

## مرحله‌ی دوم سی و دومین المپیاد کامپیوتر کشور

- آزمون ۲۰ سوال دارد و مدت زمان آن ۲۱۰ دقیقه است.
- سوالات ۱۱ تا ۲۰ در دسته‌های چند سوالی آمده‌اند و قبل از هر دسته توضیحی ارائه شده است.
- پاسخ درست به هر سوال ۴ نمره‌ی مثبت و پاسخ نادرست به هر سوال ۱ نمره‌ی منفی دارد.
- ترتیب گزینه‌ها به طور تصادفی است.

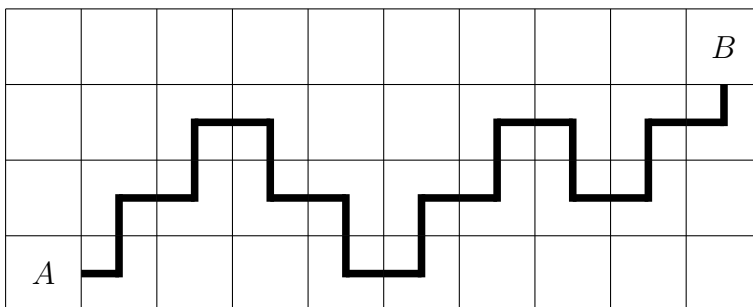
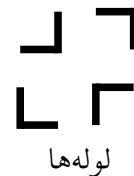
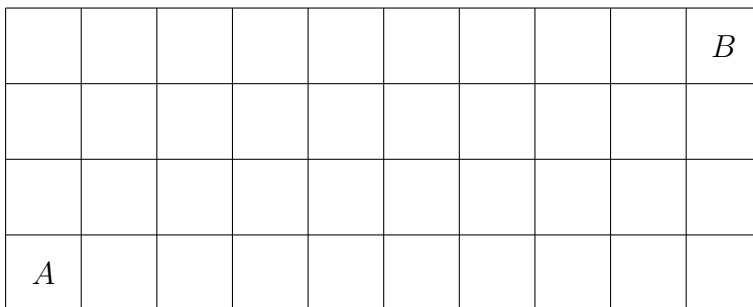
۱ آقای مدیر در راستای صیانت از محیط زیست، رفته بود کلنگ احداث کارخانه‌ای در جوار تالاب پایان‌کاله را بزند که با پشه روبه‌رو شد. آقای مدیر به اصرار پشه برای نیش زدن پاسخ منفی داد اما به او گفت: مسئله‌ای داریم که اگر حل شود، دستور می‌دهم مشکل معیشت شما را هم برطرف کنند. ما در این جا یک زمین داریم که به شکل یک جدول  $2022 \times 1401$  است. در حال حاضر، همه‌ی خانه‌های این جدول را آب گرفته. می‌خواهیم تعدادی از خانه‌های جدول را خشک کنیم طوری که به ازای هر زیرمستطیل با بیش از یک خانه در این جدول، حداقل نصف خانه‌های آن زیرمستطیل خشک شده باشند. در راستای حمایت از جمعیت هم‌نوعان، پشه می‌خواهد تعداد خانه‌های خشک شده کمینه باشد. حداقل چند خانه از جدول باید خشک شوند؟

(۱) ۲۱۲۴۱۱۱      (۲) ۲۱۲۴۶۱۶      (۳) ۱۸۸۸۵۴۸      (۴) ۱۴۱۶۴۱۱      (۵) ۹۴۴۲۷۴

پاسخ: گزینه‌ی ۳ درست است.

□

۲ پشمک یک جدول  $10 \times 4$  همانند شکل زیر دارد و می‌خواهد تعدادی لوله‌ی I-شکل در خانه‌های این جدول قرار دهد طوری که هر لوله داخل یک خانه قرار بگیرد و با طی کردن تعدادی لوله، از یکی از اضلاع خانه‌ی A به یکی از اضلاع خانه‌ی B مسیر وجود داشته باشد. پشمک دوست‌دار محیط‌زیست است و می‌خواهد با کم‌ترین تعداد لوله این کار را انجام دهد. پشمک به چند طریق می‌تواند تعدادی لوله در این جدول قرار دهد طوری که تعداد لوله‌ها کمینه باشد و از A به B مسیر وجود داشته باشد؟ یک نمونه از لوله‌گذاری که در آن از ضلع راست A به ضلع پایین B مسیر وجود دارد، در جدول زیرین آمده است. دقت کنید که تعداد لوله‌ها در این مثال لزوماً کمینه نیست.



