

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

## ریاضی و آمار (۲)

رشته‌های ادبیات و علوم انسانی – علوم و معارف اسلامی

پایه یازدهم

دوره دوم متوسطه

۱۳۹۶



وزارت آموزش و پرورش  
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

**نام کتاب:** ریاضی و آمار (۲) پایه یازدهم دوره دوم متوسطه - ۱۱۱۲۱۲

**پدیدآورنده:** سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

**مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف:** دفتر تألیف کتاب‌های درسی عمومی و متوسطه نظری

**شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف:** حمیدرضا امیری، علی ایرانمنش، مهدی ایزدی، ناصر بروجردیان، محمدحسن بیژن‌زاده، خسرو داودی، زهرا رحیمی، محمدهاشم رستمی، ابراهیم ریحانی، محمدرضا سیدصالحی، میرشهرام صدر، اکرم قابل‌رحمت، طاهر قاسمی‌هنری و عادل محمدپور (اعضای شورای برنامه‌ریزی)

**مدیریت آماده‌سازی هنری:** حمیدرضا امیری، علی ایرانمنش، آزاده حسین فرزانه، عادل محمدپور، حسین میرزایی و هادی مین‌باشیان (اعضای گروه تألیف)

**شناسه افزوده آماده‌سازی:** اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

**نشانی سازمان:** لیدا نیک‌روش (مدیر امور فنی و چاپ) - جواد صفری (مدیر هنری) - سمیه قنبری (صفحه‌آرا) - سورش سعادت‌مندی، علی نجمی، سیدکیوان حسینی، کبری اجابتی، ناهید خیام‌باشی و فاطمه رئیس‌یان‌فیروزآباد (امور آماده‌سازی)

**ناشر:** تهران: خیابان ایران‌شهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)  
تلفن: ۸۸۸۳۱۱۶۱-۹، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹  
وبگاه: [www.chap.sch.ir](http://www.chap.sch.ir) و [www.irtextbook.ir](http://www.irtextbook.ir)

**چاپخانه:** شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران تهران: کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داروپخش) تلفن: ۴۴۹۸۵۱۶۱-۵، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۳۷۵۱۵-۱۳۹

**سال انتشار و نوبت چاپ:** شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»  
چاپ اول ۱۳۹۶

شابک ۹۷۸-۹۶۴-۰۵-۲۷۶۷-۲

ISBN: 978-964-05-2767-2

جوان‌ها قدر جوانیشان را  
بدانند و آن را در علم و  
تقوی و سازندگی خودشان  
صرف کنند که اشخاصی  
امین و صالح بشوند.  
مملکت ما با اشخاص امین  
می‌تواند مستقل باشد.  
امام خمینی  
«قدس سره الشریف»

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش است و هرگونه استفاده از کتاب و اجزای آن به صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع، بدون کسب مجوز ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

## فهرست

<b>فصل ۱ – آشنایی با منطق و استدلال ریاضی</b>	۱
درس ۱: گزاره‌ها و ترکیب گزاره‌ها	۲
ترکیب گزاره‌ها	۴
ترکیب عطفی دو گزاره	۴
ترکیب فصلی دو گزاره	۵
ترکیب شرطی دو گزاره	۶
ترکیب دو شرطی	۸
درس ۲: استدلال ریاضی	۱۲
<b>فصل ۲ – تابع</b>	۲۱
درس ۱: توابع ثابت، چندضابطه‌ای و همانی	۲۲
انواع توابع	۲۵
تابع ثابت	۲۶
تابع چندضابطه‌ای	۲۷
تابع همانی	۳۰
درس ۲: توابع پلکانی و قدر مطلق	۳۴
تابع پلکانی	۳۴
تابع علامت	۳۵
تابع جزء صحیح	۳۷
تابع قدرمطلق	۴۰
درس ۳: اعمال بر روی توابع	۴۵
<b>فصل ۳ – آمار</b>	۵۵
درس ۱: شاخص‌های آماری	۵۶
خط فقر	۵۷
تورم	۶۰
درس ۲: سری‌های زمانی	۶۳
سری زمانی	۶۴
درون‌یابی	۶۶
برون‌یابی	۶۸
منابع	۷۱

## مقدمه

کتاب ریاضی پایه یازدهم برای تدریس دو ساعت در هفته تألیف شده و مطالب آن در راستای اهداف برنامه درسی ریاضی تألیف و تدوین شده است. مطالب این کتاب حدود و دامنه کار دبیران محترم را مشخص کرده و توقع مؤلفین و دفتر تألیف نیز همین است که مطالب کتاب بی کم و کاست و بدون هیچ اضافاتی به لحاظ موضوع و مفهوم جدید، تدریس شود.

به عنوان مثال در فصل اول هیچ اثبات هم ارزی بین گزاره‌ها و بدون استفاده از جدول خواسته نشده حتی یک تمرین هم در این مورد وجود ندارد و لذا طرح چنین سؤال‌هایی چه در کلاس و چه در سؤال‌های ارزشیابی جایز نیست.

دانش‌آموزان در سال دهم، درسی به نام منطق را گذرانده و لذا با مبحث منطق و تا حدی گزاره‌ها و ترکیب گزاره‌ها آشنا بوده و به همکاران محترم توصیه می‌کنیم به کتاب درسی منطق نظری داشته باشند تا با آنچه دانش‌آموزانشان به عنوان زمینه و پیش نیاز یاد گرفته‌اند، آشنا شوند. در این صورت و با این نگاه کلیات مطالب فصل اول برای دانش‌آموزان جدید نمی‌باشد.

در فصل دوم با یادآوری تعریف و مفهوم تابع، به معرفی انواع تابع‌ها و اعمال جبری روی آنها پرداخته شده است. در معرفی انواع تابع‌ها سعی شده است تا به صورتی مشهودی و کاربردی دانش‌آموزان مدلهایی از این توابع را

که در زندگی روزمره آنها نیز به چشم می‌خورد، درک کرده و بر اساس آن به ضابطه‌های آنها پی ببرند. در فصل آخر و در ادامه مطالب آمار پایه دهم و با هدف بالا بردن سواد آماری، شاخص‌های آماری و به دنبال آن سری‌های زمانی معرفی می‌شوند.

در سراسر کتاب سعی بر آن است تا با رویکرد و آموزش از طریق حل مسئله، برای آموزش مفاهیم اصلی با طرح فعالیت‌های مناسب دانش‌آموزان مفهوم مورد نظر را ساخته و به کمک معلمان محترم، آن مفهوم پرداخته و تحلیل شود و نهایتاً در کار در کلاس‌ها و مثال‌های حل شده تعمیق یا تعمیم یافته و تثبیت شوند. از همه همکاران و کارشناسان و دبیران محترم تقاضا داریم ما را از نظرات و پیشنهادات سازنده خودشان بهره‌مند نموده و از طریق سایت و ایمیل واحد تحقیق، توسعه و آموزش ریاضی دفتر تألیف کتاب‌های درسی عمومی و متوسطه نظری با ما در ارتباط باشند.

مؤلفان

سایت: [www.mathrde.ir](http://www.mathrde.ir)

ایمیل: [mathrde@gmail.com](mailto:mathrde@gmail.com)





# فصل ۱ - آشنایی با منطق و استدلال ریاضی

گزاره‌ها و ترکیب گزاره‌ها

درس ۱

استدلال ریاضی

درس ۲

قُلْ هَاتُوا بُرْهَانَكُمْ إِنْ كُنْتُمْ صَادِقِينَ

(آیه ۱۱۱ بقره)

«بگو اگر راست می‌گویید دلیل خود را بیاورید»



«نَحْنُ أَبْنَاءُ الدَّلِيلِ، نَمِيلُ حَيْثُ يَمِيلُ» امام صادق (ع)

ما فرزندان دلیل و برهانیم و در قضاوت به‌سویی که دلایل هدایمان کنند می‌رویم.

## درس ۱

## گزاره‌ها و ترکیب گزاره‌ها

مَنْطِق<sup>۱</sup> در لغت به معنای «آنچه به گفته درآمده» و عموماً آن را به معنای بررسی استدلال‌ها تعبیر می‌کنند. کاربرد منطق در تشخیص اعتبار استدلال‌هاست. امروزه منطق صرفاً به عنوان شاخه‌ای از فلسفه شمرده نشده و در ریاضیات و علوم مربوط به رایانه نیز به آن پرداخته می‌شود.

تعبیر دیگری از منطق، روش درست فکر کردن است. با تکیه بر این تعبیر می‌توان ادعا کرد که منطق‌دانان و افرادی که با منطق مأنوس‌ترند، بسیار کمتر از دیگران در استدلال‌ها اشتباه می‌کنند.

از میان انواع منطق و کاربردهای آن در این فصل قصد داریم شما را با منطق ریاضی<sup>۲</sup> که شاخه‌ای از ریاضیات است و به بیان ریاضی گونه‌ی منطق می‌پردازد، آشنا کنیم. اگر ریاضیات را به عنوان یک زبان برای انتقال مفاهیم و اطلاعات در نظر بگیریم، منطق ریاضی، دستور این زبان است.

در بین جملاتی که ما از آنها استفاده می‌کنیم، جملات خبری از اهمیت و جایگاه ویژه‌ای برخوردارند و به‌ویژه صدق و کذب یا درستی و نادرستی این خبرها برای ما و مخاطب ما اهمیت دارد. به عنوان مثال وقتی شما به دوست خود می‌گویید: «من امروز ساعت ۸ صبح در محل قرار حضور داشتم.» خبری را برای او بیان می‌کنید که صدق یا کذب این خبر برای شما و دوستتان مهم است. در منطق ریاضی به هر جمله‌ی خبری که بتوانیم (در حال حاضر یا در آینده) دقیقاً یکی از دو ارزش درست یا نادرست (راست یا دروغ) را به آن نسبت بدهیم، یک گزاره گفته می‌شود.

جمله‌های غیر خبری مانند «چه هوای خوبی» یا «شما اهل کجایی؟» و همچنین جمله‌های خبری که نتوانیم ارزش آنها را تعیین کنیم، گزاره نیستند؛ مثلاً «درس فلسفه از درس عربی آسان‌تر است».

## فعالیت

۱. کدام یک از جملات زیر گزاره است؟ ارزش هر گزاره را تعیین کنید.

الف) شما چند سال دارید؟

ب) عدد ۲ عددی اول است.

پ) عدد  $\sqrt{2}$  عددی گویا است.

ت) افلاطون شاگرد ارسطو است.

ث)  $2+3 \times 4 = 20$

ج) عدد  $(-1)^n$  عددی همواره مثبت است. ( $n \in N$ )

چ) سیب قرمز از سیب زرد خوش‌مزه‌تر است.

ح) لطفاً تخته را پاک کن.

۱- Logic

۲- Mathematical Logic

۲. دو گزاره درست و دو گزاره نادرست بیان کنید و همچنین دو جمله بنویسید که گزاره نباشند.

