



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

Middle term exams scheduling

Professor:

Dr. F. Hooshmand Khaligh

Teaching Assistants:

Ms. Vista Farahi ,Ms. Fatemeh Vahdat

Student:

Mohammad Bornosi(9713007, Mohammadbornosi@gmail.com)

Mohammadreza Ardestani (9513004, ardestani.zr@gmail.com)

30, OCT, 2021

0) **Introduction**

0.1) Data bases

0.2) How to Setup and run the code

0.3) Output format

Phase 1) **Formal Model**

Phase 2) **Gams Code**

Phase 3) **Result Analysis**

Phase 3) **Challenges**

0) Introduction

0.1) Data bases

برای تست کردن کد پیاده سازی شده، از داده های درس های دانشجویان تحصیلات تکمیلی استفاده شده است. در پوشه Raw_data میتوان به داده های اولیه و کد پایتون برای پروسس کردن آن دسترسی گرفت.

داده هایی که به فرمت قابل استفاده برای گمز در آمده است در پوشه Gams ذخیره شده است.

کد بر روی تعداد هفته های متفاوت (1 هفته ای و 2 هفته ای) تست شده است و نتیجه تحلیل شده است.

0.2) How to Setup and run the code

برای اجرای کد گمز روی تعداد هفته متفاوت (1 هفته ای و یا 2 هفته ای) کافی است تغییر کوچکی بر روی آدرس ورودی داده شود بدین صورت که ؛

```
set
  students_id,
  cources_id,
  exam_intervals/1*3/,
  exam_days/1*14/;

alias(exam_days,r)

Parameter
  student_cources(students_id, cources_id)
  penalty_coefficients(exam_intervals)/1 9,2 6,3 2/
  course_classes(cources_id, exam_days)
  cources_code(cources_id)
  students_code(students_id);

$onecho > data.txt
set=students_id cdim=0 rdim=1 rng=students_id&code!A2:A139
set=cources_id cdim=0 rdim=1 rng=cources_id&code!A2:A56
par=student_cources cdim=1 rdim=1 rng=students_id&cources_id!A1:BD139
par=course_classes cdim=0 rdim=2 rng=cources_id&day_2!A1:c221
par=cources_code cdim=0 rdim=1 rng=cources_id&code!A2:B56
par=students_code cdim=0 rdim=1 rng=students_id&code!A2:B139

$offecho
```

برای اجرای کد بر روی بازه یک هفته ای میتوانید عدد 14 را به 7 تغییر داده و day_2 را به day تغییر دهید. و بعد از آن، در همان خط، عدد 221 به 111 تغییر داده شود.

همچنین بنا بر پوشه ای که فایل های ورودی گمز را در آن ذخیره میکنید باید آدرس زیر را تغییر دهید.

```
$call GDXRW C:\Users\Lenovo\Documents\GAMSStudio\workspace\midterm_Data.xlsx @data.txt
$GDXIN midterm_Data.gdx

$LOAD students_id,cources_id, student_cources, course_classes, students_code, cources_code
```

0.3) Output format

تمام نتایج (جدول زمان بندی، جدول دروس امتحانی برای هر دانشجو و مقدار تابع هدف) هم برای 1 هفته ای و هم برای 2 هفته ای در پوشه output ذخیره شده است.

Sheet های مختلف فایل اکسل به فرمت زیر میباشند:

```

Execute_unload "C:\Users\Lenovo\Documents\GAMSStudio\workspace\midterm_exam_assigning_two_week.gdx" z, x, courses_code, y, students_code, student_courses, execution

$oncho > data.txt
vars cdim=0 rdim=0 rng=objective_functiontime!A1
par=execution_time cdim=0 rdim=0 rng=objective_functiontime!A2
par=courses_code cdim=0 rdim=1 rng=x!A2
var=x rdim=1 cdim=1 rng=x!c1
par=students_code cdim=0 rdim=1 rng=y!A2
var=y rdim=1 cdim=1 rng=y!c1
par=student_courses cdim=1 rdim=1 rng=student_courses!A2
par=cource_classes cdim=1 rdim=1 rng=cource_classes!A2
$offcho

execute 'gdxrw.exe C:\Users\Lenovo\Documents\GAMSStudio\workspace\midterm_exam_assigning_two_week.gdx o=C:\Users\Lenovo\Documents\GAMSStudio\workspace\midterm_exam'

```

آدرس فایل خروجی را با توجه به سیستم خود باید تغییر دهید.