یک نمونه از لوله‌گذاری با ۱۷ لوله

## مرحله‌ی دوم سی و دومین المپیاد کامپیوتر کشور

۶۸ (۵)

۷۶ (۴)

۴۶ (۳)

۴۲ (۲)

۵۸ (۱)

پاسخ: گزینه‌ی ۲ درست است.

□

سه نفر با شماره‌های ۱، ۲ و ۳ دور دایره نشسته‌اند و با هم بازی می‌کنند. هر نفر دو کارت دارد که شماره‌ی افراد دیگر به جز خودش روی آن‌ها نوشته شده است. بازی از فرد با شماره‌ی ۱ شروع می‌شود. هر نفر در نوبت خود، از میان کارت‌هایی که در حال حاضر در اختیار دارد، یک کارت را به صورت تصادفی (با احتمال یکسان) انتخاب می‌کند و نوبت را به فردی که شماره‌اش روی کارت منتخب آمده است می‌دهد و آن کارت را دور می‌اندازد. بازی زمانی پایان می‌یابد که فردی که نوبتش است، هیچ کارتی نداشته باشد. پس از پایان بازی، امید ریاضی تعداد کل کارت‌های دور انداخته شده چه قدر است؟

۴ (۵)

$\frac{11}{3}$  (۴)


۶ (۳)

۵ (۲)

$\frac{4}{3}$  (۱)

پاسخ: گزینه‌ی ۴ درست است.

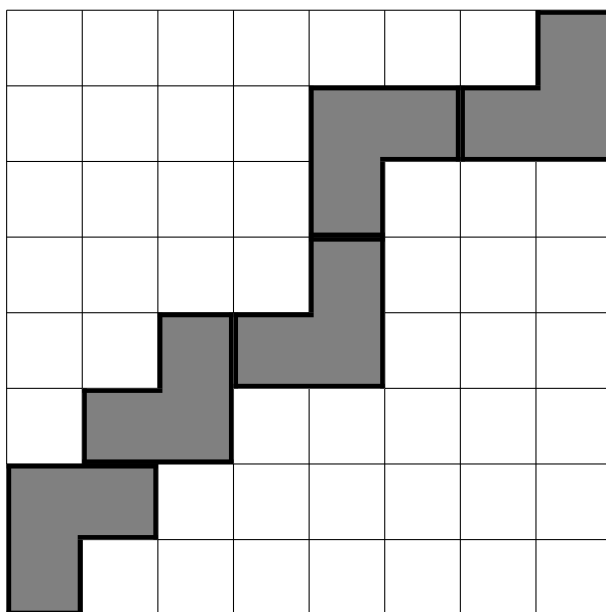
□

در مغازه‌ی آقا جلال، کاشی‌هایی به شکل  فروخته می‌شود. یک جدول  $8 \times 8$  داریم. می‌خواهیم تعدادی کاشی بخریم و آن‌ها را طوری در جدول قرار دهیم که کاشی‌کاری معتبر باشد. یک کاشی‌کاری معتبر است اگر همهی شرایط زیر را داشته باشد:

- هیچ دو کاشی‌ای هم‌پوشانی نداشته باشند.
- خانه‌های پایین-چپ و بالا-راست جدول حتماً کاشی‌کاری شده باشند.
- تنها با حرکت روی خانه‌های کاشی‌کاری شده‌ی جدول، بتوان از خانه‌ی پایین-چپ جدول شروع کرد، در هر مرحله به یک خانه‌ی مجاور ضلعی رفت، و در انتها به خانه‌ی بالا-راست جدول رسید.

با توجه به قیمت بالای کاشی‌های مغازه‌ی آقا جلال، می‌خواهیم تعداد کاشی‌هایی که می‌خریم کمینه باشد. به چند طریق می‌توان جدول را به صورت معتبر و با کم‌ترین تعداد کاشی ممکن کاشی‌کاری کرد؟ لازم به ذکر است که دو کاشی‌کاری متفاوتند اگر و تنها اگر یک خانه از جدول وجود داشته باشد که فقط در یکی از این دو حالت کاشی‌کاری شده باشد. در شکل زیر، یک نمونه کاشی‌کاری معتبر نمایش داده شده است. توجه کنید که تعداد کاشی‌ها در این نمونه لزوماً کمینه نیست.