گاهی اوقات گزاره‌ای که بیان می‌کنیم، ترکیبی از دو یا چند گزاره است. در این صورت برای تشخیص درستی یا نادرستی این گزاره‌ها که به گزاره‌های ترکیبی معروف‌اند، باید بیشتر تأمل کنیم و آنها را دقیق‌تر بررسی کنیم. به عنوان مثال جمله « $3$  عددی فرد است و  $\sqrt{2}$  عددی گنگ است»، از ترکیب دو گزاره ساده « $3$  عددی فرد است» و « $\sqrt{2}$  عددی گنگ است» توسط حرف ربط «و» ساخته شده است. واضح است که ارزش این گزاره ترکیبی به ارزش دو گزاره ساده مذکور بستگی دارد. اگر هر دو گزاره نادرست باشند، ارزش گزاره ترکیبی چیست؟ اگر هر دو درست باشند، چه ارزشی برای آن قائل هستید؟ اگر یکی از گزاره‌ها درست و دیگری نادرست باشد، چه پاسخی می‌دهید؟ در حالت کلی برای یک گزاره ترکیبی که از ترکیب دو گزاره به دست آمده، و نسبت به ارزش‌های این دو گزاره، چند حالت می‌توان در نظر گرفت؟ آیا حروف ربط دیگری برای ترکیب دو گزاره وجود دارد؟ برای پاسخ به سؤال‌های اخیر نیاز داریم تا از نمادها و قراردادهایی استفاده کنیم. به مجموعه این قراردادها و نمادگذاری‌ها جبر گزاره‌ها یا حساب گزاره‌ها گفته می‌شود.

در منطق ریاضی و در جبر گزاره‌ها هر گزاره را با یکی از حروف انگلیسی مانند  $p$  یا  $q$  یا  $r$  یا ... نمایش می‌دهیم. در سه جدول زیر وضعیت ارزشی یک، دو و سه گزاره مشخص شده است. شما جدولی را برای نمایش وضعیت ارزشی چهار گزاره تشکیل دهید.

$p$
د
ن

$$2^1 = 2$$

$p$	$q$
د	د
د	ن
ن	د
ن	ن

$$2^2 = 4 = \text{تعداد حالت‌های ارزشی دو گزاره}$$

$p$	$q$	$r$
د	د	د
د	د	ن
د	ن	د
د	ن	ن
ن	د	د
ن	د	ن
ن	ن	د
ن	ن	ن

$$2^3 = 8 = \text{تعداد حالت‌های ارزشی سه گزاره}$$

**نقیض یک گزاره:** نقیض گزاره  $p$  را با نماد  $(\sim p)$  نمایش می‌دهیم و آن را به صورت «نقیض  $p$ » یا «چنین نیست که  $p$ » می‌خوانیم. از آنجا که هر گزاره یک جمله خبری است و حتماً دارای فعل، برای بیان نقیض یک گزاره کافی است فعل جمله را نفی کنیم و واضح است که با این کار ارزش گزاره  $p$  اگر درست باشد، ارزش گزاره  $(\sim p)$  نادرست و اگر  $p$  گزاره‌ای نادرست باشد، ارزش گزاره  $(\sim p)$  درست خواهد بود.

به عنوان مثال، نقیض گزاره « $a$  مثبت است»، به صورت « $a$  مثبت نیست» بیان می‌شود. به جدول زیر توجه کنید:

$p$	$\sim p$
د	ن
ن	د

## کار در کلاس

در هر یک از حالت‌های زیر نقیض گزاره را بیان کنید؛ سپس، ارزش هر یک را مشخص کنید.  
الف) عدد ۵ زوج است.

ب) تساوی « $4=2 \times 2$ » برقرار است.

پ) عدد ۱۲ از ۱۵ کوچک‌تر است.

ت) ارسطو شاگرد افلاطون است.

ث) ایران در منطقه غرب آسیا قرار دارد.

ج)  $(3 \times 7) > (5 \times 4)$

در مثال قبل اگر نقیض گزاره « $a$  مثبت است»، را به صورت « $a$  منفی است» تعبیر کنیم. این دو گزاره نقیض هم نیستند؛ زیرا وقتی  $a$  مثبت نباشد، یا منفی است یا صفر است، در صورتی که « $a$  منفی است» شامل صفر نمی‌شود.

### ترکیب گزاره‌ها

در منطق ریاضی و در حساب گزاره‌ها، به صورت‌های متفاوتی می‌توان گزاره‌های ساده را با هم ترکیب، گزاره‌های مرکب تولید کرد. در این کتاب ترکیب گزاره‌ها توسط ۴ رابط «و»، «یا»، «شرطی» و «دو شرطی» انجام می‌شود. هر گزاره مرکب که از ترکیب دو یا بیشتر از دو گزاره ساده تولید می‌شود، خودش یک گزاره است و باید بتوانیم ارزش آن را تعیین کنیم. به گزاره‌های ترکیبی زیر توجه کنید:

الف) «۵ عددی فرد است و ۴ عددی اول است».

ب) «۱۲۱ مضرب ۱۲ است یا  $\sqrt{3}$  مثبت است».

پ) «اگر من مسلمان باشم، آنگاه نبوت حضرت رسول اکرم ﷺ را قبول دارم».

ت) «اگر  $n$  عددی زوج باشد، آنگاه  $n^2$  زوج است و اگر  $n^2$  زوج باشد، آنگاه  $n$  زوج است».

هر یک از گزاره‌های ترکیبی فوق از ترکیب دو گزاره به دست آمده‌اند و اگر از شما بخواهیم ارزش هر یک از آنها را تعیین کنید، شاید کمی مشکل به نظر برسد، ولی آنچه که مسلم است این است که ارزش گزاره‌های ترکیبی فوق به ارزش (درستی یا نادرستی) گزاره‌های ساده تشکیل‌دهنده آنها و نوع رابط به کار رفته بین آنها بستگی دارد.

۱. ترکیب عطفی دو گزاره: گزاره «عدد ۳ فرد است و ۷ عددی اول است» را در نظر بگیرید. چه استنباطی نسبت به درستی

یا نادرستی این گزاره دارید؟ نسبت به صدق و کذب گزاره «افلاطون شاگرد ارسطو است و عدد ۴ زوج است»، چه استنباطی دارید؟ کاملاً واضح است که صدق یک گزاره مرکب که از ترکیب دو گزاره ساده با لفظ «یا» تشکیل شده است، درستی هر

دو گزاره را طلب می‌کند. به نظر شما گزاره دومی چه ارزشی دارد؟ توجه دارید که افلاطون شاگرد ارسطو نبوده است!

هرگاه بخواهیم دو گزاره مانند  $p$  و  $q$  را با لفظ «و» ترکیب کنیم، از نماد « $\wedge$ » بین دو گزاره استفاده می‌کنیم و آن را ترکیب عطفی دو گزاره می‌نامیم و می‌نویسیم « $p \wedge q$ »؛ و آن را به صورت « $p$  و  $q$ » می‌خوانیم. ارزش ترکیب عطفی دو گزاره با توجه به جدول

زیر تعیین می‌شود:

$p$	$q$	$p \wedge q$
د	د	د
د	ن	ن
ن	د	ن
ن	ن	ن

همان‌طور که ملاحظه می‌کنید، ترکیب عطفی دو گزاره فقط وقتی دارای ارزش درست است که هر دو گزاره ارزش درست داشته باشد و اگر حداقل یکی از دو گزاره نادرست باشند، « $p \wedge q$ » نادرست است.

## فعالیت

در جدول زیر روبه‌روی گزاره‌های داده شده ارزش آنها را با علامت  $\checkmark$  مشخص کرده و نیز با توجه به ارزش داده شده با یک گزاره ساده، گزاره مرکب را کامل کنید.

ردیف	گزاره	درست	نادرست
۱	هفته هفت روز دارد و ماه شهریور ۳۱ روز دارد		
۲	قرآن دارای ۳۰ جزء است و همه سوره‌های آن با بسم‌الله شروع می‌شود.		
۳	..... و ۸ زوج است.		$\checkmark$
۴	کتاب قرآن ۱۱۴ سوره دارد و .....	$\checkmark$	
۵	۵۷ عددی اول است و ۲ عددی اول نیست.		
۶	..... و $۵ > ۲$		$\checkmark$

۲. ترکیب فصلی دو گزاره: اگر شخصی به شما بگوید: «آن حیوان، پرنده است یا مهره‌دار است!» صدق گفته او را در چه صورتی تأیید می‌کنید؟ اگر پس از بررسی معلوم شود که حیوان مورد نظر نه پرنده بوده است و نه از تیره مهره‌داران بوده است، آیا گزاره مذکور دارای ارزش درست بوده است؟ در واقع صدق یک گزاره مرکب که از ترکیب دو گزاره ساده با لفظ «یا» تشکیل شده است، در صورتی تأیید می‌شود که حداقل یکی از دو گزاره ساده، ارزش درست داشته باشند.

هرگاه بخواهیم دو گزاره مانند  $p$  و  $q$  را با لفظ «یا» با هم ترکیب کنیم، از نماد « $\vee$ » استفاده می‌کنیم و آن را ترکیب فصلی دو گزاره نامیده و می‌نویسیم « $p \vee q$ » و آن را به صورت « $p$  یا  $q$ » می‌خوانیم. ارزش ترکیب فصلی دو گزاره با توجه به جدول زیر تعیین می‌شود:

$p$	$q$	$p \vee q$
د	د	د
د	ن	د
ن	د	د
ن	ن	ن

همان طور که ملاحظه می کنید، ترکیب فصلی دو گزاره تنها وقتی نادرست است که ارزش هر دو گزاره نادرست باشد و اگر حداقل یکی از دو گزاره، ارزش درست داشته باشد، در این صورت ارزش ترکیب فصلی آنها درست است.

## فعالیت

جدول زیر را کامل کنید.

ردیف	گزاره	درست	نادرست
۱	عدد ۴ عددی فرد یا عددی اول است		
۲	حضرت مهدی <small>علیه السلام</small> امام دوازدهم شیعیان است یا .....	✓	
۳	۹۱ عددی مرکب است یا .....	✓	
۴	..... یا افلاطون نویسنده کتاب ارغنون است.		✓
۵	..... یا .....	✓	

### ۳. ترکیب شرطی دو گزاره

هرگاه بخواهیم از گزاره  $p$  گزاره  $q$  را نتیجه بگیریم، از نماد « $\Rightarrow$ » استفاده می کنیم و می نویسیم: « $p \Rightarrow q$ » و آن را به صورت های زیر می خوانیم:

(اگر  $p$  آنگاه  $q$ ) ، ( $p$  نتیجه می دهد  $q$  را) ، ( $q$  از  $p$  نتیجه می شود)

در گزاره شرطی « $p \Rightarrow q$ »،  $p$  را مقدم و  $q$  را تالی می نامیم.

