

تعداد سوالات: تستی: ۲۵ تشریحی: ۵

زمان آزمون (دقیقه): تستی: ۶۰ تشریحی: ۶۰

سری سوال: یک ۱

عنوان درس: تحقیق در عملیات ۲، تحقیق در عملیات ۲

رشته تحصیلی/کد درس: مهندسی صنایع (چندبخشی)، مهندسی صنایع، مهندسی صنایع ۱۱۲۲۰۲۲ -، مهندسی راه آهن - بهره برداری ۱۳۱۴۰۵۰

استفاده از ماشین حساب ساده، ماشین حساب مهندسی مجاز است

۱- در مدل های برنامه ریزی عدد صحیح کدام اصل از اصول مدل های برنامه ریزی خطی نقض شده است؟

۱. جمع پذیری ۲. تناسب ۳. قطعیت ۴. تقسیم پذیری

۲- فرض کنید که X_A و X_B متغیرهای صفر یا یکی هستند که در آن عدد یک بیانگر انتخاب و صفر بیانگر عدم انتخاب پروژه های A و B می باشند. محدودیت $X_A - X_B = 0$ به کدام معنی است؟

۱. هر دو پروژه می توانند انتخاب شوند.
۲. هر دو پروژه می توانند انتخاب نشوند.
۳. اگر یکی انتخاب شود دیگری نیز حتما باید انتخاب شود.
۴. هر سه گزینه.

۳- نشان دهنده مقدار تولید محصولی است که یا باید تولید نشود و یا حداکثر به اندازه ۵۰ واحد تولید شود. محدودیت مربوطه کدام است؟

۱. $x \leq 50; y = 0 \text{ or } 1$
۲. $x \leq 50y; x \geq 0; y = 0 \text{ or } 1$
۳. $x = 50 + y; y = 0 \text{ or } 1$
۴. $x \geq 50 + y; y = 0 \text{ or } 1$

۴- در یک مدل، لازم است یکی از دو محدودیت $x_1 + 2x_2 + \frac{1}{3}x_3 \leq 100$ یا $\frac{1}{2}x_1 + 3x_2 + \frac{1}{2}x_3 \leq 100$ برقرار باشد. نحوه فرموله کردن آن کدام است؟ ($y = 0, 1$)

۱. $\frac{1}{2}x_1 + 3x_2 + \frac{1}{2}x_3 \leq 100 + My$ ، $x_1 + 2x_2 + \frac{1}{3}x_3 \leq 100 + My$

۲. $\frac{1}{2}x_1 + 3x_2 + \frac{1}{2}x_3 \leq 100 + M(1 - y)$ ، $x_1 + 2x_2 + \frac{1}{3}x_3 \leq 100 + My$

۳. $\frac{1}{2}x_1 + 3x_2 + \frac{1}{2}x_3 \leq 100 - My$ ، $x_1 + 2x_2 + \frac{1}{3}x_3 \leq 100 + My$

۴. $\frac{1}{2}x_1 + 3x_2 + \frac{1}{2}x_3 \leq 100 + M(1 - y)$ ، $x_1 + 2x_2 + \frac{1}{3}x_3 \leq 100 + y$

تعداد سوالات: تستی: ۲۵ تشریحی: ۵

زمان آزمون (دقیقه): تستی: ۶۰ تشریحی: ۶۰

سری سوال: ۱ یک

عنوان درس: تحقیق در عملیات ۲، تحقیق در عملیات ۲

رشته تحصیلی/کد درس: مهندسی صنایع (چندبخشی)، مهندسی صنایع، مهندسی صنایع ۱۱۲۲۰۲۲ - مهندسی راه آهن - بهره برداری ۱۳۱۴۰۵۰

۵- یک جواب موجه برنامه ریزی خطی مسئله عدد صحیح محض زیر $x_1 = 2.6$ ، $x_2 = 0.8$ و $Z = 7.6$ است. کدام گزینه جواب بهینه عدد صحیح مسئله است؟

$$\text{Min } Z = 2x_1 + 3x_2$$

s.t.