Phase 1) Formal Model

set:

- students-id مجموعه دانشجوها
- courses-id مجموعه دروس
- exam-days مجموعه روزهای امتحانی
- exam-intervals مجموعه فواصل بین امتحانی

Parameter:

- student_courses(students-id, courses-id) $\begin{cases} 1 & \text{دانشجویی زام در این کلاس داشته باشد} \\ & (i \in \text{students-id}, ie \text{courses-id}) \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$
- penalty-coefficients(exam-intervals) میزان جریمه مربوط به فواصل بین امتحانی
- course-classes(courses-id, exam-days) $\begin{cases} 1 & \text{درس زام در روز K کلاس دارد} \\ & (ie \text{courses-id}, K \in \text{exam-days}) \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$

variable:

- y(students-id, exam-days) تعداد امتحانات دانشجویی زام در روز K $\begin{cases} 1 & (i \in \text{students-id}, K \in \text{exam-days}) \\ y(\text{students-id}, \text{exam-days}) = 0 & \end{cases}$
- u(students-id, exam-days) $\begin{cases} 1 & \text{در غیر این صورت} \\ 0 & \end{cases}$
- x(courses-id, exam-days) $\begin{cases} 1 & \text{امتحان در روز K زام باشد} \\ & (ie \text{courses-id}, K \in \text{exam-days}) \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$
- p(students-id, exam-intervals, exam-days) $\begin{cases} 1 & \text{اگر دانشجویی زام در روز K و K+d دو امتحان متوالی داشته باشد} \\ & (i \in \text{students-id}, K \in \text{exam-days}, d \in \text{exam-intervals}) \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$
- n(students-id, exam-intervals, exam-days) $\begin{cases} 1 & \text{اگر دانشجویی زام در روز K و K+d دو امتحان متوالی داشته باشد} \\ & (i \in \text{students-id}, d \in \text{exam-intervals}, K \in \text{exam-days}) \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$

متغیر کمکی

Note: "u" and "n" are helper variables.

Note: exam_days = Number of weeks * 7.

(7 is number of days we have in weeks) (in our case study, "number of weeks" vary between 1 or 2)

تمام پارامترها و متغیران نوع آن ها در یک نگاه:

```
option MIP = Cplex ;
option optcr = 0;
option intvarUp = 0;
set
    students_id,
    cources_id,
    exam_intervals/1*3/,
    exam_days/1*14/;

alias(exam_days,r)

Parameter
    student_cources(students_id, cources_id)
    penalty_coefficients(exam_intervals)/1 9,2 6,3 2/
    course_classes(cources_id, exam_days)
    cources_code(cources_id)
    students_code(students_id);

* defining variables
free variable z;
integer variable y(students_id, exam_days);
binary variable u(students_id, exam_days);
binary variable x(cources_id, exam_days);
binary variable n(students_id,exam_intervals,exam_days);
binary variable p(students_id,exam_intervals,exam_days);
```

Constraints and objective Func:

$$\begin{aligned}
 \min Z &= M_1 \sum_{j \in \text{students-id}} \sum_{K \in \text{exam-days}} (u(j,K) + y(j,K) - 1) + M_P \sum_{d \in \text{exam-intervals}} \sum_{j \in \text{students-id}} \sum_{K \in \text{exam-days}} P(j,d,K) \times \text{penalty-coefficients}(d) \\
 \text{s.t.} \quad y(j,K) &= \sum_{i \in \text{courses-id}} \text{student-courses}(j,i) x(i,K) \quad \forall j \in \text{students-id}, K \in \text{exam-days} \\
 x(i,K) &= 0 \quad \forall i \in \text{courses-id}, K \in \text{exam-days} : \text{course-classes}(i,K) = 0 \\
 \sum_{K \in \text{exam-days}} x(i,K) &= 1 \quad \forall i \in \text{courses-id} \\
 y(j,K) &\geq 1 - u(j,K) \quad \forall j \in \text{students-id}, K \in \text{exam-days} \\
 y(j,K) &\leq M_P (1 - u(j,K)) \quad \forall j \in \text{students-id}, K \in \text{exam-days} \\
 - \sum_{L=K+1}^{K+d-1} (1 - u(j,L)) + (1 - u(j,K)) + (1 - u(j,K+d)) - 1 &\leq (M_P (1 - n(j,d,K))) \quad \forall j \in \text{students-id}, K \in \text{exam-days}, d \in \text{exam-intervals} \\
 1 - P(j,d,K) &\leq (M_P) n(j,d,K) \quad \forall j \in \text{students-id}, d \in \text{exam-intervals}, K \in \text{exam-days}
 \end{aligned}$$

هنا exam-days منتهى و عقوبات exam-days

M1, M2, & "Penalty coefficients" are found heuristically.

M3, M4, and M5 are found based on the theorems that we have had in our lectures.

M1 = 901, M2 = 100, M3 = number of exam days, M4=1, M5= 1.

Phase 2) Gams Code

کد گمز در پوشه گمز به همراه دیتا مورد نیاز آن در فایل اکسل موجود است. تنها کافی است که نرم افزار اکتیو شده گمز داشته باشید و آن را ران کنید. برای گرفتن خروجی باید آدرسی در سیستم خود در فایل گمز اضافه کنید.