ارزش گزاره شرطی « $p \Rightarrow q$ » با توجه به جدول زیر تعیین می گردد:

$p$	$q$	$p \Rightarrow q$
د	د	د
د	ن	ن
ن	د	د
ن	ن	د

همان طور که ملاحظه می کنید، گزاره شرطی  $p \Rightarrow q$  فقط زمانی دارای ارزش نادرست است که مقدم؛ یعنی  $p$  درست بوده ولی تالی یعنی  $q$  دارای ارزش نادرست باشد (از یک گزاره درست نتیجه ای نادرست حاصل شود) و در بقیه موارد ارزش « $p \Rightarrow q$ » درست است.

به ویژه وقتی که ارزش مقدم گزاره شرطی یعنی  $p$ ، نادرست باشد، همواره « $p \Rightarrow q$ » دارای ارزش درست بوده و درست یا نادرست بودن  $q$  تأثیری در ارزش گزاره « $p \Rightarrow q$ » ندارد؛ بنابراین در هر یک از دو حالت مذکور، گزاره شرطی به انتفای مقدم دارای ارزش درست است.

## ◆ مثال:

۱. گزاره‌های «اگر  $۳^۲=۶$  آنگاه، ۵ اول است» و «اگر ۸ فرد است، آنگاه  $۲ > ۴$ » هر دو به انتفای مقدم درست هستند.
۲. گزاره «اگر ۱۷ اول است آنگاه ۱۸ اول است» نادرست است.
۳. گزاره «اگر  $۴^۲=۲^۳$  آنگاه  $۳^۲ > ۲^۳$ » درست است.

**تذکر:** در تعیین ارزش گزاره‌های شرطی، در صورتی که ارزش تالی درست باشد، نمی‌توانیم ایرادی از کل گزاره شرطی بگیریم؛ زیرا نتیجه شرط، درست است و اگر از مقدم ایراد بگیریم، گوینده به راحتی می‌تواند با کلمه «اگر» که روی مقدم بیان می‌شود، ایراد را رفع کند؛ و چنانچه ارزش تالی نادرست باشد و مقدم نیز دارای ارزش نادرست باشد، درست بودن گزاره  $p \Rightarrow q$  فاقد ایراد است. (از بیان گزاره‌ای نادرست به نتیجه‌ای نادرست رسیدن، عجیب نیست!)

## فعالیت

جدول زیر را کامل کنید:

ردیف	گزاره	درست	نادرست
۱	اگر ۷ زوج است، آنگاه ۲۵ مربع کامل است.		
۲	اگر ۹ مربع کامل است، آنگاه $\sqrt{۹}$ مربع کامل است.		
۳	اگر ۲۹ اول است، آنگاه ۲ زوج است.		
۴	اگر ..... آنگاه .....		✓
۵	اگر ..... آنگاه .....	✓	
۶	اگر ۷ فرد است، آنگاه ۲۵ مربع کامل است.		
۷	اگر ..... آنگاه ۹۹ اول است.	✓	

## کار در کلاس

اگر  $p$  گزاره‌ای درست و  $q$  گزاره‌ای نادرست و  $r$  گزاره‌ای دلخواه باشد، در این صورت مانند نمونه، ارزش هر یک از گزاره‌های مرکب زیر را در صورت امکان، مشخص کنید:

۱)  $(q \Rightarrow p) \wedge r$  (ارزش گزاره  $(q \Rightarrow p)$  به انتفای مقدم درست بوده و لذا ارزش گزاره  $(q \Rightarrow p) \wedge r$  به ارزش گزاره  $r$  بستگی دارد.)

۲)  $(p \vee q) \vee r$

۳)  $(p \Rightarrow q) \wedge r$

۴)  $(r \Rightarrow p) \vee q$

۵)  $(r \Rightarrow p) \Rightarrow q$

۶)  $(p \Rightarrow q) \Rightarrow r$

۷)  $(p \wedge q) \Rightarrow r$

۴. ترکیب دو شرطی: هرگاه بخواهیم از گزاره  $p$ ، گزاره  $q$  را نتیجه بگیریم و نیز از گزاره  $q$ ، گزاره  $p$  را نتیجه بگیریم، از نماد « $\Leftrightarrow$ » استفاده کرده و می نویسیم « $p \Leftrightarrow q$ » و آن را به صورت های « $p$  نتیجه می دهد  $q$  را و  $q$  نتیجه می دهد  $p$  را»، «اگر  $p$  آنگاه  $q$  و اگر  $q$  آنگاه  $p$ »، «اگر  $p$  آنگاه  $q$  و برعکس»، « $p$  شرط لازم و کافی است برای  $q$ » و « $p$  اگر و تنها اگر  $q$ » می خوانیم. در واقع گزاره دو شرطی « $p \Leftrightarrow q$ » همان گزاره « $(p \Rightarrow q) \wedge (q \Rightarrow p)$ » است.

**تذکر:** هم ارزش بودن دو گزاره  $p$  و  $q$  را با نماد  $p \equiv q$  نشان می دهیم؛ در این صورت:

$$(p \Leftrightarrow q) \equiv [(p \Rightarrow q) \wedge (q \Rightarrow p)]$$

بنابراین با توجه به ارزش گزاره های شرطی و عطفی ارزش گزاره های دو شرطی طبق جدول زیر به دست می آید.

$p$	$q$	$p \Rightarrow q$	$q \Rightarrow p$	$(p \Rightarrow q) \wedge (q \Rightarrow p)$
د	د	د	د	د
د	ن	ن	د	ن
ن	د	د	ن	ن
ن	ن	د	د	د

همان طور که در ستون آخر مشاهده می کنید، اگر دو گزاره  $p$  و  $q$  هم ارزش باشند؛ یعنی  $p \equiv q$  (هر دو درست یا هر دو نادرست) در این صورت ارزش گزاره دو شرطی « $p \Leftrightarrow q$ »، درست است.

## فعالیت

جدول زیر را کامل کنید.

ردیف	گزاره	درست	نادرست
۱	اگر ۲ فرد است، آنگاه ۸ عددی اول است و برعکس.		
۲	اگر دو عدد فرد باشند آنگاه مجموع آنها زوج است و برعکس.		
۳	..... اگر و تنها اگر ۱۱۹ عددی مرکب است.	✓	
۴	اگر ..... آنگاه ..... و برعکس		✓
۵	یک چهار ضلعی مربع است، اگر و تنها اگر آن چهار ضلعی لوزی باشد.		
۶	اگر واریانس داده ها برابر صفر باشد؛ آنگاه داده ها با یکدیگر برابرند و برعکس		



## کار در کلاس

اگر  $p$  گزاره‌ای درست و  $q$  گزاره‌ای نادرست و  $r$  گزاره‌ای دلخواه باشد، مانند نمونه، ارزش هر یک از گزاره‌های مرکب زیر را در صورت امکان مشخص کنید:

$$۱) (p \Leftrightarrow q) \wedge r$$

$$۲) (\sim p \Leftrightarrow q) \vee r \quad \text{چون } \sim p \equiv q \text{ پس } (\sim p \Leftrightarrow q) \equiv T \text{ و لذا ترکیب فصلی یک گزاره درست با هر گزاره‌ای، دارای ارزش درست است.}$$

$$۳) (p \Leftrightarrow q) \Leftrightarrow (p \Rightarrow q)$$

$$۴) (\sim p \vee q) \Leftrightarrow (p \Rightarrow q)$$

$$۵) (\sim p \vee \sim q) \Leftrightarrow \sim(p \vee q)$$

$$۶) (r \Leftrightarrow p) \Rightarrow (p \wedge q)$$

$$۷) (p \wedge q) \Leftrightarrow (p \vee q)$$

◆ مثال: با استفاده از جدول ارزش‌ها درستی هر یک از هم‌ارزی‌های زیر را بررسی کنید:

$$\text{الف) } (p \Rightarrow q) \equiv (\sim p \vee q)$$

$$\text{ب) } (p \Rightarrow q) \equiv (\sim q \Rightarrow \sim p)$$

$$\text{پ) } \sim(p \vee q) \equiv (\sim p \wedge \sim q)$$

$$\text{ت) } p \vee (p \wedge q) \equiv p$$

$$\text{ث) } (p \vee \sim p) \equiv T \text{ و } (p \wedge \sim p) \equiv F$$

الف)

$p$	$q$	$\sim p$	$q \Rightarrow p$	$\sim p \vee q$
د	د	ن	د	د
د	ن	ن	ن	.....
ن	د	د	د	د
ن	ن	د	د	.....

ب)

$p$	$q$	$\sim p$	$\sim q$	$p \Rightarrow q$	$\sim q \Rightarrow \sim p$
د	د	ن	ن	د	د
د	ن	ن	د	ن	ن
ن	د	د	ن	د	.....
ن	ن	د	د	د	.....

۱- T ابتدای کلمه True به معنی راست (درست) و F ابتدای کلمه False به معنی دروغ (نادرست) است.

**تذکر:** گزاره  $(\sim q \Rightarrow \sim p)$  را عکس نفیض گزاره  $(p \Rightarrow q)$  می‌نامیم.

پ)

$p$	$q$	$\sim p$	$\sim q$	$(p \vee q)$	$\sim(p \vee q)$	$\sim p \wedge \sim q$
د	د	ن	ن	...	ن	...
د	ن	ن	...	د	...	...
ن	د	د	...	د	...	ن
ن	ن	د	...	...	د	...

**تذکر:** این قانون یا هم‌ارزی؛ یعنی  $\sim(p \vee q) \equiv \sim p \wedge \sim q$  و مشابه آن؛ یعنی  $\sim(p \wedge q) \equiv \sim p \vee \sim q$  به قوانین دمورگان معروف‌اند.

ث)

$p$	$\sim p$	$p \vee \sim p$	$p \wedge \sim p$
د	ن	د	ن
ن	د	د	ن

ت)

$p$	$q$	$p \wedge q$	$p \vee (p \wedge q)$
د	د	د	د
د	ن	ن	...
ن	د	ن	ن
ن	ن	ن	...

**تذکر:** گزاره‌هایی نظیر  $(p \vee \sim p)$  را گزاره‌هایی همیشه درست و  $(p \wedge \sim p)$  را همیشه نادرست می‌نامیم.

## تمرین

۱. جدول زیر را کامل کنید.