$$x_1 + 3x_2 \geq 5$$

$$4x_1 + x_2 \geq 6$$

$$x_1, x_2 \geq 0$$

$$Z = 7 \text{ و } x_2 = 1, x_1 = 2 \quad .۲$$

$$Z = 4 \text{ و } x_2 = 0, x_1 = 2 \quad .۱$$

$$Z = 9 \text{ و } x_2 = 1, x_1 = 3 \quad .۴$$

$$Z = 6 \text{ و } x_2 = 0, x_1 = 3 \quad .۳$$

۶- در مدل برنامه ریزی عدد صحیح اگر حل مدل برنامه ریزی خطی آن به صورت $x_1 = 3.75$ و $x_2 = 2.25$ باشد. جواب متناظر با شاخه $x_1 \geq 4$ کدام خواهد بود؟

$$\text{Max } Z = 8x_1 + 5x_2$$

s.t.

$$x_1 + x_2 \leq 6$$

$$9x_1 + 5x_2 \leq 45$$

$$x_1, x_2 \geq 0 \text{ and } x_1 \text{ integer}$$

$$x_1 = 4; x_2 = 4; Z = 42 \quad .۲$$

$$x_1 = 4; x_2 = 1.8; Z = 41 \quad .۱$$

۴. جواب بهینه مسئله از این شاخه به دست می آید.

$$x_1 = 5; x_2 = 1; Z = 42 \quad .۳$$

۷- کدامیک از محدودیت های زیر به منظور تبدیل $x_1 \leq 20$ به متغیرهای صفر یا یک قابل استفاده است؟

$$x_1 = y_0 + y_1 + 2y_2 + 3y_3 + 4y_4 + 5y_5 \quad .۲$$

$$x_1 = y_0 + 2y_1 + 4y_2 + 8y_3 + 16y_4 \quad .۱$$

۴. هیچکدام

$$x_1 = 2y_1 + 4y_2 + 8y_3 + 16y_4 \quad .۳$$

تعداد سوالات: تستی: ۲۵ تشریحی: ۵

زمان آزمون (دقیقه): تستی: ۶۰ تشریحی: ۶۰

سری سوال: ۱ یک

عنوان درس: تحقیق در عملیات ۲، تحقیق در عملیات ۲

رشته تحصیلی/کد درس: مهندسی صنایع (چندبخشی)، مهندسی صنایع، مهندسی صنایع ۱۱۲۲۰۲۲ - مهندسی راه آهن - بهره برداری ۱۳۱۴۰۵۰

۸- برای حل مسئله زیر به روش صفحات برش لازم است:

$$\text{Max } Z = \frac{5}{2}x_1 + 6x_2$$

s.t.

$$x_1 + x_2 \leq \frac{17}{2}$$

$$\frac{1}{2}x_1 + \frac{2}{3}x_2 \leq \frac{8}{3}$$

$$x_1, x_2 \geq 0 \text{ and integers}$$

۱. محدودیت های اول و دوم را به ترتیب در ۲ و ۶ ضرب کرد.
۲. تابع هدف را در ۲ ضرب کرد.
۳. گزینه های ۱ و ۲.
۴. نیازی به تغییر مدل نیست.

۹- در مسئله زیر با جدول بهینه نشان داده شده آن، کدام محدودیت بیانگر قوی ترین برش است؟

$$\text{Max } Z = -4x_1 + 5x_2$$

s.t.

$$-3x_1 + 3x_2 \leq 6$$

$$2x_1 + 4x_2 \leq 12$$

$$x_1, x_2 \geq 0, \text{ Integer}$$

پایه	x1	x2	s1	s2	جواب
Z	0	0	13/9	1/6	32/3
x2	0	1	1/9	1/6	8/3
x1	1	0	-2/9	1/6	2/3

$$-\frac{7}{9}s_1 - \frac{1}{6}s_2 \leq -\frac{2}{3} \quad .2$$

$$-\frac{1}{9}s_1 - \frac{1}{6}s_2 \leq -\frac{2}{3} \quad .1$$

$$\frac{1}{9}s_1 + \frac{1}{6}s_2 \leq \frac{2}{3} \quad .4$$

$$-\frac{2}{9}s_1 + \frac{1}{6}s_2 \geq \frac{2}{3} \quad .3$$

تعداد سوالات: تستی: ۲۵ تشریحی: ۵

زمان آزمون (دقیقه): تستی: ۶۰ تشریحی: ۶۰

سری سوال: ۱ یک

عنوان درس: تحقیق در عملیات ۲، تحقیق در عملیات ۲

رشته تحصیلی/کد درس: مهندسی صنایع (چندبخشی)، مهندسی صنایع، مهندسی صنایع ۱۱۲۲۰۲۲ - مهندسی راه آهن - بهره برداری ۱۳۱۴۰۵۰