## مرحله‌ی دوم سی و دومین المپیاد کامپیوتر کشور



۱۹۲ (۵)

۹۶ (۴)

۱۲۸ (۳)

۲۵۶ (۲)

۲۲۴ (۱)

پاسخ: گزینه‌ی ۵ درست است.

□

۵ دنباله‌ای از سیاه‌چاله‌ها در یک ردیف و به ترتیب با اندازه‌های «۳, ۱, ۵, ۲, ۳, ۵, ۸, ۲, ۳, ۲, ۸, ۴, ۵» در فضا قرار گرفته‌اند. می‌دانیم با ادغام تعدادی سیاه‌چاله، یک سیاه‌چاله‌ی جدید با اندازه‌ای برابر با مجموع اندازه‌ی سیاه‌چاله‌های اولیه به دست می‌آید. حال می‌خواهیم یک بازه‌ی متوالی از یک یا چند سیاه‌چاله را انتخاب کنیم و با ادغامشان یک سیاه‌چاله‌ی بزرگ بسازیم؛ سپس تا جایی که اندازه‌ی سیاه‌چاله‌مان از اندازه‌ی یکی از سیاه‌چاله‌های همسایه (راست یا چپ) بزرگ‌تر یا مساوی است، آن را با ادغام با سیاه‌چاله‌ی همسایه، بزرگ‌تر کنیم. چند بازه‌ی متوالی متمایز از دنباله‌ی سیاه‌چاله‌ها وجود دارد که در صورت انتخاب برای ادغام اولیه، می‌توان با این فرایند همه‌ی سیاه‌چاله‌ها را با هم ادغام کرد؟

۷۶ (۵)

۸۲ (۴)

۷۸ (۳)

۸۴ (۲)

۸۰ (۱)

پاسخ: گزینه‌ی ۱ درست است.

□

۶ جک یک عدد ۹ رقمی دارد که می‌خواهد آن را «پالایش» کند. فرایند پالایش به این صورت است که در هر مرحله، ارقام عدد فعلی به کم‌ترین تعداد بازه‌ی متوالی تقسیم می‌شوند طوری که ارقام در هر بازه یکسان باشند. سپس برای ایجاد عدد جدید (جایگزین عدد فعلی)، به ازای هر یک از این بازه‌ها به ترتیب از چپ به راست، طول آن‌ها (تعداد ارقام در هر بازه) نوشته می‌شود. برای مثال، عدد ۱۲۲۳۱۸۸۸۸ بعد از یک مرحله پالایش به عدد ۱۲۱۱۴ تبدیل می‌شود. جک فرایند پالایش را تا وقتی که به یک عدد یک رقمی برسد ادامه می‌دهد. عدد یک رقمی نهایی

## مرحله‌ی دوم سی و دومین المپیاد کامپیوتر کشور

چند حالت مختلف می‌تواند داشته باشد؟ در مثال زیر، فرایند پالایش عدد ۱۲۲۳۱۸۸۸۸ را مشاهده می‌کنید که به عدد ۲ ختم می‌شود.

$$۱۲۲۳۱۸۸۸۸ \rightarrow ۱۲۱۱۴ \rightarrow ۱۱۲۱ \rightarrow ۲۱۱ \rightarrow ۱۲ \rightarrow ۱۱ \rightarrow ۲$$

۶ (۵)

۴ (۴)

۵ (۳)

۷ (۲)

۸ (۱)

پاسخ: گزینه‌ی ۵ درست است.

□

یک گراف ساده و همبند ۱۱ رأسی داریم که می‌توان از هر رأس آن با طی حداکثر ۵ یال به هر رأس دیگر رسید. از طرفی دو رأس در این گراف وجود دارند که برای رسیدن از یکی به دیگری طی کردن حداقل ۵ یال لازم است. این گراف حداکثر چند یال دارد؟

۳۰ (۵)

۲۶ (۴)

۲۵ (۳)

۲۰ (۲)

۳۲ (۱)

پاسخ: گزینه‌ی ۵ درست است.