ردیف	گزاره	درست	نادرست
۱	بزرگ‌ترین معجزه پیامبر اسلام ﷺ قرآن است و اسلام آخرین دین الهی است.		
۲	اگر عددی زوج است. .... آنگاه مربع هر عدد فرد عددی زوج است.	✓	
۳	اگر تهران پایتخت ایران است؛ آنگاه ....	✓	
۴	$4 \times 2 = 2^3 \Rightarrow 8^2 > 4^2$		
۵	اگر عدد ۳ اول و عدد ۷ زوج باشد، آنگاه ۱۸ مربع کامل است.		
۶	اگر عددی زوج یا منفی باشد، آنگاه عدد ۵ اول است.		
۷	اگر فارابی معلم ثانی است، آنگاه افلاطون معلم اول است.		
۸	امام خمینی <small>رحمته</small> در سال ۱۳۴۳ تبعید و در سال ۱۳۵۷ به ایران بازگشتند.		
۹	حضرت علی <small>علیه السلام</small> اولین مردی است که پس از پیامبر، اسلام آوردند و .....	✓	
۱۰	اگر ..... آنگاه ..... و برعکس	✓	

۲. اگر  $p$  گزاره‌ای درست و  $q$  گزاره‌ای نادرست و  $r$  گزاره‌ای دلخواه باشد، ارزش هر یک از گزاره‌های مرکب زیر را در صورت امکان مشخص کنید:

الف)  $(p \vee r) \Rightarrow p$

ب)  $(q \wedge r) \Rightarrow r$

پ)  $(p \wedge q) \Leftrightarrow (\sim p \wedge r)$

ت)  $(\sim q \Rightarrow p) \Leftrightarrow (p \Leftrightarrow q)$

ث)  $(p \Rightarrow q) \Leftrightarrow (\sim q \Rightarrow \sim p)$

ج)  $(q \vee r) \Rightarrow (r \Rightarrow p)$

چ)  $(\sim p \Rightarrow r) \Rightarrow \sim q$

ح)  $(\sim q \Rightarrow \sim p) \wedge r$

خ)  $(r \Rightarrow p) \wedge p$

۳. درستی هر یک از هم‌ارزی‌های زیر را با استفاده از جدول ارزش‌ها نشان دهید:

الف)  $\sim(p \wedge q) \equiv (\sim p \vee \sim q)$

ب)  $p \wedge (q \vee r) \equiv (p \wedge q) \vee (p \wedge r)$

پ)  $p \wedge (p \vee q) \equiv p$

ت)  $(p \Rightarrow p) \equiv T$

ث)  $(p \vee \sim q) \wedge (p \vee q) \equiv p$

ج)  $(p \wedge \sim q) \vee (p \Rightarrow q) \equiv T$

## درس ۲

## استدلال ریاضی

در درس گذشته با انواع گزاره‌ها و جدول ارزشی گزاره‌ها آشنا شدید. از طرفی در سال گذشته انواع استدلال‌های منطقی و قیاس‌ها را در کتاب منطق خود فراگرفتید. در این درس ابتدا به نحوه تبدیل گزاره‌های توصیفی به نمادهای ریاضی و سپس با استفاده از قواعد و قضایای منطقی به استدلال ریاضی می‌پردازیم. در اینجا منظور از استدلال ریاضی استفاده از ریاضی و نیز قواعد منطق گزاره‌ها در حل مسائل و همچنین اثبات یا رد یک گزاره به کمک ریاضی است.

اولین گام برای استدلال ریاضی این است که یک عبارت توصیفی را به زبان ریاضی بازنویسی کنیم. در ادامه با مثال‌هایی از تبدیل عبارت‌های توصیفی به زبان و نمادهای ریاضی آشنا می‌شوید.

**مثال ۱:** سال گذشته با عبارت زیر آشنا شدید.

«ما و ما و نصف ما و نیمه‌ای از نصف ما، گر تو هم با ما شوی، ما جملگی صد می‌شویم.»

اکنون عبارت فوق را به صورت نماد ریاضی بازنویسی می‌کنیم. کافی است به جای «ما» در ابتدای عبارت از  $x$  استفاده کنیم.

در این صورت خواهیم داشت:

$$x + x + \frac{1}{2}x + \frac{1}{2}\left(\frac{1}{2}x\right) + 1 = 100 \rightarrow 2x + \frac{3}{4}x + 1 = 100 \rightarrow \frac{11}{4}x + 1 = 100$$

بنابراین عبارت توصیفی فوق به صورت « $\frac{11}{4}x + 1 = 100$ » بازنویسی شد که به وضوح یک معادله ریاضی است.

**مثال ۲:** به عبارت زیر که عیناً از کتاب خلاصه الحساب انتخاب شده است، توجه کنید:

عَدَدٌ ضُرِبَ فِي نِصْفِهِ وَزَيْدٌ عَلَى الْخَاصِلِ إِثْنَا عَشَرَ حَصَلَ خَمْسَةُ أَمْثَالِ الْعَدَدِ.

«عددی را در نصف خودش ضرب کردیم، آنگاه بر حاصل ضرب عدد ۱۲ را افزودیم. حاصل ۵ برابر عدد منظور شد.»

برای تبدیل عبارت کلامی بالا به صورت نماد ریاضی، به صورت زیر عمل می‌کنیم:

عدد منظور را  $x$  در نظر بگیرید. در نتیجه عبارت بالا به صورت زیر در خواهد آمد:

$$x \times \left(\frac{1}{2}x\right) + 12 = 5x \Rightarrow \frac{1}{2}x^2 + 12 = 5x \Rightarrow \frac{1}{2}x^2 - 5x + 12 = 0$$

عبارت فوق یک معادله درجه دوم است.

**مثال ۳:** عبارت «ده درصد قیمت فروش کالایی، برابر سود آن است.» را به صورت نماد ریاضی بیان می‌کنیم.  
کافی است قیمت فروش این کالا را  $x$  و قیمت خرید آن را  $y$  در نظر بگیریم:

$$\frac{10}{100}x = x - y$$

## کار در کلاس

- عبارات زیر را به صورت نماد ریاضی بازنویسی کنید.
- الف) عددی به علاوه پنج، مساوی دو برابر آن عدد است.
- ب) حاصل ضرب دو عدد حقیقی، برابر مجموعشان است.
- ج) حاصل ضرب عددی در خودش به علاوه ۳ بزرگ‌تر از خودش است.

## خواندنی ۱

کورت گودل (Kurt Gödel) یک ریاضی‌دان برجسته اتریشی است که در زمینه منطق، به ویژه تبدیل عبارات به نماد ریاضی تلاش‌های بسیاری انجام داد. نتیجه تحقیقات او در منطق ریاضی سبب پیدایش تحولات شگرفی در علم منطق به ویژه منطق ریاضی شد. قضایای معروف او موسوم به «قضایای ناتمامیت گودل» که در سال ۱۹۳۱ منتشر شدند فهم بشر را از نارسایی‌های موجود در دستگاه‌های منطقی سازگار<sup>۱</sup> دگرگون کرد. قضایای او به عنوان یکی از بزرگ‌ترین بحران‌های تاریخ ریاضیات شناخته می‌شوند. وی با تبدیل برخی گزاره‌ها به عبارات پیچیده ریاضی به کمک اعداد اول نشان داد که در هر دستگاه منطقی سازگار همواره گزاره‌هایی وجود دارند که یا درست هستند یا نادرست؛ ولی ما هرگز نمی‌توانیم درستی یا نادرستی آنها را ثابت کنیم و لذا همه دستگاه‌های منطقی سازگار، ناقص هستند. وی چنین گزاره‌هایی را «گزاره‌های اثبات ناپذیر» می‌نامد. کارهای او از جمله «کدگذاری گودلی» بعدها در زمینه‌های مختلفی به ویژه در علوم رایانه و رمزنگاری استفاده شد. امروزه از تکنیک‌های مشابهی برای تولید بارکد محصولات استفاده می‌شود. در این بارکدها ابتدا یک عبارت توصیفی به عبارت ریاضی (معمولاً یک عدد) و سپس به یک شکل هندسی تبدیل می‌شود. نمونه‌ای از این بارکدها را در زیر می‌بینید. با استفاده از نرم‌افزارهای بارکدخوان عبارت متناظر با این بارکدها را بیابید. در کتاب منطق با انواع قیاس‌ها آشنا شدید. قیاس‌ها ابزارهای مهمی در استدلال و به ویژه استدلال ریاضی هستند.



۱- دستگاه منطقی مجموعه‌ای از اصول و قواعد منطقی است که درست پذیرفته می‌شوند. یک دستگاه منطقی را وقتی سازگار گوئیم که با ترکیب اصول و قواعد آن نتوان هیچ یک از پارادوکس‌های شناخته شده را اثبات کرد.

یکی از انواع قیاس‌ها که در استدلال‌های ریاضیاتی کاربرد فراوان دارد، «قیاس استثنایی» است. در زیر با ذکر مثالی از این نوع قیاس آن را یادآوری می‌کنیم.

**مقدمه ۱:** اگر امشب شب چهاردهم ماه باشد، آنگاه ماه کامل است.

**مقدمه ۲:** امشب، شب چهاردهم ماه است.

**نتیجه:** ماه کامل است.

استدلال بالا را می‌توان به‌طور کلی به شکل زیر صورت بندی کرد.

اگر الف آنگاه ب

الف

∴ ب

و یا با استفاده از نمادگذاری‌های درس قبل داریم:

$$p \rightarrow q$$

$$\frac{p}{\therefore q}$$

که در اینجا سه نقطه (∴) نماد نتیجه است.

گاهی از این قیاس به شکل نادرست استفاده می‌شود و منجر به نتیجه‌گیری نادرست می‌شود. به این گونه استدلال‌های مغالطه می‌گویند. در زیر به مثالی از این نوع پرداخته شده است.

**مثال ۱:** آرش معتقد است که «هرکس از من متنفر است، پشت سر من حرف می‌زند. از طرفی سعید پشت سر من حرف زده

است. پس سعید از من متنفر است».

برای بررسی درستی یا نادرستی استدلال آرش ابتدا مقدمات استدلال او را در زیر مرتب کرده‌ایم:

اگر کسی از من متنفر باشد، آنگاه پشت سر من حرف می‌زند.

$q$

$p$

سعید پشت سر من حرف زده است.

$q$

$$p \rightarrow q$$

$$\frac{q}{\therefore p}$$

سعید از من متنفر است:  $p$

در واقع استدلال آرش به صورت روبه‌رو است:

در حالی که در قیاس استثنایی مقدمه دوم باید  $p$  باشد و نه  $q$ . پس استدلال آرش نادرست است.

با استفاده از نمادهای ریاضی و قواعد منطقی می‌توان مسائل زیادی را حل کرد. استفاده از نمادهای ریاضی اغلب باعث شفاف‌تر

شدن مسئله و سهولت در به‌کارگیری قواعد منطقی می‌شود. در زیر به نمونه‌ای از استدلال ریاضی در حل مسائل پرداخته شده است.

## کار در کلاس

۱. با استفاده از جدول ارزشی، درستی قاعده قیاس استثنایی  $(p \Rightarrow q) \wedge p \Rightarrow q$  را نشان دهید.
۲. در هر یک از استدلالات زیر جای خالی را با عبارت مناسب پر کنید تا قیاس کامل شود.
- دو خط هیچ‌گاه یکدیگر را قطع نمی‌کنند:  $q \Rightarrow$  دو خط موازی باشند:  $p$
- $x: p > 0 \rightarrow q: x^2 > 0$
- $p: 3 > 0$  .....

