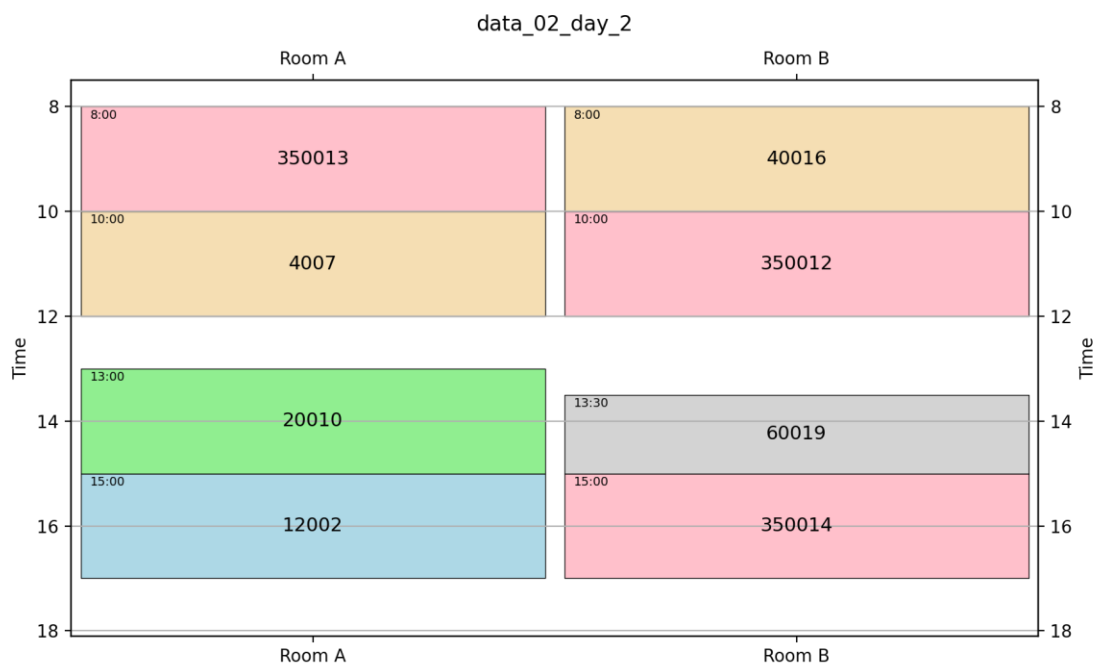
2 و 18 که توسط استاد 1 ارائه میشوند.

دیتای 2 :