۱۰- در مدل برنامه ریزی عدد صحیح زیر محدودیت اولین برش به صورت $\frac{2}{5}s_1 + \frac{1}{5}s_2 \geq \frac{4}{5}$ است. این محدودیت جدید به صورت کدام محدودیت در مسئله اصلی ظاهر می شود؟

$$Max Z = 4x_1 + 2x_2$$

s.t.

$$x_1 + x_2 \leq 5$$

$$8x_1 + 3x_2 \leq 24$$

$$x_1, x_2 \geq 0 \text{ and integers}$$

$$2x_1 + x_2 \leq 6 \quad .۴$$

$$x_1 + x_2 \leq 6 \quad .۳$$

$$x_2 \leq 4 \quad .۲$$

$$x_1 \leq 3 \quad .۱$$

۱۱- مدل زیر در صورت حل با برنامه ریزی پویا چند مرحله خواهد داشت؟

$$Max Z = 3x_1^3 + 2x_1^2 + 2x_2 + x_3^2$$

s.t.

$$x_1x_2 + x_3 \leq 60$$

$$x_1, x_2, x_3 \geq 0$$

۴ .۴

۳ .۳

۲ .۲

۱ .۱

۱۲- فرض کنید با ۴ واحد پولی بتوان در سه پروژه سرمایه گذاری نمود. به ازای مقادیر مختلف سرمایه گذاری در هر پروژه سودی حاصل می شود که در جدول زیر دیده می شود. در صورت حل این مسئله با روش برنامه ریزی پویا، در هر مرحله چند حالت (وضعیت) وجود دارد و تعریف آن کدام است؟

سود پروژه شماره			میزان سرمایه گذاری
۳	۲	۱	
۰	۰	۰	۰
۴	۲	۱	۱
۵	۳	۲	۲
۸	۵	۴	۳
۹	۷	۷	۴
۱۰	۱۰	۱۱	۵

۲ .۳ میزان سرمایه گذاری در پروژه

۱ .۳ سود

۴ .۶ موجودی سرمایه (سرمایه باقیمانده)

۳ .۵ موجودی سرمایه (سرمایه باقیمانده)

تعداد سوالات: تستی: ۲۵ تشریحی: ۵

زمان آزمون (دقیقه): تستی: ۶۰ تشریحی: ۶۰

سری سوال: ۱ یک

عنوان درس: تحقیق در عملیات ۲، تحقیق در عملیات ۲

رشته تحصیلی/کد درس: مهندسی صنایع (چندبخشی)، مهندسی صنایع، مهندسی صنایع ۱۱۲۲۰۲۲ - مهندسی راه آهن - بهره برداری ۱۳۱۴۰۵۰

۱۳- در نظر است برنامه ریزی تولید و کنترل موجودی انبار یک کارگاه برای هر یک از ماه های سال آینده توسط برنامه ریزی پویا انجام شود. در این صورت:

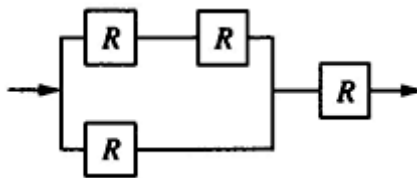
۱. تعداد مراحل ۱۲ و در هر مرحله، متغیر تصمیم میزان تولید ماهانه است.

۲. تعداد مراحل ۱۲ و در هر مرحله، متغیر تصمیم میزان تقاضای ماهانه است.

۳. تعداد مراحل ۱۲ و در هر مرحله، متغیر تصمیم میزان موجودی انبار است.

۴. تعداد مراحل ۱۲ و در هر مرحله، متغیر تصمیم میزان هزینه تولید است.

۱۴- در شبکه زیر برای $R_S = 0.99$ (پایائی سیستم برابر نودونه درصد)، مقدار R را به دست آورید.