خطوط  $L_1$  و  $L_2$  هیچ‌گاه یکدیگر را قطع نمی‌کنند.  $\therefore$ .....

**مثال ۲:** سه لیوان همانند شکل زیر داریم که یکی از آنها وارونه است. می‌خواهیم همه آنها در حالت درست (رو به بالا) قرار گیرند. ولی مجاز هستیم تا هر بار دقیقاً دو لیوان را تغییر وضعیت دهیم (اگر وارونه است، آن را درست کنیم و برعکس) سؤال این است که آیا این کار امکان‌پذیر است؟ اگر بلی با چند حرکت مجاز؟ امتحان کنید!

**پاسخ:** به کمک یک استدلال ساده ریاضی که در ادامه می‌آید، نشان می‌دهیم که این کار امکان‌پذیر نیست. برای این کار داریم:

تعداد لیوان‌های وارونه  $s =$

وضعیت فعلی (یک لیوان وارونه است):  $s = 1$

وضعیت مطلوب (هیچ لیوانی وارونه نباشد):  $s = 0$

حرکت مجاز: در هر بار دقیقاً دو لیوان تغییر وضعیت دهد.



حالات ممکن در هر حرکت مجاز در حالت کلی

- $s - 2 \rightarrow$  تعداد لیوان‌های وارونه دو تا کم می‌شود  $\rightarrow$  دو لیوان درست می‌شود
- $s + 2 \rightarrow$  تعداد لیوان‌های وارونه دو تا اضافه می‌شود  $\rightarrow$  دو لیوان وارونه می‌شود
- $s + 0 \rightarrow$  یک لیوان درست و یک لیوان وارونه می‌شود

بنابراین  $s$  همیشه به اندازه عددی زوج (یا ۲- یا ۲+ یا ۰) تغییر می‌یابد و هرگز از ۱ به ۰ کاهش نمی‌یابد.

## کار در کلاس

۱. مثال سه لیوان را در حالت زیر بررسی کنید. آیا فقط یک راه حل دارد؟



۲. مثال سه لیوان را برای حالتی که بیش از ۳ لیوان داریم و تعداد فردی از لیوان‌ها را که وارونه هستند، بررسی کنید. آیا استدلال گفته شده در آنجا قابل تعمیم به حالت اخیر است؟

**تذکر:** در درس قبل دیدیم که دو گزاره شرطی  $p \Rightarrow q$  و  $\sim p \Rightarrow \sim q$  هم ارزند. به عبارت دیگر اگر بخواهیم ثابت کنیم گزاره شرطی  $p \Rightarrow q$  درست است و این کار دشوار باشد، به جای آن می توان ثابت کرد  $\sim q \Rightarrow \sim p$  درست است. در این حالت می گوئیم عکس نقیض گزاره اصلی را ثابت می کنیم.

**مثال ۳:** ثابت کنید «اگر  $n^2$  زوج باشد آنگاه  $n$  زوج است ( $n \in Z$ )».

اگر فرض کنیم

$n^2$  زوج است:  $p$

$n$  زوج است:  $q$

و بخواهیم از درستی گزاره  $p$  به گزاره  $q$  برسیم، مسیر اثبات دشوار است. برای این کار از عکس نقیض گزاره  $p \Rightarrow q$  یعنی  $\sim p \Rightarrow \sim q$  استفاده می کنیم. یعنی نشان می دهیم اگر  $n$  زوج نباشد (یعنی فرد باشد، چون حالت دیگری وجود ندارد)، آنگاه  $n^2$  زوج نیست (یعنی  $n^2$  فرد است).

$$n \Rightarrow n = 2k + 1 \Rightarrow n^2 = (2k + 1)^2 = 4k^2 + 4k + 1 \Rightarrow n^2 = 2(\underbrace{2k^2 + 2k}_m) + 1$$

$$\Rightarrow n^2 = 2m + 1$$

تساوی اخیر نشان می دهد که  $n^2$  فرد است و لذا حکم به دست می آید.

گاهی در یک استدلال یا اثبات ریاضی دچار خطا می شویم. یافتن خطا در یک استدلال برای رفع ایراد آن بسیار مهم است. گاهی یک استدلال غلط برای سال ها درست پنداشته می شود تا اینکه دانشمندی به غلط بودن آن پی می برد. کشف محل اشکال در یک استدلال همواره ساده نیست و نیاز به مهارت و دقت دارد. به مثال های زیر دقت کنید.

**مثال ۱:** دانش آموزی ادعا می کند که معادله  $x^2 - x = 0$  تنها یک ریشه دارد و آن  $x = 1$  است. استدلال او در زیر آمده است.

$$۱) x^2 - x = 0$$

$$۲) x(x - 1) = 0 \quad \text{تجزیه معادله}$$

$$۳) \frac{x(x-1)}{x} = \frac{0}{x} \quad \text{تقسیم طرفین بر } x \text{ و ساده سازی}$$

$$۴) x - 1 = 0 \quad \text{حاصل ساده سازی و تبدیل به معادله ساده تر}$$

$$۵) x = 1 \quad \text{جواب معادله}$$

ایراد این استدلال در این است که در گام سوم اجازه تقسیم بر  $x$  وجود ندارد، چون  $x$  ممکن است صفر باشد و عبارت بی معنا می شود.

**مثال ۲:** دانش آموزی گزاره « $a < b \Rightarrow ac < bc$ » را که  $a, b, c$  و اعداد حقیقی اند، به صورت زیر ثابت کرده است. ایراد

این استدلال را پیدا کنید.

$$۱) a < b$$

$$۲) a + c < b + c \quad \text{طرفین را با } c \text{ جمع می کنیم.}$$

$$۳) c(a + c) < c(b + c) \quad \text{طرفین نامساوی قبل را در } c \text{ ضرب می کنیم.}$$

$$۴) ac + c^2 < bc + c^2 \quad \text{را در پراترها ضرب می کنیم.}$$

$$۵) ac + \cancel{c^2} < bc + \cancel{c^2} \quad \text{چون } c^2 \text{ عددی همواره مثبت است، می توان آن را از طرفین کم کرد.}$$

$$۶) ac < bc$$



ایراد این استدلال در گام سوم است. چون علامت  $c$  معلوم نیست (ممکن است مثبت یا منفی باشد)؛ پس نمی‌توان آن را در طرفین نامساوی ضرب کرد. به‌عنوان مثال اگر  $a=1$  و  $b=2$  و  $c=-1$  باشد، آنگاه گزاره فوق معادل است با « $-2 < -1 \Rightarrow 1 < 2$ » که آشکارا نادرست است.

## کار در کلاس

سؤال زیر در یک امتحان ریاضی داده شده است.

«اگر  $a = \frac{a-d}{c-d}$  آنگاه مطلوب است  $d$ . ( $a \neq 1$ )»

استدلال‌های زیر را برای به‌دست آوردن  $d$  از برگه‌های امتحانی دانش‌آموزان آورده‌ایم. کدام یک از استدلال‌ها درست و کدام نادرست است؟ دلیل نادرستی هر استدلال غلط را بیان کنید.

(الف)

$$۱) \cancel{a} = \frac{\cancel{a} - d}{c - d}$$

$$۲) 0 = \frac{-d}{c - d}$$

$$۳) d = 0$$

(ب)

$$۱) a = \frac{a-d}{c-d}$$

$$۲) ac - ad = a - d$$

$$۳) ac - a = ad - d$$

$$۴) a(c-1) = (a-1)d$$

$$۵) \frac{\cancel{a}(c-1)}{\cancel{a}-1} = d$$

$$۶) -(c-1) = d$$

(پ)

$$۱) a = \frac{a-d}{c-d}$$

$$۲) a(c-d) = a-d$$

$$۳) ac - a = ad - d$$

$$۴) ac - a = (a-1)d$$

$$۵) \frac{ac-a}{a-1} = d$$

## تمرین

۱. گزاره‌های زیر را به صورت نماد ریاضی بازنویسی کنید.  
 الف) دو برابر جذر عددی برابر خودش است.  
 ب) مکعب یک عدد، بزرگ‌تر از هفت برابر آن عدد، به علاوه پنج است.  
 پ) مجموع معکوس‌های دو عدد بزرگ‌تر یا مساوی مجموع آن دو عدد است.  
 ت) مجموع مکعبات دو عدد بزرگ‌تر یا مساوی مکعب مجموع آن دو عدد است.  
 ث) هر عدد ناصف‌ری از معکوس خود بزرگ‌تر یا مساوی با آن است.
۲. در هر مورد گزاره‌ای همراه با یک استدلال نادرست برای آن داده شده است. دلیل نادرستی استدلال را بیان کنید.  
 الف) اگر طول و عرض یک مستطیل را دو برابر کنیم، آنگاه مساحت آن نیز دو برابر می‌شود.

$x$  : طول

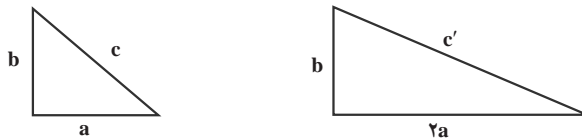
$y$  : عرض

مساحت  $S = xy$

مساحت دو برابر شده است.  $\rightarrow 2(xy) = 2 \underbrace{xy}_S = 2S$

ب) در یک مثلث قائم‌الزاویه به اضلاع قائمه  $a$  و  $b$  وتر  $c$  همانند شکل زیر اگر ضلع  $a$  را دو برابر کنیم، آنگاه وتر آن نیز دو

برابر می‌شود.



استدلال: می‌دانیم در مثلث قائم‌الزاویه روبه‌رو قضیه فیثاغورث به صورت زیر برقرار است:

$$c^2 = a^2 + b^2$$

اکنون این رابطه را برای مثلث قائم‌الزاویه جدید نیز می‌نویسیم:

$$c'^2 = (2a)^2 + b^2 = 4a^2 + b^2 = 4(\underbrace{a^2 + b^2}_{c^2}) = 4c^2 \Rightarrow c'^2 = 4c^2 \Rightarrow c' = 2c$$

پس وتر دو برابر شده است.

ب) تساوی  $\sqrt{\frac{12 \times 3 + 4 \times 16}{6}} = 2\sqrt{11}$  برقرار است.

$$\sqrt{\frac{12 \times 3 + 4 \times 16}{6}} = \sqrt{\frac{12 \times \cancel{x} + 4 \times 16}{2 \times \cancel{x}}} = \sqrt{\frac{12 + \cancel{x} \times 16}{\cancel{x}}} = \sqrt{12 + 32} = \sqrt{44} = \sqrt{4 \times 11} = 2\sqrt{11}$$

## خواندنی

بهاء‌الدین محمد بن حسین عاملی معروف به شیخ بهایی در ذیحجه ۹۵۳ هجری قمری (برابر با پنجشنبه ۸ اسفند ۹۲۵ خورشیدی، و ۲۷ فوریه ۱۵۴۷ در بعلبک، به دنیا آمد و در شوال ۱۰۳۰ هجری قمری (۸ شهریور ۱۰۰۰ خورشیدی، و ۳۰ اوت ۱۶۲۱) در فانی را در اصفهان وداع گفت).

