

به نام خدا

دستور العمل و توضیح نامه‌ی

# چالش عید دیدنی COVID CHALLENGE

درس طراحی الگوریتم‌ها COVID99



با سلام!

این فایل توضیحات مسابقه الگوریتمی COVID Challenge درس طراحی الگوریتم‌های بهار ۹۹ است. ساختار مسابقه به این صورت است که شما یک سوال اصلی (به همراه تعدادی سوال فرعی) دارید که باید برای آنها راه حل خود را پیاده‌سازی کنید. ساختار سوال اصلی اینگونه است که یک مساله‌ی بهینه‌سازی به شما داده می‌شود که در حالت کلی راه حل قطعی در زمان معقول ندارد و باید شما تلاش کنید که با استفاده از دانش الگوریتمی و مهارت برنامه‌نویسی خود تا حد ممکن جواب خود را بهینه کنید. در هر راند کد شما روی تعدادی تست اجرا می‌شود و رتبه‌ی شما نسبت به عملکرد کد سایرین سنجیده می‌شود. درمورد جزییات رتبه‌بندی در ادامه توضیح داده می‌شود.

حالت کلی سوال نیز در ادامه‌ی این سند می‌آید. در هر راند مقدار تعدادی از پارامترهای مساله تغییر می‌کند؛ برای مثال در راندهای اول عدد  $n$  مساله مقدار کوچیکی دارد و به مرور بزرگتر می‌شود تا شما بتوانید در حین مسابقه الگوریتم خود را بهبود ببخشید. همچنین ممکن است تعدادی از محدودیت‌های مساله هم در هر راند تغییر کند. پارامترهای مخصوص هر راند در صفحه‌ی کوثرای مربوطه می‌آید.

در بعضی از راندها یک سوال فرعی هم در کنار سوال اصلی وجود دارد. این سوال مستقیماً به سوال اصلی (که بین همه‌ی راندها مشترک است) ربطی ندارد و برای آشنایی شما با پژوهش‌های جدید انجام‌شده در زمینه الگوریتم‌ها طراحی شده است؛ بنابراین برای راهنمایی لینک یک مقاله یا نوشته‌ی علمی که راه حل سوال در آن قرار دارد به شما داده می‌شود تا ضمن مطالعه، اقدام به نوشتن کد نمایید.

## نحوه‌ی رتبه‌بندی

در سوال اصلی (همانطور که در ادامه‌ی این سند خواهید دید) یک **تابع هزینه** تعریف می‌شود و هدف برنامه‌ی شما باید این باشد که تا جای ممکن مقدار این تابع هزینه را کاهش دهید.

در حین ارسال، کد شما توسط سامانه‌ی کوئرا اجرا می‌شود و بررسی می‌شود که خروجی شما معتبر است یا نه (شرایط معتبر بودن خروجی در ادامه‌ی این مستند آمده است) و در صورت معتبر بودن خروجی به شما نمره‌ی کامل هر تست را می‌دهد. دقت کنید که این نمره‌ی کامل صرفاً به معنی معتبر بودن خروجی است و نمره‌ی اصلی شما در مقایسه با کد بقیه حساب می‌شود.

پس از اتمام هر راند، برنامه‌های شما مجدداً اجرا شده و در صورت معتبر بودن خروجی، مقدار هزینه‌ی کد شما برای هر تست کیس ملاک امتیازگیری خواهد بود؛ امتیازی که از هر تست می‌گیرید از طریق فرمول  $S \times \min(1, (\frac{C}{C_m})^{\frac{1}{3}})$  محاسبه می‌شود. در این فرمول  $C$  هزینه‌ی کد ارسالی شما در آن تست کیس،  $C_m$  میانگین هزینه‌ی کد ارسالی سه نفر برتر و  $S$  نیز امتیاز آن تست است. امتیاز نهایی هر دانشجو برابر با مجموع امتیاز ارسالش در تست کیس‌های مختلف است.

**دقت کنید که اگر در یک راند هیچ کدی ارسال نکنید، نمره تمام تست کیس‌های شما به صورت خودکار صفر میشود.** بنابراین حتی در صورتی که کد جدیدی نزدیک، کد راند قبلی خود را مجدداً ارسال کنید.