همین طور برای ران کردن کد بر روی دیتای 1 هفته ای و دیتای دو هفته ای باید تغییراتی اعمال کنید که همگی در بخش "0.2) How to Setup and run the code" توضیح داده شده است.

Phase 3) Result Analysis

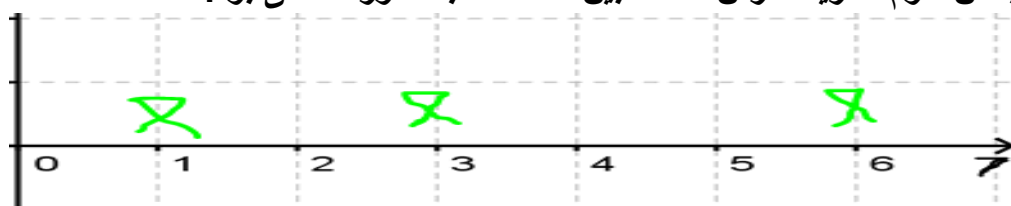
در تست اول که بر روی بازه زمانی امتحانات 7 روز است، دانشجویی که در یک روز بیش از 1 امتحان داشته باشد وجود دارد و به این خاطر است که ترکیب درس هایی که این دانشجو دارد **less frequent** هست و به همین خاطر مدل ترجیح داده است که برای این دانشجو بیش از 1 امتحان در هفته قرار دهد تا در نهایت تابع هدف بهینه داشته باشیم. در نهایت جواب مسئله از نوع **optimal** گزارش شده است.

در تست دوم که تعداد هفته ها برابر 2 قرار داده شد، 3 دانشجو پیدا شد که در 1 روز بیش از 1 امتحان داشته اند. به عنوان نمونه دانشجوی با کد 105 در این ترم 6 درس اخذ کرده است و با توجه که نسبت به میانگین تعداد اخذ درس (3 درس) خیلی بیشتر است. جواب نهایی مسئله به صورت **optimal** گزارش شده است. بالا رفتن زمان حل نسبت به حالت اول، طبیعتاً به خاطر بالا دو برابر شدن تعداد روزهای هفته است. اما مقدار تابع هدف نسبت به حالت 1 هفته ای خیلی کمتر شده است (حدود 77 درصد کاهش داشته است) که علت آن این است که وقتی تعداد هفته ها بالاتر میرود میزان دانشجویانی که در یک روز امتحان دارند کمتر میشود و همین طور توالی در امتحانات پایین میآید. بنابراین شرایط و نیاز مسئله میتوان تعداد هفته ها را از 2 به 3 هم حتی افزایش داد ولی چون از طرف آموزش کل هر ساله بازه مجاز امتحانات 2 هفته اعلام میشود، بررسی حالت های 3 و 4 هفته ای کاربردی نخواهد بود.

(System configuration = Ram 8G, CPU= Core i7, GPU= 4)

Phase 3) Challenges

- یکی از چالش ها جلوگیری از ایجاد 4 اندیس برای تعریف متغیر ها بود و همین طور پیوسته تعریف کردن روز ها، بدین منظور ما به جای اختصاص دو اندیس برای مشخص کردن روز (یک اندیس برای روز چندم از هفته و یک اندیس برای هفته چندم بودن) ما تعداد هفته های ورودی را در 7 ضرب کردیم تا بتوانیم به طور 1 اندیسه روز ها را مشخص کنیم. ایده اولیه برای حل این چالش از خانم ابراهیم نیا بوده است.
- چالش دوم، هندل کردن تعداد هفته های متفاوت در خود کد گمز بود. تلاش کردیم که در خود گمز بتوانید تنها با تغییر `number_of_weeks` بتوانید بازه امتحانات را تغییر دهید و خود گمز بر اساس هفته اول متغیر `course_classes` را برای هفته های بعدی کپی کند. در نهایت ما این کار را با پایتون انجام دادیم.
- چالش سوم، تعریف کردن فاصله بین امتحانات به صورت خطی بود.



فرض کنید که در هفته اول یک دانشجو در روز اول، سوم، و ششم امتحان دارد. یک برای ماکسیسم کردن فاصله امتحانات ما باید بتوانیم روز هایی که دانشجو دارد را به نوعی سورت کنیم تا بتوانیم امتحانات متوالی را پیدا کرده و فاصله آن ها را به دست آوریم. اما این کار به صورت خطی قابل انجام نبود و ما برای رفع این مشکل در نگاهمان به تابع هدف بازنگری کردیم. به طور *heuristically* میدانیم که فاصله بیشتر از 4 روز در بین امتحانات مطلوب ما است و ما برای آن ها جریمه ای در نظر نمیخواهیم بگیریم. پس ما میآیم روز هایی بین امتحانات 1، 2، و 3 روز فاصله است تنها جریمه در نظر میگیریم، ما این را با پارامتر `exam_intervals` مشخص کردیم و با دو قید آخر به طور اتوماتیک برای هر `exam_interval` ، به طور خطی محاسبه میکنیم.