شیخ بهایی حکیم، فقیه، عارف، منجم، ریاضی‌دان، شاعر، ادیب، مورخ و دانشمند نامدار قرن دهم و یازدهم هجری است که در دانش‌های فلسفه، منطق، هیئت و ریاضیات تبحر داشت. حدود ۹۵ کتاب و رساله از او در سیاست، حدیث، ریاضی، اخلاق، نجوم، عرفان، فقه، مهندسی و هنر و فیزیک بر جای مانده است. به پاس خدماتی که وی به علم ستاره‌شناسی کرده است، یونسکو در سال ۲۰۰۹ که مصادف با سال نجومی بوده نام وی را در فهرست مفاخر ایران ثبت کرد.

شخصیت علمی و ادبی و اخلاق او باعث شد تا در ۴۳ سالگی شیخ‌الاسلام اصفهان شود و در پی انتقال پایتخت از قزوین به اصفهان (در ۱۰۰۶ قمری)، از ۵۳ سالگی تا آخر عمر (۷۵ سالگی) منصب شیخ‌الاسلامی پایتخت صفوی را در دربار مقتدرترین شاه صفوی، شاه عباس بزرگ بر عهده داشته باشد.

مهارت وی در ریاضی، معماری و مهندسی معروف بوده و از مهم‌ترین خدمات شیخ بهایی در رونق بخشیدن به شهر اصفهان، تعیین سمت قبله مسجد شاه اصفهان است. این قبله‌یابی که با استفاده از ابزارهای آن زمان صورت پذیرفته، هفت درجه با جهت واقعی قبله اختلاف دارد. تقسیم آب زاینده رود به محلات اصفهان و روستاهای مجاور رودخانه، ساخت گلخن گرمابه‌ای که هنوز در اصفهان معروف به حمام شیخ بهایی است و طراحی منارجنبان اصفهان که هم‌اکنون نیز پا برجاست، به او نسبت داده می‌شود. همچنین طرح‌ریزی کاریز نجف‌آباد - اصفهان است که به نام قنات زرین کمر، (یکی از بزرگ‌ترین کاریزهای ایران) و معماری مسجد شاه اصفهان و مهندسی حصار نجف و شاخص تعیین اوقات شرعی (ساعت آفتابی در مغرب مسجد شاه) را به او نسبت می‌دهند.

## خواندنی : منطق فازی و کاربردها

در این فصل آموختید که هر گزاره یا درست است و یا نادرست. سپس بر اساس قواعد منطق و دانستن ارزش گزاره‌ها (اعم از ساده و ترکیبی) به استدلال ریاضی پرداختید. در زندگی روزمره معمولاً هدف از استدلال کشف ارزش یک گزاره و سپس تصمیم‌گیری است. مثلاً طبق قانون کار اگر دمای هوا  $5^{\circ}$  درجه سانتی‌گراد یا بیشتر باشد مدارس، بانک‌ها و برخی از شرکت‌ها و ادارات تعطیل می‌شوند. اکنون ارزش گزاره «فردا دمای هوا  $5^{\circ}$  درجه است» بسیار مهم می‌باشد چرا که مستقیماً بر تصمیم‌مدیران برای تعطیل کردن اداره متبوع خود تأثیر می‌گذارد. به‌رحال با رجوع به پیش‌بینی‌های رسمی هواشناسی درستی یا نادرستی این گزاره قابل حصول است. اما تصمیم‌گیری همیشه به این آسانی نیست. در واقع همواره می‌توان موقعیت‌هایی را تجسم کرد که در آن باید ارزش یک عبارت را جهت تصمیم‌گیری تعیین کنیم که آن عبارت یک گزاره (به معنایی که در درس اول خواندید) نیست. مثلاً می‌دانیم اگر هوا سرد باشد باید لباس گرم بپوشیم. اکنون درباره ارزش عبارت «فردا هوا سرد است» چگونه می‌توان داور کرد؟! از آنجا که «سرد» بودن یک صفت کیفی است می‌دانیم که این عبارت

یک گزاره نیست. اما بالاخره باید تکلیف خود را با پوشیدن یا نپوشیدن لباس گرم مشخص کنیم و این یعنی باید به نوعی برای عبارت فوق ارزش گذاری صورت گیرد. موقعیت های تصمیم گیری بسیار زیادی در زندگی انسانی به وجود می آید که باید درباره ارزش عباراتی مشابه فوق داوری کنیم. مثلاً در یک کتاب آشپزی نوشته می شود «نمک به مقدار لازم اضافه کنید». اکنون اگر بخواهید برای یک میهمانی مهم آشپزی کنید تصمیم گیری برای اینکه چقدر نمک به غذا اضافه کنید را چگونه انجام می دهید؟ معمولاً انسان ها در چنین مواقعی به طور تقریبی و با حدس و آزمایش و استفاده از تجربیات گذشته خود به نوعی از ارزش گذاری و تصمیم گیری دست می زنند. بدیهی است که این ارزش گذاری ها همیشه با خطر خطا بودن همراه هستند. اکنون فرض کنید که بخواهیم یک روبات آشپز طراحی کنیم. به نظر شما چگونه باید ذهن و ساختار منطقی این روبات را برای تصمیمات این چنینی آماده کرد؟ اکنون روبات های دیگری را در نظر بگیرید که باید مانند یک انسان در خصوص مسائل مشابهی مثل گرما و سرمای هوای اتاق، خوب بودن هوای شهر، خوش بو بودن عطر و... تصمیم گیری کنند. در همه این مواقع ما با صفات کیفی روبه رو هستیم.

به نظر می رسد در این مواقع دیگر منطق گزاره ها که مبتنی بر دو ارزش درست یا نادرست (معادل ۰ یا ۱) می باشد راه گشا نیست. منطق دانان به کمک ریاضی دانان برای سال های متمادی بر روی ارزش گذاری و تصمیم گیری در چنین مواقعی



که گزاره ها مبهم و داده ها ناقص هستند پژوهش کرده اند که منجر به پیدایش «منطق های چند ارزشی»<sup>۱</sup> شد. در سال ۱۹۶۵ میلادی یک دانشمند ایرانی بنام لطفی علی عسکرزاده (معروف به زاده) نوعی از منطق چند ارزشی به نام «منطق فازی»<sup>۲</sup> را بنیان نهاد که بسیار پرکاربرد شد. براساس این منطق هر عبارت نه تنها یکی از دو ارزش ۰ یا ۱ بلکه هر عدد

حقیقی بین این دو عدد را می تواند اختیار کند. در واقع او با این کار مفهوم درستی یک گزاره را یک طیف در نظر گرفت که می تواند دارای درجات متفاوتی باشد. مثلاً در نوار زیر کدام نقطه محل رنگ آبی را مشخص می کند؟ آیا فقط یک نقطه وجود دارد؟ رنگ های متناظر با این نقاط چه تفاوتی با هم دارند؟

مفهوم درجه درستی از آنجا ناشی می شود که در زندگی روزمره به ندرت می توان با قاطعیت در مورد درستی یا نادرستی یک عبارت تصمیم گرفت بلکه همواره باید از میزان درستی عبارات که در بطن خود نوعی مفهوم احتمالی دارد سخن گفت. منطق فازی یکی از اصلی ترین ابزارها در توسعه هوش مصنوعی که اساس طراحی روبات ها می باشند است. به کمک منطق فازی می توان روبات هایی را طراحی کرد که همانند انسان قابلیت یادگیری و کسب تجربه در طول زمان و استفاده از تجربیات خود در تصمیم گیری ها را داشته باشند.



سیستم های ناوبری هوشمند در صنایع ریلی بسیار پر کاربرد هستند



ماشین لباس شویی هوشمند مبتنی بر منطق فازی



بلورهای هوشمند مبتنی بر منطق فازی به طور اتوماتیک زمان و دمای لازم برای پخت را تنظیم می کنند



خودرو هوشمند مجهز به راننده اتوماتیک مبتنی بر منطق فازی

۱- Multi-Valued Logic

۲- Fuzzy Logic

## فصل ۲- تابع

توابع ثابت، چند ضابطه‌ای و همانی

درس ۱

توابع پلکانی و قدرمطلق

درس ۲

اعمال بر روی توابع

درس ۳



اجرای طرح کانال اتصال زرینه‌رود به سیمینه‌رود / احیای دریاچه ارومیه

عکس : بیژن شیخ‌علیزاده

## درس ۱

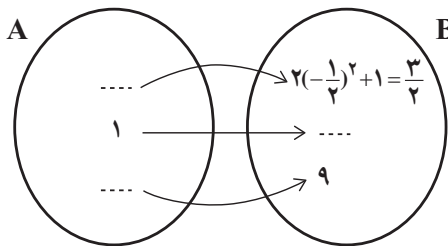
## توابع ثابت، چندضابطه‌ای و همانی

در سال گذشته با مفاهیم تابع، دامنه و برد آشنا شدیم.

## فعالیت

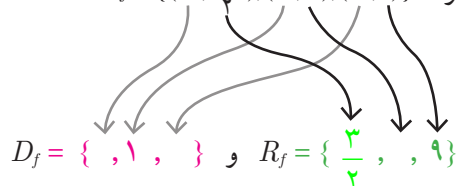
اگر  $A = \{-\frac{1}{2}, 1, 2\}$  و  $f: A \rightarrow B$  باشد، با توجه به نمایش‌های خوانده‌شده در سال قبل برای بیان یک رابطه:

الف. در نمایش پیکانی با توجه به ضابطه  $f$  و مجموعه  $A$ ، داریم:

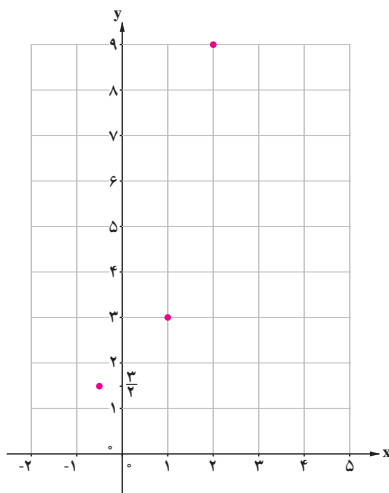


بنابراین برد  $f$  مجموعه  $B = \{\frac{3}{4}, 1, 9\}$  است. نمایش پیکانی رابطه فوق بیانگر یک تابع است؛ زیرا از هر عضو مجموعه  $A$ ، دقیقاً ..... خارج شده است.