اما در نهایت ملاک نهایی نمره‌ی شما در بخش مسابقه، عدد rating شماست. در انتها رتبه‌بندی هر راند مشخص می‌شود و بر اساس آن مقدار rating شما به روز میشود. مقدار rating اولیه‌ی همه‌ی افراد شرکت‌کننده یک عدد یکسان (مثلاً ۱۵۰۰) است و سپس بعد از اجرای هر راند، rating شرکت‌کنندگان بر حسب رتبه‌شان در آن مسابقه و نیز rating قبلی‌شان به روز می‌شود. الگوریتم به‌روزرسانی rating شبیه الگوریتم سایت کدفرسز است که برای مطالعه آن می‌توانید به [این لینک](#) مراجعه کنید. خلاصه این الگوریتم این است که مقدار rating اولیه افراد (قبل از شروع راند) یک تقریب از رتبه‌ایست که از آنها انتظار می‌رود؛ حال اگر طبق این انتظار عمل کنند مقدار ratingشان زیاد می‌شود. اگر افراد فراتر از انتظار عمل کنند مقدار ratingشان افزایش زیادی می‌یابد و اگر بدتر از حد انتظار عمل کنند نیز مقدار ratingشان به همان نسبت کاهش می‌یابد.

همچنین برای برقراری عدالت، یک حد از rating تعیین می‌شود که افراد با rating بالاتر از آن حد در دسته یک و افراد پایین در دسته‌های دو و سه و ... رقابت کنند. مقدار دقیق این حد بعد از برگزاری راند صفرم (تعیین سطح) مشخص می‌شود. همچنین در پایان یک حد rating به عنوان معیار نمره‌ی کامل در نظر گرفته می‌شود و نمره‌ی نهایی افراد به صورت خطی در نسبت ratingشان با حد rating داده‌شده مشخص می‌شود. حد نمره‌ی کامل بعد از گذشت نیمی از راندها اعلام می‌شود و تلاش بر این است که حدود نیمی از افراد نمره‌ی کامل را بگیرند.

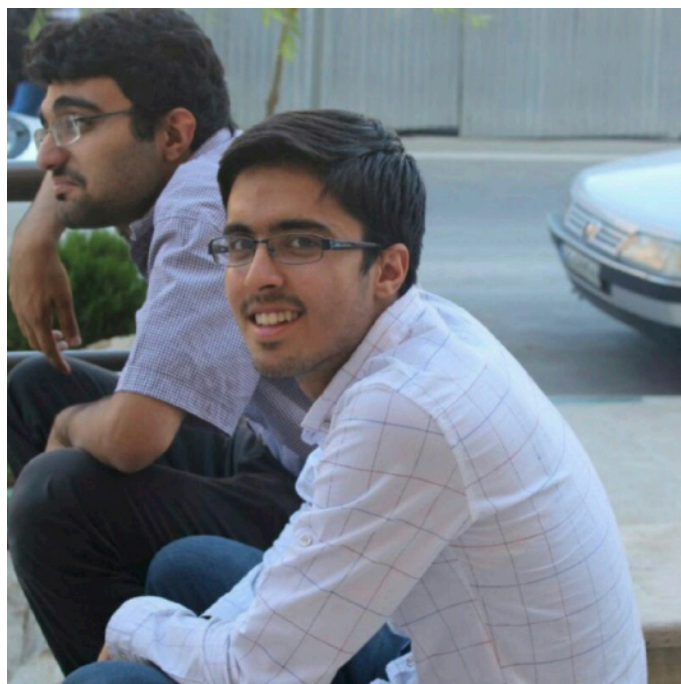
## سوال اصلی: عید دیدنی!

امروز ۱۷ آبان سال ۱۳۹۹ است!

چند روزی از کشف واکسن برای درمان ویروس کرونا توسط پرفسور حامد خانکی و پرفسور طالبی میگذرد. تمام ایرانی‌ها درمان شده‌اند و دیگر هیچ آثاری از ویروس در ایران دیده نمی‌شود. از طرفی کشورهای غربی و شرقی و شمالی و جنوبی هم خواستار گرفتن این درمان از سوی ایران هستند؛ اما از آنجایی که اولویت دولت ایران رفاه مردم کشور است، با مشکلی اساسی‌تر روبرو هستیم، عید دیدنی.