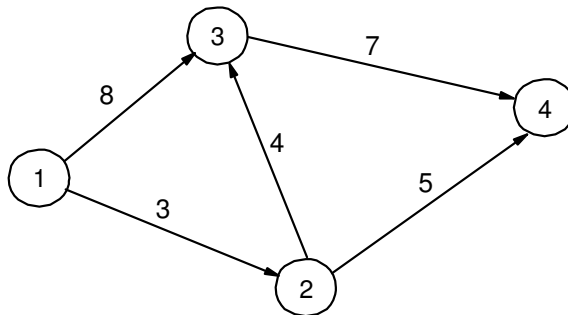
۰.۸۵ .۴

۰.۹۹ .۳

۰.۹۵ .۲

۰.۹۰ .۱

۱۵- با توجه به شبکه زیر، حداکثر مقدار کالایی که می توان از مبدا ۱ به مقصد ۴ رساند چقدر است؟



۱۱ .۴

۱۳ .۳

۱۰ .۲

۱۲ .۱

تعداد سوالات: تستی: ۲۵ تشریحی: ۵

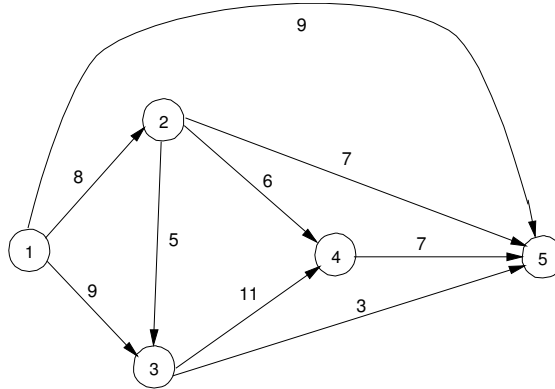
زمان آزمون (دقیقه): تستی: ۶۰ تشریحی: ۶۰

سری سوال: ۱: یک

عنوان درس: تحقیق در عملیات ۲، تحقیق در عملیات ۲

رشته تحصیلی/کد درس: مهندسی صنایع (چندبخشی)، مهندسی صنایع، مهندسی صنایع ۱۱۲۲۰۲۲ - مهندسی راه آهن - بهره برداری ۱۳۱۴۰۵۰

۱۶- برنامه خطی معادل حداکثر جریان عبوری از شبکه زیر کدام است؟



$$Max Z = x_{51} - x_{59} + x_{15} \quad .1$$

s.t.

$$x_{25} \leq 7 ; x_{34} \leq 11 ; x_{13} \leq 9 ; x_{15} \leq 9 ; x_{ij} \geq 0$$

$$Max Z = x_{51} \quad .2$$

s.t.

$$\begin{aligned} x_{12} + x_{13} + x_{15} - x_{51} &= 0 ; x_{25} + x_{24} + x_{23} - x_{12} = 0 ; \\ x_{34} + x_{35} - (x_{23} + x_{13}) &= 0 ; x_{45} - (x_{34} + x_{24}) = 0 ; \\ x_{51} - (x_{15} + x_{45} + x_{25} + x_{35}) &= 0 ; x_{12} \leq 8 ; x_{13} \leq 9 ; \\ x_{24} \leq 6 ; x_{15} \leq 9 ; x_{23} \leq 5 ; x_{25} \leq 7 ; x_{34} \leq 11 ; \\ x_{35} \leq 3 ; x_{45} \leq 7 ; x_{ij} &\geq 0 \end{aligned}$$

$$Max Z = x_{51} \quad .3$$

s.t.

$$\begin{aligned} x_{51} - (x_{12} + x_{13} + x_{15}) &= 0 ; -(x_{25} + x_{24} + x_{23}) + x_{12} = 0 ; \\ x_{23} + x_{13} - (x_{34} + x_{35}) &= 0 ; x_{34} + x_{24} - x_{45} = 0 ; \\ x_{15} + x_{45} + x_{25} + x_{35} - x_{51} &= 0 ; x_{ij} \geq 0 \end{aligned}$$

$$Max Z = x_{51} - x_{15} \quad .4$$

s.t.