ب. نمایش زوج مرتبی مثال بالا به صورت  $f = \{(-\frac{1}{2}, \frac{3}{4}), (1, 1), (2, 9)\}$  است که:



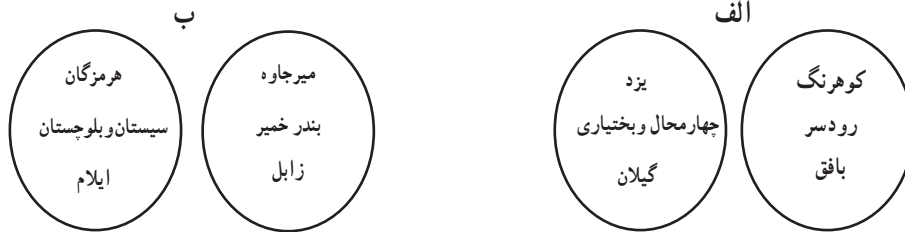
مجموعه‌های دامنه و برد تابع  $f$  را تشکیل می‌دهند.



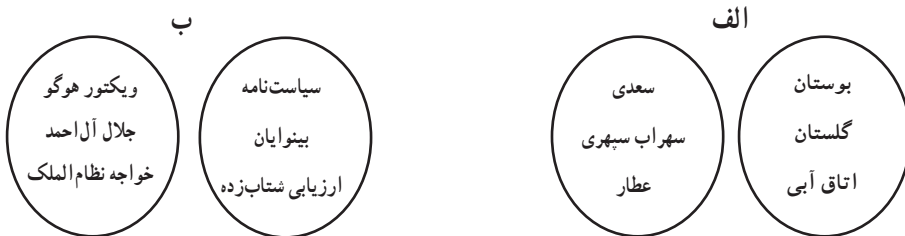
ج. نمایش مختصاتی آن نیز چنین است: تصویر این نقاط بر روی محور  $x$ ها؛ یعنی  $\{-\frac{1}{2}, 1, 2\}$  دامنه تابع و تصویر همین نقاط بر روی محور  $y$ ها  $\{\frac{3}{4}, 1, 9\}$  برد تابع نامیده می‌شود.

## کار در کلاس

ابتدا با پیکان‌های مناسب رابطه‌ی خواسته‌شده را کامل کنید.  
۱. رابطه‌ای که به هر استان، شهری از خود استان را نسبت می‌دهد.



۲. رابطه‌ای که به خالق کتاب، کتابش را نسبت می‌دهد.



حال جدول زیر را با توجه به رابطه‌هایی که در قسمت ۱ و ۲ «تابع» هستند، کامل کنید.

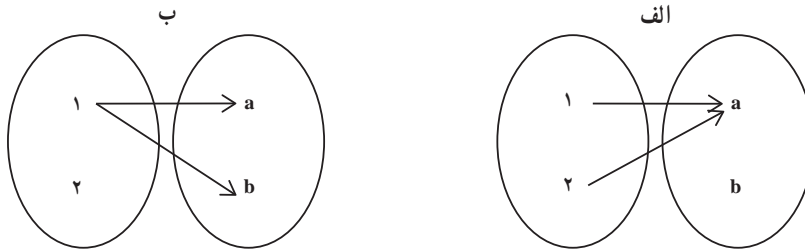
نمایش مختصاتی	نمایش زوج مرتبی	نمایش پیکانی	
	$\{ ( \quad , \quad ) , ( \quad , \quad ) , ( \quad , \quad ) \}$		۱
	$\{ ( \quad , \quad ) , ( \quad , \quad ) , ( \quad , \quad ) \}$		۲

با توجه به جدول بالا :

- الف. نمایش پیکانی یک رابطه، وقتی تابع است که .....
- ب. نمایش زوج مرتبی یک رابطه، وقتی تابع است که .....
- ج. نمایش مختصاتی یک رابطه، وقتی تابع است که .....

# تمرین

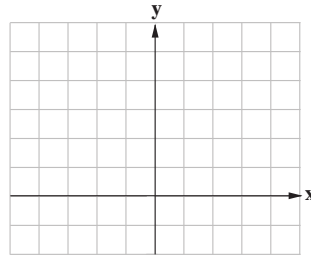
۱. کدام یک از رابطه‌های زیر که با نمودار بیکانی نمایش داده شده‌اند، تابع نیست؟ چرا؟



۲. کامل کنید :

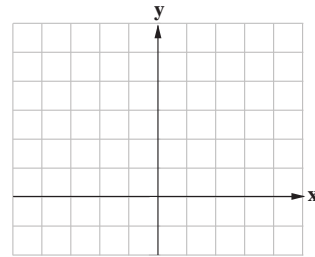
$$\begin{cases} f: A \rightarrow B \\ f(x) = x^2 - 1 \end{cases}$$

$$D_f = A = \{-2, -1, 2\} \quad R_f = \{ \quad , \quad , \quad \}$$



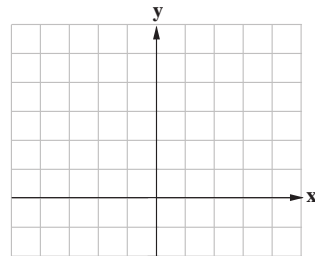
$f$  تابعی خطی از  $A$  به  $B$   
 $f(x) =$

$$D_f = \{-\frac{1}{2}, 0, 2\} \quad R_f = \{-\frac{3}{2}, 0, 6\}$$



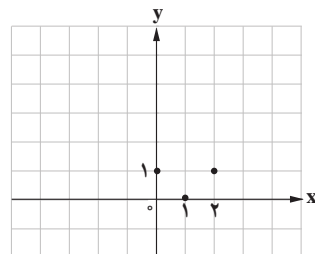
$$\begin{cases} f: A \rightarrow B \\ f(x) = \frac{1}{x} \end{cases}$$

$$D_f = \{ \quad , \quad , \quad \} \quad R_f = \{1, \frac{1}{2}, \frac{1}{5}\}$$



$$\begin{cases} f: A \rightarrow B \\ f(x) = (x-1)^2 \end{cases}$$

$$D_f = \{ \quad , \quad , \quad \} \quad R_f = \{ \quad , \quad \}$$





## انواع توابع (ثابت، چندضابطه‌ای و همانی)

یکی از کاربردهای تابع، «مدل‌سازی مسائل واقعی» است. به مثال زیر توجه کنید:

مدیران یک فروشگاه به دلایلی\* تصمیم گرفته‌اند هزینه استفاده از توقفگاه فروشگاه را برای مشتریان خود به صورت هوشمند تعیین کنند. پیش از این، هزینه استفاده از توقفگاه ثابت بوده است (مستقل از ساعت و روز هفته).

برای اجرای این تصمیم ابتدا به کمک دوربین‌های مدار بسته، در ورودی توقفگاه و به کمک «روش مشاهده» تعداد خودروهای ورودی در سومین هفته هر فصل شمارش شده است. با توجه به نبود داده دورافتاده، برای تعیین تعداد خودروهای ورودی در هر ساعت از روزهای کاری فروشگاه از شاخص آماری میانگین استفاده شده است. این اطلاعات در جدول ۱ نمایش داده شده است:

جدول ۱. میانگین ورود خودرو به توقفگاه در هر ساعت کاری فروشگاه

روز هفته	نخستین ساعت (۸-۹)	دومین ساعت (۹-۱۰)	سومین ساعت (۱۰-۱۱)	چهارمین ساعت (۱۱-۱۲)	پنجمین ساعت (۱۲-۱۳)	ششمین ساعت (۱۳-۱۴)	هفتمین ساعت (۱۴-۱۵)	هشتمین ساعت (۱۵-۱۶)	نهمین ساعت (۱۶-۱۷)	دهمین ساعت (۱۷-۱۸)	یازدهمین ساعت (۱۸-۱۹)	دوازدهمین ساعت (۱۹-۲۰)
شنبه	۳۰	۴۰	۵۰	۴۰	۵۰	۴۰	۳۰	۳۰	۵۰	۵۰	۵۰	۶۰
یکشنبه	۱۱۰	۱۳۰	۱۵۰	۱۶۰	۱۵۰	۱۴۰	۱۳۰	۱۴۰	۱۶۰	۱۷۰	۱۷۰	۱۶۰
دوشنبه	۲۱۰	۲۱۰	۲۳۰	۲۱۰	۲۳۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۱۰	۲۴۰	۲۴۰	۲۳۰	۲۵۰
سه‌شنبه	۱۲۰	۱۱۰	۱۸۰	۱۸۰	۱۸۰	۱۶۰	۱۵۰	۱۴۰	۳۲۰	۳۴۰	۳۴۰	۳۶۰
چهارشنبه	۳۰	۴۰	۹۰	۹۰	۶۰	۵۰	۱۸۰	۲۷۰	۳۵۰	۴۹۰	۵۷۰	۶۸۰
پنج‌شنبه	۲۰	۱۲۰	۲۳۰	۳۴۰	۴۱۰	۵۱۰	۶۱۰	۷۲۰	۸۹۰	۹۳۰	۱۰۷۰	۱۱۲۰
جمعه	۱۲۰	۲۱۰	۳۴۰	۴۲۰	۵۱۰	۶۲۰	۷۱۰	۸۲۰	۹۴۰	۱۰۹۰	۵۲۰	۴۱۰

با در نظر گرفتن جدول ۱، هزینه توقفگاه از روز شنبه تا چهارشنبه مطابق جدول ۲ تعیین شده است:

جدول ۲. هزینه توقفگاه با توجه به میانگین خودروهای ورودی

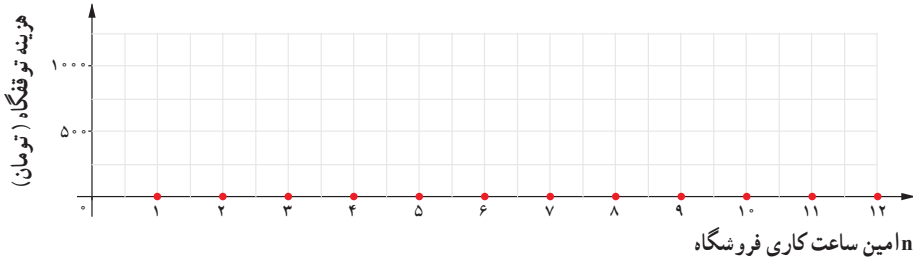
میانگین خودروهای ورودی در هر ساعت	هزینه دریافتی از هر خودرو (تومان)
۰-۱۰۰	(رایگان)
۱۰۰-۲۰۰	۵۰۰ تومان
۲۰۰-۳۰۰	۱۰۰۰ تومان
۳۰۰-۴۰۰	۱۵۰۰ تومان
۴۰۰-۵۰۰	۲۰۰۰ تومان
۵۰۰-۶۰۰	۲۵۰۰ تومان
۶۰۰-۷۰۰	۳۰۰۰ تومان

- \* ۱. در زمان‌هایی که تعداد مشتریان فروشگاه فراوان نیست، هزینه اندک توقفگاه می‌تواند تشویقی برای خرید از فروشگاه نزد مشتریان باشد.
۲. در زمان‌هایی که تعداد مشتریان فروشگاه فراوان است، هزینه بالاتر استفاده از توقفگاه درآمد بیشتری را برای فروشگاه فراهم می‌کند.
۳. در زمان‌هایی که تعداد مشتریان از ظرفیت پذیرش فروشگاه بیشتر است و این مسئله باعث تعجیل مشتریان در خرید از فروشگاه می‌شود، سوق دادن بخشی از این مشتریان به ساعت‌های خلوت فروشگاه به دلیل هزینه رایگان یا اندک توقفگاه می‌تواند در افزایش درآمد فروشگاه بسیار تأثیرگذار باشد. به بیان دیگر نه تنها هزینه متغیر توقفگاه به تنهایی می‌تواند درآمد فروشگاه را ارتقا بخشد، بلکه این مسئله بر میزان خرید مشتریان از فروشگاه نیز تأثیرگذار است که نتیجه آن سود بیشتر فروشگاه خواهد بود.