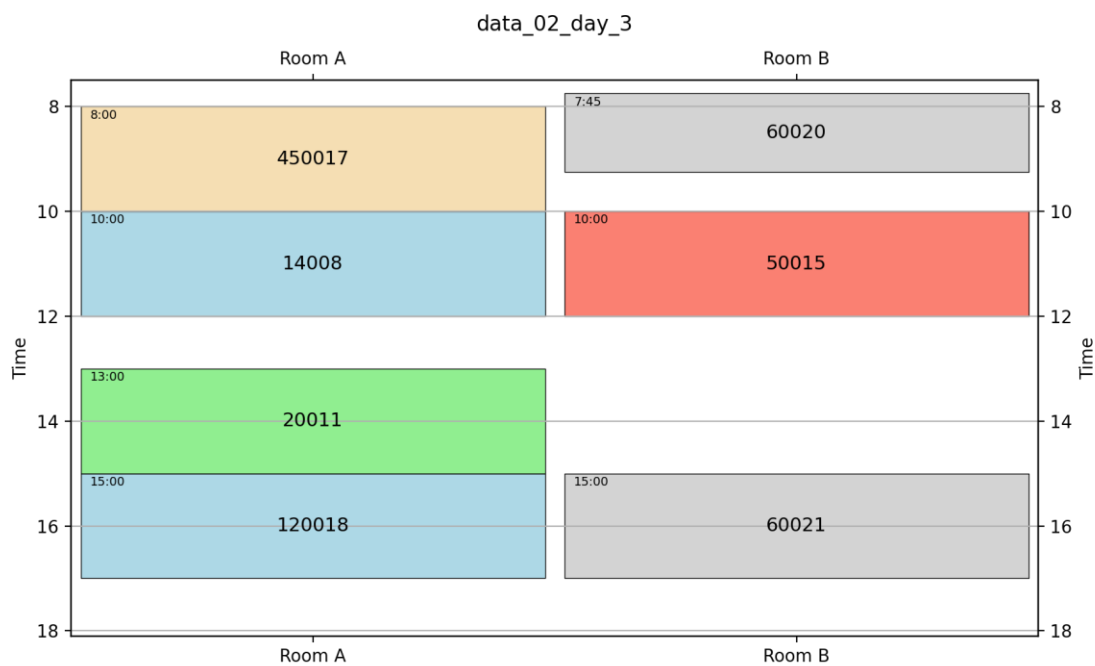
روز اول (



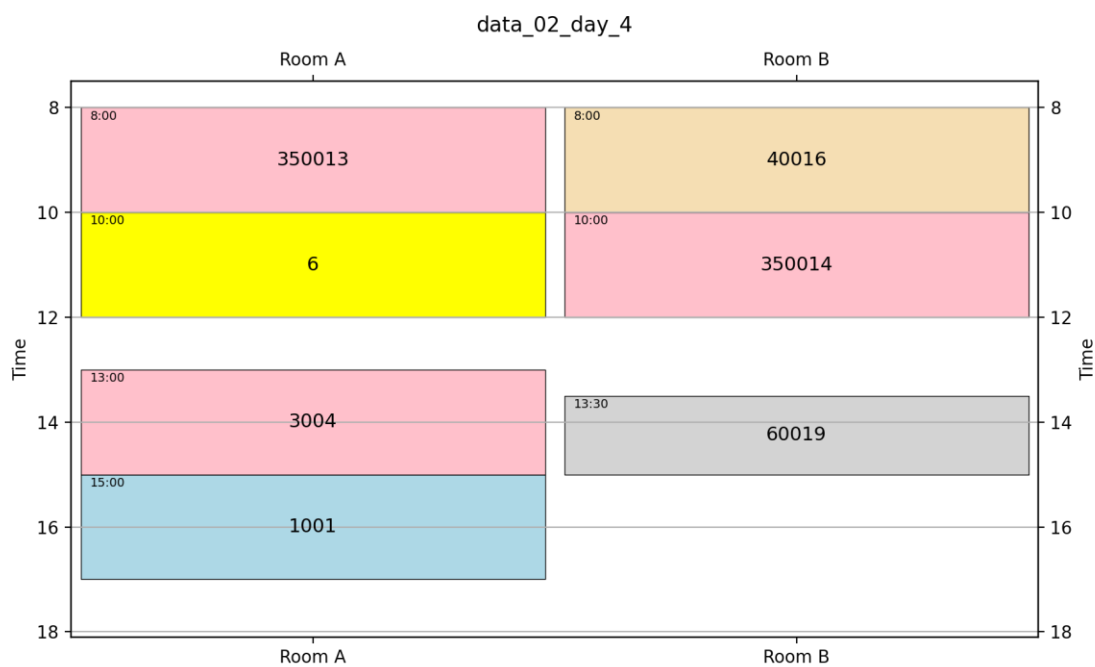
روز دوم (



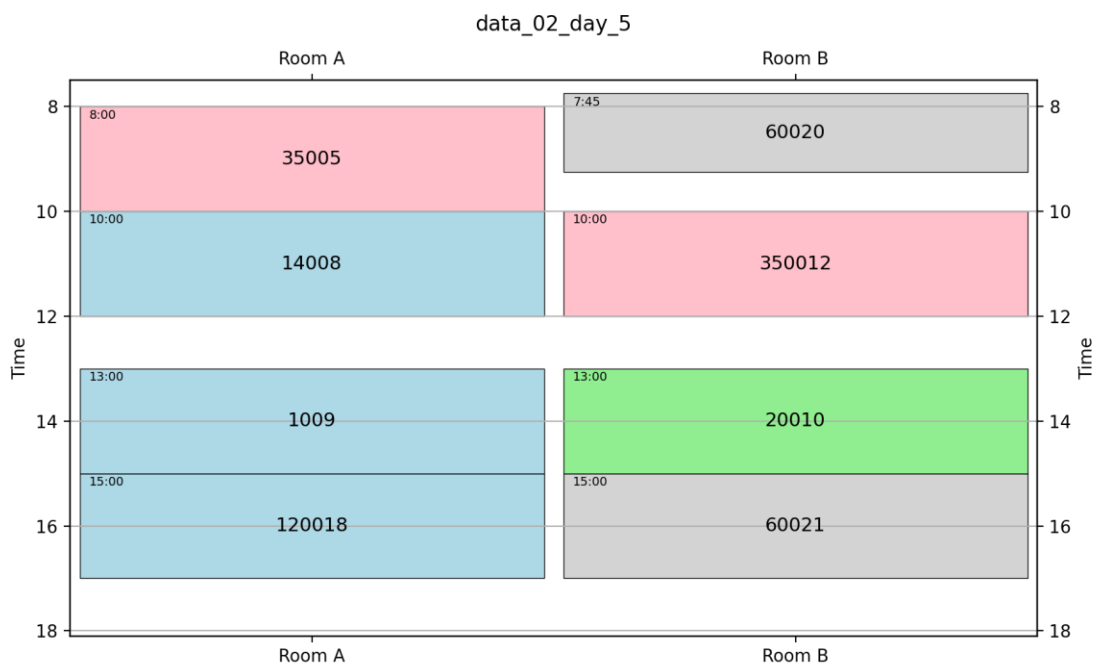
روز سوم )



روز چهارم )



روز پنجم )



توضیحات مربوط به دیتا 2 :

-شماره بر روی هر درس

(شماره مربوط به اون درس)00(شماره مجموعه هایی که درس مد نظر ما در اون مجموعه ها وجود داره)

-رنگ هر درس

رنگ اولین مجموعه ای که درس مد نظر ما در اون مجموعه وجود داره

که میتوان دید هر درس به تعداد جلسات مورد نیاز برگزار شده و دروسی که در مجموعه های مشترک هستند

در بازه های متداخل نیوفتادند) در هر روز برای بازه های متداخل اندیس مجموعه ها با هم متفاوت است و اشتراکی ندارند) و دروسی که توسط یک استاد ارائه میشدند در بازه زمانی مربوط به آنها تداخلی وجود ندارد

برای مثال درس 3و8و9و21 که توسط استاد 2 ارائه میشوند.