$$\begin{aligned} x_{12} + x_{13} + x_{15} - x_{51} &= 0 ; x_{25} + x_{24} + x_{23} - x_{12} = 0 ; \\ x_{34} + x_{35} - (x_{23} + x_{13}) &= 0 ; x_{45} - (x_{34} + x_{24}) = 0 ; \\ x_{51} - (x_{15} + x_{45} + x_{25} + x_{35}) &= 0 ; x_{12} \geq 8 ; x_{13} \geq 9 ; \\ x_{24} \geq 6 ; x_{15} \geq 9 ; x_{23} \geq 5 ; x_{25} \geq 7 ; x_{34} \geq 11 ; \\ x_{35} \geq 3 ; x_{45} \geq 7 ; x_{ij} &\geq 0 \end{aligned}$$

تعداد سوالات: تستی: ۲۵ تشریحی: ۵

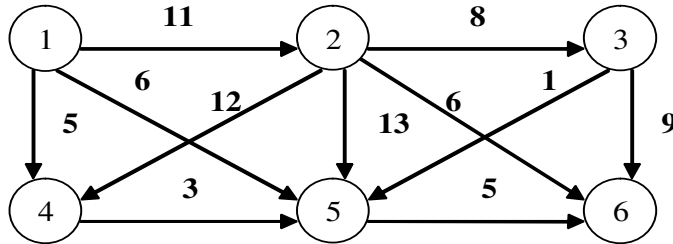
زمان آزمون (دقیقه): تستی: ۶۰ تشریحی: ۶۰

سری سوال: ۱ یک

عنوان درس: تحقیق در عملیات ۲، تحقیق در عملیات ۲

رشته تحصیلی/کد درس: مهندسی صنایع (چندبخشی)، مهندسی صنایع، مهندسی صنایع ۱۱۲۲۰۲۲ - مهندسی راه آهن - بهره برداری ۱۳۱۴۰۵۰

۱۷- هزینه کوتاهترین مسیر از گره ۱ به گره ۶ کدام است؟



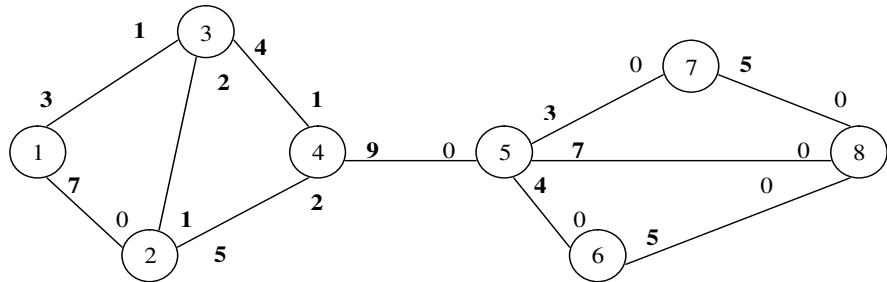
۱۱ .۴

۱۸ .۳

۲۰ .۲

۲۴ .۱

۱۸- حداکثر جریان در شبکه زیر کدام است؟ (گره ۱ گره مبداء و گره ۸ گره مقصد است.)



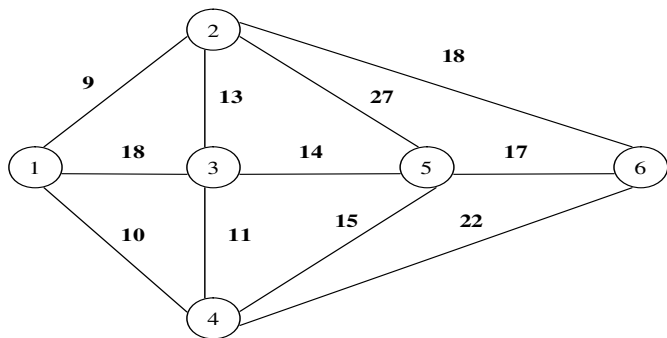
۹ .۴

۲۴ .۳

۲۶ .۲

۲۸ .۱

۱۹- هزینه درخت در برگیرنده (پوششی) شبکه زیر کدام است؟



۸۰ .۴

۵۹ .۳

۵۳ .۲

۶۱ .۱

تعداد سوالات: تستی: ۲۵ تشریحی: ۵

زمان آزمون (دقیقه): تستی: ۶۰ تشریحی: ۶۰

سری سوال: ۱ یک

عنوان درس: تحقیق در عملیات ۲، تحقیق در عملیات ۲

رشته تحصیلی/کد درس: مهندسی صنایع (چندبخشی)، مهندسی صنایع، مهندسی صنایع ۱۱۲۲۰۲۲ - مهندسی راه آهن - بهره برداری ۱۳۱۴۰۵۰

۲۰- در یک برنامه ریزی سلسله مراتبی (AHP)، یک ماتریس مقایسه زوجی گزینه ها به صورت زیر داده شده است.