□

کلاه‌قرمزی یک جدول  $۱۰ \times ۱۰$  دارد که سطرها و ستون‌های آن از ۱ تا ۱۰ شماره‌گذاری شده‌اند و در هر خانه‌ی آن دقیقاً یک سوراخ وجود دارد. بچه‌ی فامیل دور که ۸ تپله دارد، این جدول را پیدا کرده است. او به ازای هر تپله، یکی از خانه‌های جدول را به صورت تصادفی با احتمال یکسان انتخاب می‌کند و تپله را در سوراخ آن خانه می‌اندازد (امکان دارد در سوراخ یک خانه، چندین تپله قرار بگیرد). حال اگر تعداد تپله‌های واقع در سوراخ خانه‌ی تقاطع سطر  $i$  و ستون  $j$  را با  $c_{i,j}$  نمایش دهیم، زیبایی جدول با فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$\sum_{i=1}^{10} \sum_{j=1}^{10} i \times j \times (c_{i,j})^2$$

امید ریاضی زیبایی جدول پس از انداختن ۸ تپله چه قدر است؟

$\frac{۲۵۰۴۷}{۱۰۰}$  (۵)

۱۹۳۶ (۴)

$\frac{۱۶۷۶۷}{۱۰۰}$  (۳)

$\frac{۱۲۹۴۷}{۵۰}$  (۲)

$\frac{۸۶۶۷}{۵۰}$  (۱)

پاسخ: گزینه‌ی ۲ درست است.

□

یک گراف  $(۲۶)$  رأسی داریم که هر رأس آن متناظر با یک رشته‌ی دودویی به طول ۲۶ با ۲۰ رقم صفر و ۶ رقم یک است. در این گراف، بین دو رأس متفاوت، یال (بدون جهت) می‌گذاریم اگر و تنها اگر رشته‌ی متناظر با یکی از آن‌ها با یک «شیفت دوری»، قابل تبدیل به رشته‌ی متناظر با رأس دیگر باشد. عملیات شیفت دوری روی یک رشته‌ی دودویی را این‌گونه تعریف می‌کنیم که راست‌ترین رقم رشته را حذف، و آن را در چپ‌ترین جایگاه رشته اضافه می‌کنیم. برای مثال، شیفت دوری رشته‌ی ۱۰۰۰۱۰۱، رشته‌ی ۱۱۰۰۰۱۰ را نتیجه می‌دهد. تعداد مؤلفه‌های همبندی این گراف را بشمارید.

مرحله‌ی دوم سی و دومین المپیاد کامپیوتر کشور

۸۸۶۶ (۵)

۸۸۹۹ (۴)

۸۸۸۸ (۳)

۸۸۷۷ (۲)

۸۸۵۵ (۱)

پاسخ: گزینه‌ی ۵ درست است.

□

۱۰ به یک جایگشت از اعداد ۱ تا ۱۰ ملایم می‌گوییم اگر حاصل ضرب هر دو عدد متوالی در جایگشت، حداکثر ۳۰ شود. چند جایگشت ملایم از اعداد ۱ تا ۱۰ داریم؟

۱۴۴ (۵)

۵۷۶ (۴)

۳۴۵۶ (۳)

۲۸۸۰ (۲)

۱۷۲۸ (۱)

پاسخ: گزینه‌ی ۴ درست است.

□

موشی و پیشی مشغول بازی با  $n$  کلید و  $n$  لامپ هستند. می‌دانیم که لامپ‌ها رنگ‌هایی متمایز دارند و هر کدام، همواره در یکی از دو وضعیت خاموش و روشن هستند. کلیدها نیز از ۱ تا  $n$  شماره‌گذاری شده‌اند و با فشردن هر یک، لامپ متصل به آن کلید تغییر وضعیت می‌دهد. در ابتدای بازی، پیشی به طور دل‌خواه کلیدها را سیم‌کشی کرده و هر کدام از آن‌ها را به دقیقاً یک لامپ متصل می‌کند (ممکن است چند کلید به یک لامپ وصل شده باشند). سپس، موشی که از شیوه‌ی سیم‌کشی پیشی بی‌اطلاع است، در هر درخواست، دو تا از کلیدها را انتخاب و برای پیشی مشخص می‌کند. پیشی پس از گرفتن یک آب‌نبات از موشی، آن دو کلید را هم‌زمان فشار می‌دهد. با فشردن هر کلیدی، لامپ متصل به آن تغییر وضعیت می‌دهد؛ ولی اگر دو کلید فشرده شده به یک لامپ متصل بوده باشند، وضعیت لامپ‌ها هیچ تغییری نمی‌کند. هدف موشی این است که بداند هر کلید به چه لامپی متصل شده است.