تصویری از دکتر طالبی (سمت راست) و کادر درمان. منبع: تسنیم



تصویری از دکتر خانکی به همراه دستیارش، دکتر صامتی

همانطور که می‌دانید، به علت شیوع ویروس، ملت عزیز و فهیم ایران از دید و بازدیدهای عیدانه‌ی خود صرف نظر کردند و در خانه ماندند. حالا ولی در نیمه‌ی دوم پاییز، به پاس قدردانی از این حماسه‌ی ملی، وزارت راه و شهرسازی تصمیم به اجرای طرحی تحت عنوان «طرح چاک» (چالش آمودشد کاهشی) گرفت تا به نوعی جبران عید دیدنی‌های انجام نشده را کرده باشد.

کشور ایران شامل  $n$  شهر است که با اعداد ۱ تا  $n$  شماره‌گذاری شده‌اند. در این طرح از هر کدام از این شهرها، یک خانواده انتخاب می‌شوند تا به صورت رایگان برای عید دیدنی به شهرهای دیگر ایران سفر کنند. البته طبیعتاً اگر این افراد که از خانواده‌های مختلف انتخاب می‌شوند یک‌دیگر را نشناسند لذتی از دید و بازدید نخواهند برد. بنابراین با تدبیر مسئولین، قرار بر این شد که تمام این افراد از فامیل و آشنایان خودشان انتخاب شوند تا همه باهم آشنا باشند.

البته به دلیل بحران‌های اقتصادی ناشی از رکود، خزانه‌ی دولت خالی است و حجت‌الاسلام گروسی، وزیر محترم راه و شهرسازی مجبور است تمام هزینه‌ها را از حساب شخصی خود پرداخت کند؛ بنابراین به دنبال کم کردن هزینه‌های این طرح است.





تصویری از مجید گروسی، وزیر راه و شهرسازی

در گراف شهرهای ایران،  $m$  جاده‌ی دوطرفه بین شهرها وجود دارد که جاده‌ی  $i$ ام شهر  $v_i$  را به شهر  $u_i$  متصل می‌کند. لازم به ذکر است که این جاده‌ها انواع مختلفی دارند؛ از آزادراه چهارباند گرفته تا اتوبان و جاده‌ی کوهستانی و همچنین در مواردی راه شوسه. بنابراین هزینه‌ای که هر خانوار برای عبور از یک جاده باید متقبل شود با توجه به هزینه بنزین ناشی از مسافت، نوع جاده، قیمت عوارضی و نیز هزینه استهلاک ماشین تعیین می‌شود. برای سادگی در این مساله همه‌ی این پارامترها را با هم خلاصه می‌کنیم و به ازای جاده‌ی  $i$ ام، هزینه کلی عبور یک خانوار از آن جاده را  $c_i$  تومان می‌نامیم.

همچنین وقتی یک خانوار به شهر  $z$ ام می‌رسد، باید  $p_z$  تومان برای هزینه‌هایش پرداخت کند. (حمل و نقل، خورد و خوراک و ...). دقت کنید که اگر یک خانوار در شهری که خانه‌ی خودش در آن هست هم ساکن شود، هزینه‌هایش همان  $p_z$  خواهد شد.

طرح چاک بدین شکل است که قرار است از هر شهر یک خانواده به قید قرعه انتخاب شود و در طول اجرای این طرح به تمام شهرهای دیگر سر بزنند و در خانه‌ی خانوار انتخاب‌شده‌ی آن شهرها دید و بازدید کنند. یک خانواده اگر یک روز در شهر  $x$  باشد، برای روز بعد می‌تواند همچنان در همان شهر  $x$  بماند (و هزینه‌ی  $p_x$  را پرداخت کند) یا به یکی از شهرهایی که  $x$  به آن جاده دارد (مثل شهر  $y$ ) برود (و هزینه‌ی  $p_y$  به اضافه‌ی هزینه‌ی عبور از جاده‌ی بین دو شهر  $x$  و  $y$  را پرداخت کند). با توجه به سختی طی کردن مسیر، هر خانواده در هر روز حداکثر می‌تواند یک جاده را طی کند.