گزینه ۳	گزینه ۲	گزینه ۱	عامل راحتی
۸	۲	۱	گزینه ۱
۶	۱		گزینه ۲
۱			گزینه ۳

به سوال زیر به صورت مستقل پاسخ دهید.

درجه اهمیت گزینه ۱ با توجه به عامل راحتی چقدر است؟

۰.۵۹۳ .۴

۰.۳۴۱ .۳

۰.۰۶۶ .۲

۰.۰۹۱ .۱

۲۱- به سوال زیر به صورت مستقل پاسخ دهید. در یک برنامه ریزی سلسله مراتبی (AHP)، یک ماتریس مقایسه زوجی گزینه ها به صورت زیر داده شده است.

گزینه ۳	گزینه ۲	گزینه ۱	عامل راحتی
۸	۲	۱	گزینه ۱
۶	۱		گزینه ۲
۱			گزینه ۳

درجه اهمیت گزینه ۲ با توجه به عامل راحتی چقدر است؟

۰.۵۹۳ .۴

۰.۳۴۱ .۳

۰.۱۴۳ .۲

۰.۱۳۳ .۱

۲۲- به سوال زیر به صورت مستقل پاسخ دهید. در یک برنامه ریزی سلسله مراتبی (AHP)، یک ماتریس مقایسه زوجی گزینه ها به صورت زیر داده شده است.

گزینه ۳	گزینه ۲	گزینه ۱	عامل راحتی
۸	۲	۱	گزینه ۱
۶	۱		گزینه ۲
۱			گزینه ۳

درجه اهمیت گزینه ۳ با توجه به عامل راحتی چقدر است؟

۰.۵۹۳ .۴

۰.۰۶۶ .۳

۰.۱۹۶ .۲

۰.۴۳۱ .۱

۲۳- در تعمیرگاهی که دارای یک تعمیرکار است، ماشین ها طبق فرایند پواسون برای تعمیر (به طور متوسط هر روز ۲ ماشین) به تعمیرگاه وارد می شوند. مدت زمان تعمیر نمایی با میانگین یک سوم روز فرض می شود. میانگین تعداد اتومبیل هایی که در تعمیرگاه هستند، چقدر است؟

۴ .۴

۳ .۳

۲ .۲

۱ .۱

تعداد سوالات: تستی: ۲۵ تشریحی: ۵

زمان آزمون (دقیقه): تستی: ۶۰ تشریحی: ۶۰

سری سوال: ۱ یک

عنوان درس: تحقیق در عملیات ۲، تحقیق در عملیات ۲

رشته تحصیلی/کد درس: مهندسی صنایع (چندبخشی)، مهندسی صنایع، مهندسی صنایع ۱۱۲۲۰۲۲ - مهندسی راه آهن - بهره برداری ۱۳۱۴۰۵۰

۲۴- یک شرکت هواپیمایی درصدد است که یک شعبه فروش بلیط در یک مرکز فروش جدید به وجود آورد که یک فروشنده داشته باشد. تصور می شود که تقاضا برای بلیط و اطلاعات در هر ساعت ۱۵ بار باشد که دارای توزیع (فرایند) پواسان است. فرض بر این است که زمان سرویس دهی دارای توزیع نمایی است. تجربه در موارد مشابه نشان داده است که زمان پاسخگویی به هر تقاضا به طور متوسط سه دقیقه به طول می انجامد. به سوال زیر به صورت مستقل پاسخ دهید. ضریب بهره وری از سیستم را محاسبه کنید.