\_\_\_\_\_ با توجه به توضیحات بالا به ۲ سوال زیر پاسخ دهید \_\_\_\_\_

۱۱ اگر  $n = ۸$  باشد و پیشی تضمین کند که همه‌ی لامپ‌ها در سیم‌کشی به کلیدی متصل شده‌اند، موشی حداقل به چند آب‌نبات نیاز دارد تا تحت هر شرایطی بتواند به هدفش برسد؟

۵ (۵)

۷ (۴)

۶ (۳)

هیچ‌کدام (۲)

۴ (۱)

پاسخ: گزینه‌ی ۵ درست است.

□

۱۲ اگر  $n = ۵$  باشد و موشی مقدار نامحدودی آب‌نبات در اختیار داشته باشد، به ازای چند سیم‌کشی مختلف می‌تواند به هدفش برسد؟

۰ (۵)

۳۱۲۰ (۴)

۳۱۲۵ (۳)

۲۸۰۰ (۲)

۲۸۲۰ (۱)

## مرحله‌ی دوم سی و دومین المپیاد کامپیوتر کشور

پاسخ: گزینه‌ی ۱ درست است.

□

پوپک و پرستو مشغول انجام یک بازی هستند. بازی آن‌ها به این صورت است که ابتدا پوپک یک عدد طبیعی مانند  $k$  را انتخاب می‌کند با این شرط که  $1 \leq k \leq 20$ . سپس پرستو سعی می‌کند عدد پوپک را حدس بزند. پرستو می‌تواند از پوپک تعدادی پرسش کند. در هر پرسش، پرستو یک عدد طبیعی مانند  $n$  را به پوپک می‌گوید و پوپک باقی‌مانده‌ی تقسیم  $n$  بر  $k$  را به پرستو می‌گوید. هدف پرستو پیدا کردن عدد انتخاب شده توسط پوپک است.

\_\_\_\_\_ با توجه به توضیحات بالا به ۲ سوال زیر پاسخ دهید \_\_\_\_\_

کم‌ترین تعداد پرسشی که پرستو بتواند در هر حالت، عدد پوپک را به درستی حدس بزند، چند است؟

۵ (۱)                      ۳ (۲)                      ۴ (۳)                      ۱ (۴)                      ۲ (۵)

پاسخ: گزینه‌ی ۴ درست است.

□

اگر اعدادی که پرستو می‌تواند بپرسد، حداکثر ۲۰ باشند ( $1 \leq n \leq 20$ )، کم‌ترین تعداد پرسشی که پرستو بتواند در هر حالت، عدد پوپک را به درستی حدس بزند، چند است؟

۱ (۱)                      ۵ (۲)                      ۴ (۳)                      ۲ (۴)                      ۳ (۵)

پاسخ: گزینه‌ی ۴ درست است.

□

در کشور سلطان، ۱۳ شهر با شماره‌های ۱ تا ۱۳ وجود دارد که بین بعضی جفت‌های آن‌ها جاده‌ی خاکی وجود دارد. می‌دانیم که از هر شهر می‌توان با طی کردن تعدادی جاده‌ی خاکی به هر شهر دیگر رفت. هم‌چنین می‌دانیم بین شهرهای ۱، ۲ و ۳ هیچ جاده‌ی خاکی‌ای وجود ندارد. سلطان می‌خواهد تعدادی از جاده‌های خاکی کشورش را آسفالت کند طوری که کم‌ترین تعداد جاده آسفالت شوند و بتوان تنها با استفاده از جاده‌های آسفالت شده بین شهرهای ۱، ۲ و ۳ مسافرت کرد. فرض کنید نقشه‌ی جاده‌های خاکی را نمی‌دانیم اما می‌دانیم کمینه‌ی تعداد جاده‌هایی که باید آسفالت شوند برابر با  $k$  است. با دانستن مقدار  $k$ ، نقشه‌ی جاده‌های آسفالت شده چند حالت متفاوت می‌تواند داشته باشد؟

دو نقشه‌ی جاده‌های آسفالت شده را متفاوت در نظر می‌گیریم اگر دو شهر باشند که در یک نقشه، بین این دو شهر جاده‌ی آسفالت شده وجود داشته باشد و در نقشه‌ی دیگر خیر.