بلافاصله پس از ساکن شدن هر خانواده در شهر مورد نظرش، اگر خانواده‌ای که در این شهر زندگی می‌کرده اکنون در همین شهر باشد، می‌توان به دیدن آنها رفت. عیددیدنی به این صورت است که خانوار میهمان به خانه‌ی خانوار میزبان می‌آید و آن شب را در خانه‌ی میزبان سپری می‌کند و به معاشرت، صرف غذا و استراحت می‌پردازد.

درست است که ایرانی‌ها بسیار مهمان نوازند اما هرروز می‌توانند تنها پذیرای یک خانواده‌ی دیگر باشند؛ بنابراین اگر خانواده‌ی میزبان در شهر خودش نباشد، یا برای آن شب یک مهمان دیگر داشته باشد، خانواده‌ی میهمان مجبور است آن شب را در ماشین سپری کند! و در صورت امکان روز بعد به دید و بازدید برود.

وزیر محترم راه و شهرسازی، آقای گروسی به شدت دنبال الگوریتمی است که تا حد ممکن هزینه‌ی اجرای این طرح (که برابر است با مجموع هزینه‌های انجام‌شده توسط خانوارها) را کاهش دهد. با پیاده‌سازی الگوریتمی، به ایشان کمک کنید تا به این مهم دست یابد.

# ورودی و خروجی

## ورودی:

خط اول ورودی شامل دو عدد  $n$  و  $m$  است. در خط دوم  $n$  عدد می‌آید که بیانگر  $p_1, p_2, \dots, p_n$  هستند. در  $m$  خط بعدی مشخصات جاده‌ها می‌آیند؛ به این ترتیب که در خط  $i$ ام به ترتیب سه عدد  $u_i, v_i$  و  $c_i$  می‌آیند (از چپ به راست).

تضمین می‌شود که هیچ جاده‌ای بین دو شهر یکسان نیست و بین هیچ دو شهری نیز بیش از یک جاده وجود ندارد. همچنین از هر شهر می‌توان با طی کردن تعدادی جاده به تمام شهرهای دیگر رفت.

بنابراین در حالت کلی  $n - 1 \leq m \leq \binom{n}{2}$  و  $0 \leq p_i, c_i \leq 10^9$ . همچنین تمامی اعداد ورودی صحیح هستند و  $n$  همواره بزرگتر یا مساوی ۲ است. سایر محدودیت‌ها (از جمله کران بالای  $n$  و محدودیت زمان و حافظه) در هر راند متفاوت است و در صفحه‌ی کوثرای هر راند بیان می‌شود.

## خروجی:

در خط اول خروجی تعداد عملیات‌ها را چاپ کنید. در هر کدام از خطوط بعدی خروجی، عملیات‌ها را به ترتیب انجام‌شدنشان چاپ کنید. هر عملیات به یکی از دو شکل زیر در خروجی می‌آید:

- عملیات  $1 \ d \ i \ y$ : این عملیات به معنی این است که خانواده‌ی  $i$ ام در روز  $d$  به شهر  $y$  سفر می‌کند.
- عملیات  $2 \ d \ i \ j$ : این عملیات به معنی این است که خانواده‌ی  $i$ ام در روز  $d$  به منزل خانواده‌ی  $j$ ام می‌رود و عیددیدنی انجام می‌دهد.

دقت کنید که خانواده‌ی  $i$ ام ابتدا در شهر  $i$  است. همچنین خروجی شما باید شرایط زیر را داشته باشد و در صورت عدم برقراری هر یک از شرایط زیر، شما نمره‌ای از تست دریافت نخواهید کرد:

- در عملیات نوع اول باید بین شهری که خانواده‌ی  $i$ ام هم‌اکنون (پیش از آغاز روز  $d$ ) در آن حضور دارد و شهر  $y$  یک جاده وجود داشته باشد.
- در عملیات نوع دوم خانواده‌های  $i$ ام و  $j$ ام باید در روز  $d$  در شهر  $j$  باشند.
- به ازای هر  $1 \leq i, j \leq n$  که  $i \neq j$ ، عملیات نوع دوم دقیقاً یک بار چاپ شود.
- هر خانواده در هر روز حداکثر یک عملیات نوع اول و حداکثر یک عملیات نوع دوم می‌تواند انجام دهد.
- عملیات‌ها باید به ترتیب صعودی  $d$  باشند. همچنین اگر در یک روز یک خانواده هر دو نوع عملیات را انجام دهد، ابتدا عملیات نوع ۱ چاپ شود.
- تعداد عملیات‌های خروجی شما و همچنین تعداد کل روزها نباید از  $10^6$  بیشتر شود.