۰.۷۵ .۱ ۵.۰ .۲ ۰.۲۵ .۳ ۰.۲۰ .۴

۲۵- یک شرکت هواپیمایی درصدد است که یک شعبه فروش بلیط در یک مرکز فروش جدید به وجود آورد که یک فروشنده داشته باشد. تصور می شود که تقاضا برای بلیط و اطلاعات در هر ساعت ۱۵ بار باشد که دارای توزیع (فرایند) پواسان است. فرض بر این است که زمان سرویس دهی دارای توزیع نمایی است. تجربه در موارد مشابه نشان داده است که زمان پاسخگویی به هر تقاضا به طور متوسط سه دقیقه به طول می انجامد. به سوال زیر به صورت مستقل پاسخ دهید. میانگین مدت زمانی که مشتری در این شعبه آژانس صرف خواهد کرد، بر حسب دقیقه چقدر است؟

۰.۲۰ .۱ ۱۲.۰ .۲ ۲.۲۵ .۳ ۳.۰ .۴

سوالات تشریحی

۱- به صاحبان یک کشتی حمل کالا با ظرفیت پانزده تن، پیشنهاد حمل کالاهایی با وزن و درآمد متفاوت زیر شده است. ۱.۴۰ نمره

شماره محموله	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
درآمد (واحد پول)	۶	۳	۲	۱	۹	۵	۸	۴
وزن (تن)	۱	۲	۳	۴	۶	۵	۳	۹

با توجه به ظرفیت این کشتی و محدودیت‌های زیر، مساله را به شکل یک مدل برنامه‌ریزی صفر و یک فرموله کنید.

(۱) تصمیم بر بردن حداکثر یکی از دو محموله شماره ۲ و ۳ است.

(۲) حداقل یکی از سه محموله شماره ۱ و ۴ و ۵ می‌بایست حمل گردد.

(۳) محموله شماره ۸ وقتی می‌تواند انتخاب شود که محموله شماره ۱ بارگیری شده باشد.

(۴) محموله شماره ۷ در صورت انتخاب هر دو محموله ۳ و ۴ قابل انتخاب است.

(۵) محموله‌های شماره ۵ و ۶ در صورت بارگیری محموله ۲، قابل بارگیری هستند.

تعداد سوالات: تستی: ۲۵ تشریحی: ۵

زمان آزمون (دقیقه): تستی: ۶۰ تشریحی: ۶۰

سری سوال: ۱ یک

عنوان درس: تحقیق در عملیات ۲، تحقیق در عملیات ۲

رشته تحصیلی/کد درس: مهندسی صنایع (چندبخشی)، مهندسی صنایع، مهندسی صنایع ۱۱۲۲۰۲۲ - مهندسی راه آهن - بهره برداری ۱۳۱۴۰۵۰

نمره ۱.۴۰

۲- مساله برنامه ریزی غیرخطی زیر را با استفاده از روش برنامه ریزی پویا حل کنید:

$$\text{Max } Z = X_1^2 \cdot X_2$$

S.t.

$$X_1^2 + X_2 \leq 2$$

(توجه داشته باشید که محدودیت‌های $X_1, X_2 \geq 0$ وجود ندارند.)

نمره ۱.۴۰

۳- (در مبحث تئوری بازی‌ها) ماتریس دریافت زیر را در نظر بگیرید.

		بازیکن B		
	۵	۲		بازیکن A
	۱	۳		
	۳	۰		

اگر این بازی از نقطه نظر جبری مورد بررسی قرار گیرد و هر استراتژی مختلط بازیکن اول (A)، با (x_1, x_2, x_3) نشان داده شود به گونه ای که $\sum_{i=1}^3 x_i = 1$ باشد، مساله برنامه ریزی خطی را که بازیکن اول مایل به حل آن

است، بنویسید.

نمره ۱.۴۰

۴- یک ماتریس مقایسه زوجی در روش AHP برای عاملی داده شده است:

	۹	۳	۱
	۶	۱	
	۱		

نسبت سازگاری را محاسبه نمائید. (RI = 0.58)

نمره ۱.۴۰

۵- در یک کارگاه ماشین ابزار، کار تعمیراتی توسط یک تعمیرکار انجام می شود. زمان تعمیر، شامل زمان رفت و آمد، دارای توزیع نمایی با میانگین دو ساعت در هر بار است. متوسط تقاضای تعمیر در روز کاری هشت ساعته،

(با فرض داشتن فرایند پواسان) سه بار در روز است. موارد زیر را محاسبه کنید:

(الف) میانگین تعداد مشتریانی که در صف برای تعمیر منتظر هستند.

(ب) ضریب بهره برداری سیستم.