مرحله‌ی دوم سی و دومین المپیاد کامپیوتر کشور

با توجه به توضیحات بالا به ۲ سوال زیر پاسخ دهید

۱۵ جواب سوال را با فرض  $k = 4$  به دست آورید.

۲۷۰ (۱)      ۵۴۰ (۲)      ۱۰۸۰ (۳)      ۸۱۰ (۴)      ۱۳۵ (۵)

پاسخ: گزینه‌ی ۲ درست است.

۱۶ جواب سوال را با فرض  $k = 12$  به دست آورید.

۸۸ × ۱۰! (۱)      ۸۵ × ۱۰! (۲)      ۸۲ × ۱۰! (۳)      ۵۵ × ۱۰! (۴)      ۱۳۲ × ۱۰! (۵)

پاسخ: گزینه‌ی ۳ درست است.

$2k$  نفر با شماره‌های ۱ تا  $2k$  به ترتیب ساعت‌گرد دور یک دایره نشسته‌اند و می‌خواهند با یکدیگر بازی کنند. افراد ۱ تا  $k$  تیم اول، و افراد  $k+1$  تا  $2k$  تیم دوم را تشکیل می‌دهند. در ابتدا، توپی در دست نفر شماره‌ی ۱ است. در هر نوبت، فردی که توپ را در دست دارد، آن را به یکی از  $t$  نفر بعدی‌اش (در ترتیب ساعت‌گرد) می‌دهد. تیمی که بعد از  $n$  نوبت، توپ در دست یکی از اعضای آن باشد، برنده می‌شود. می‌گوییم به ازای مقادیر مشخص  $k, t, n$ ، یک تیم «استراتژی بُرد» دارد، اگر اعضای آن بتوانند در برابر هر شیوه‌ای از بازی تیم مقابل، طوری بازی کنند که حتماً برنده‌ی بازی شوند.

با توجه به توضیحات بالا به ۲ سوال زیر پاسخ دهید

۱۷ اگر  $k = 2$  و  $t = 2$  باشد، به ازای چند مقدار  $n$  از میان اعضای  $\{5, 6, 10, 15\}$ ، تیم اول استراتژی بُرد دارد؟

۰ (۱)      ۴ (۲)      ۱ (۳)      ۲ (۴)      ۳ (۵)

پاسخ: گزینه‌ی ۵ درست است.

۱۸ اگر  $k = 10$  و  $t = 2$  باشد، به ازای چند مقدار  $n$  از میان اعداد ۱ تا ۳۰، تیم اول استراتژی بُرد دارد؟

۱۰ (۱)      ۱۵ (۲)      ۲۵ (۳)      ۳۰ (۴)      ۲۰ (۵)

پاسخ: گزینه‌ی ۵ درست است.

گرافی با  $1401$  رأس و  $1401$  یال داریم که رأس‌های آن با اعداد  $1$  تا  $1401$  شماره‌گذاری شده‌اند. به ازای هر  $i$  ( $1 \leq i \leq 1400$ )، رأس‌های  $i$  و  $i+1$  با یک یال به هم متصل هستند. رأس‌های با شماره‌های  $1$  و  $1401$  نیز با یک یال به هم متصل هستند. به مجموعه‌ای از رأس‌ها مستقل گوئیم اگر هیچ یالی بین رأس‌های آن وجود نداشته باشد. به مجموعه‌ی مستقل با بیش‌ترین اندازه، بزرگ‌ترین مجموعه مستقل گفته می‌شود.

\_\_\_\_\_ با توجه به توضیحات بالا به  $2$  سوال زیر پاسخ دهید \_\_\_\_\_

حداقل چند یال باید به گراف اضافه کنیم تا اندازه‌ی بزرگ‌ترین مجموعه مستقل آن حداقل یکی کم‌تر شود؟ ۱۹

۲ (۱)                      ۳ (۲)                      ۵ (۳)                      ۴ (۴)                      ۱ (۵)

پاسخ: گزینه‌ی  $2$  درست است.

حداقل چند یال باید به گراف اضافه کنیم تا اندازه‌ی بزرگ‌ترین مجموعه مستقل آن حداقل دو تا کم‌تر شود؟ ۲۰

۷ (۱)                      ۶ (۲)                      ۵ (۳)                      ۴ (۴)                      ۳ (۵)

پاسخ: گزینه‌ی  $3$  درست است.