دقت کنید که ملاک رتبه‌بندی بر حسب مجموع هزینه است؛ بنابراین نیازی نیست تعداد روزها و عملیات‌ها کمینه شوند.

ورودی نمونه	خروجی نمونه
3 2	15
1 1 2	1 1 3 2
1 2 3	2 1 3 2
2 3 8	1 2 2 1
	1 2 3 1
	2 2 2 1
	2 3 3 1
	1 4 1 2
	1 4 2 2
	1 4 3 2
	2 4 1 2
	1 5 1 3
	1 5 2 3
	1 5 3 3
	2 5 2 3
	2 6 1 3

در مثال بالا، کل طرح در ظرف ۶ روز انجام می‌شود؛ هزینه‌های انجام‌شده در هر روز به این صورت است:

- روز اول: خانواده‌ی ۳ با صرف هزینه‌ی ۸ به شهر ۲ می‌رود و بلافاصله به منزل خانواده‌ی ۲ می‌رود. هزینه‌ی اسکان خانواده‌های ۳ و ۲ برابر با  $p_2$  و هزینه‌ی اسکان خانواده‌ی ۱ هم  $p_1$  خواهد بود. مجموعاً کل هزینه‌ی این روز  $۱ + ۸ + ۱ + ۱$  یعنی ۱۱ خواهد بود.
- روز دوم: خانواده‌ی ۲ با صرف هزینه‌ی ۳ از شهر خودش به شهر ۱ می‌رود؛ خانواده‌ی ۳ هم همین‌کار را می‌کند. بنابراین حالا هر سه خانواده در شهر یک هستند و هزینه‌ی اسکانشان برابر با  $p_1$  خواهد بود؛ ولی فقط یکی از آنها میتواند به عیددیدنی در منزل ۱ برود و این کار توسط خانواده‌ی ۲ انجام می‌شود. هزینه‌ی کل روز دوم برابر با  $۱ + ۳ + ۱ + ۱$  یعنی ۹ است.
- روز سوم: در این روز خانواده‌ی ۳ به عیددیدنی می‌رود و همه‌ی خانواده‌ها کماکان در شهر ۱ مانده‌اند؛ پس هزینه‌ی کل برابر با  $۱ + ۱ + ۱ + ۱$  یعنی ۳ است.
- روز چهارم: در این روز هر کدام از سه خانواده از شهر یک با صرف هزینه‌ی ۳ به شهر دو می‌روند و خانواده‌ی ۱ به عیددیدنی خانواده‌ی دو هم می‌رود. هزینه‌ی کل این روز برابر با  $۳ + ۱ + ۳ + ۱ + ۳ + ۱ + ۱$  یعنی ۱۲ است.
- روز پنجم: در این روز هر سه خانواده از شهر دو به شهر سه می‌روند و خانواده‌ی دو به عیددیدنی خانواده‌ی سه می‌رود. هزینه‌ی کل برابر با  $۲ + ۸ + ۲ + ۸ + ۲ + ۸ + ۲$  یعنی ۳۰ است.
- روز ششم: در این روز خانواده‌ی یک به منزل خانواده‌ی ۳ می‌رود و هزینه‌ها صرفاً برابر با هزینه‌ی اقامت در شهر ۳ است (یعنی  $۲ + ۲ + ۲$  یا ۶)

به محض اینکه تمام خانواده‌ها از هم‌دیگر دید و بازدید کردند (یعنی در این مثال بعد از پایان روز ۶) طرح پایان می‌یابد پس لزومی ندارد که در انتهای طرح خانواده‌ها به شهر خود بازگشته باشند.

هزینه‌ی کل در این خروجی برابر با  $۱۱ + ۹ + ۳ + ۱۲ + ۳۰ + ۶$  یعنی ۷۱ است. دقت کنید که این صرفاً یک مثال بود و لزوماً جواب بهینه نیست!