## تابع ثابت (Constant Function)

بر اساس اطلاعات آماری جدول ۱ و ۲، نمودار « $n$  امین ساعت کاری فروشگاه- هزینه دریافتی» را برای روزهای شنبه تا چهارشنبه در نخستین هفته هوشمندسازی رسم می‌کنیم.<sup>۱</sup>

شنبه: در نخستین روز هفته تعداد خودروهای ورودی به پارکینگ همواره در دسته  $100^\circ$  قرار می‌گیرند. بنابراین مطابق جدول دو، نمودار زیر به دست می‌آید:

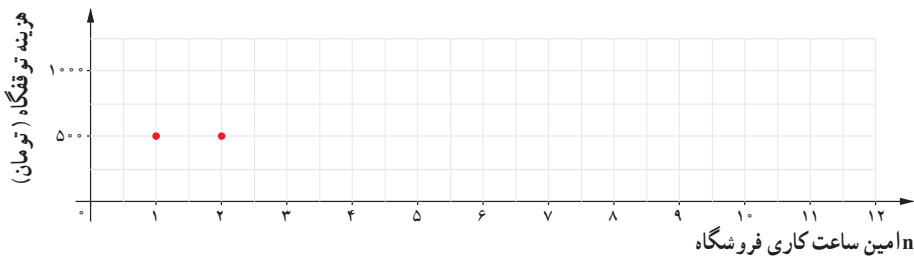


این نوع تابع که به ازای  $n=1$  تا  $n=12$ ؛ یعنی در تمام ۱۲ ساعت کاری فروشگاه، مقدار ثابت صفر را اختیار کرده است، تابع ثابت

نامیده می‌شود. پس ضابطه تابع «هزینه توقفگاه» در این روز به صورت  $\begin{cases} C: A \rightarrow B \\ C(n) = 0 \end{cases}$  است که در آن  $D = \{n \in \mathbb{N} \mid 1 \leq n \leq 12\}$  دامنه تابع و  $R = \{0\}$  برد تابع  $C$  را تشکیل می‌دهند.

## کار در کلاس

یک شنبه: با توجه به میانگین خودروهای ورودی در جدول ۱ و هزینه دریافتی مطابق جدول ۲، نمودار زیر را کامل کنید.



تابع  $\begin{cases} f: A \rightarrow B \\ f(x) = c \end{cases}$  را که در آن مجموعه  $R = \{c\}$  برد تابع است، تابع ثابت می‌نامند. در تابع ثابت، برد تابع تنها شامل یک عضو است.

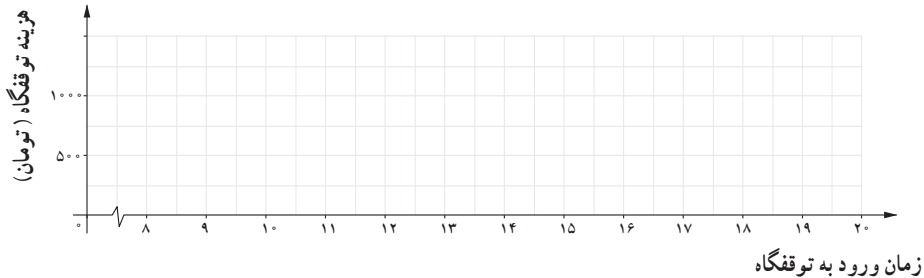
۱. با توجه به آنکه مدت زمانی طول می‌کشد تا مشتریان فروشگاه از نرخ جدید هزینه توقفگاه آگاهی یابند در نخستین هفته هوشمندسازی توقفگاه، میانگین ورودی خودرو تغییر محسوسی نکرده است و اطلاعات جدول ۱ در این هفته معتبر است.

## فعالیت

دوشنبه: با استفاده از جدول ۱ و ۲ همانند روزهای شنبه و یکشنبه، نمودار زیر را برای روز دوشنبه کامل کنید و دامنه و برد و ضابطه تابع را مشخص کنید.

توجه داشته باشید که در این نمودار محور  $x$  برخلاف روزهای شنبه و یکشنبه بیانگر زمان ورود خودرو به توقفگاه است.

$$\begin{cases} C: A \rightarrow B \\ C(x) = \end{cases} \quad D = \{x \in \mathbb{R} \mid \quad \quad \quad \} \quad R = \{ \quad \quad \quad \}$$



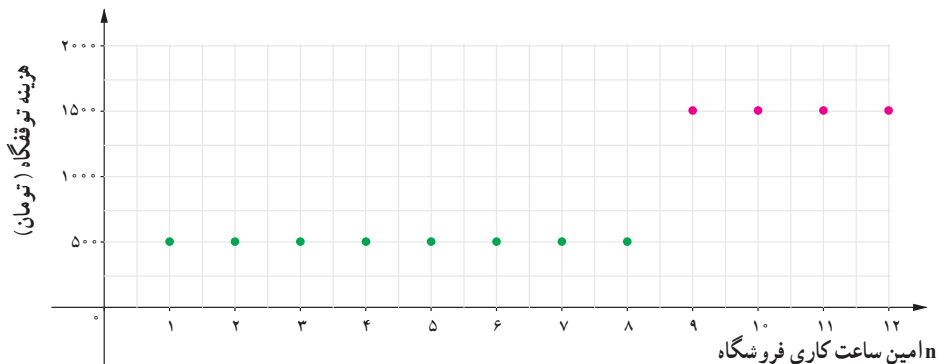
– دامنه نمودار در روز دوشنبه چه تفاوتی با دامنه نمودار در روزهای شنبه و یکشنبه دارد؟  
– تفاوت این دامنه‌ها چه تأثیری بر نمودار تابع دارد؟ چرا؟

### تابع چندضابطه‌ای (Piecewise Function)

سه‌شنبه: با بررسی جدول ۱ تعداد خودروهای ورودی از نخستین ساعت کاری فروشگاه تا هشتمین ساعت کاری در دسته ۲۰۰–۱۰۰ و در چهار ساعت پایانی ساعت کاری فروشگاه در دسته ۴۰۰–۳۰۰ قرار می‌گیرد. با در نظر گرفتن جدول ۲، هزینه استفاده از توقفگاه برای خودروها در این روز از این تابع پیروی می‌کند:

$$C(n) = \begin{cases} 500 & 1 \leq n \leq 8 & (1) \\ 1500 & 9 \leq n \leq 12 & (2) \end{cases}$$

که ضابطه ۱ مربوط به ساعت ورودی اول تا هشتم و ضابطه ۲ مربوط به ساعت ورودی نهم تا دوازدهم است و نمودار آن:



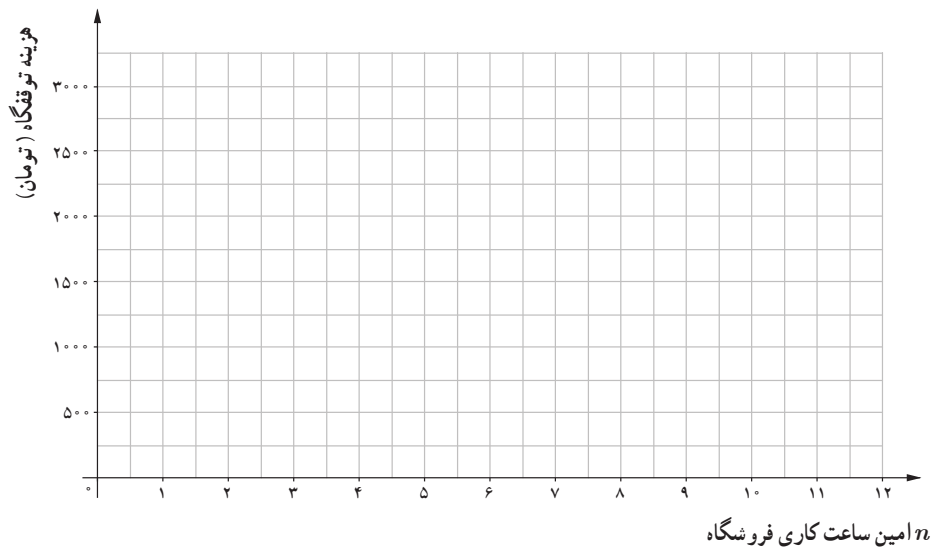
توابعی که در بخش‌های مختلف دامنه، ضابطه‌های مختلف دارند، توابع چندضابطه‌ای نامیده می‌شوند؛ مثلاً اگر یک تابع از دو ضابطه پیروی کند، یک تابع دوضابطه‌ای نامیده می‌شود.

## کار در کلاس

چهارشنبه: در این روز با توجه به جدول ۱ و ۲ ضابطه تابع به صورت زیر مشخص می شود:

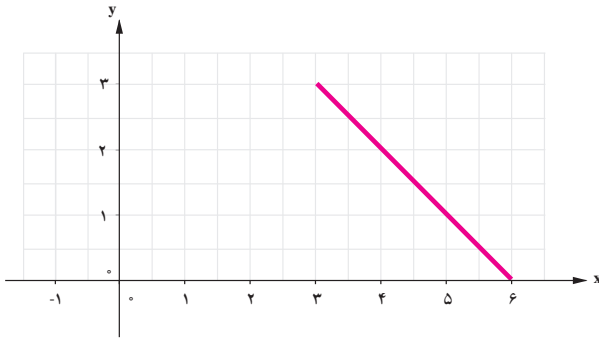
$$C(n) = \begin{cases} 0 & 1 \leq n \leq 6 \\ 500 & n = 7 \\ 1000 & n = 8 \\ 1500 & n = 9 \\ 2000 & n = 10 \\ 2500 & n = 11 \\ 3000 & n = 12 \end{cases} \Leftrightarrow C(n) = \begin{cases} 0 & 1 \leq n \leq 6 \\ (n-6) \times 500 & 7 \leq n \leq 12 \end{cases}$$

۱. نمودار این تابع را رسم کنید:



۲. درآمد توقفگاه فروشگاه در این روز چقدر است؟

## کار در کلاس



ضابطه تابع و نمودار آن را کامل کنید.

$$f(x) = \begin{cases} x+1 & -1 \leq x < 3 \\ \dots & 3 \leq x \leq 6 \end{cases}$$

## فعالیت

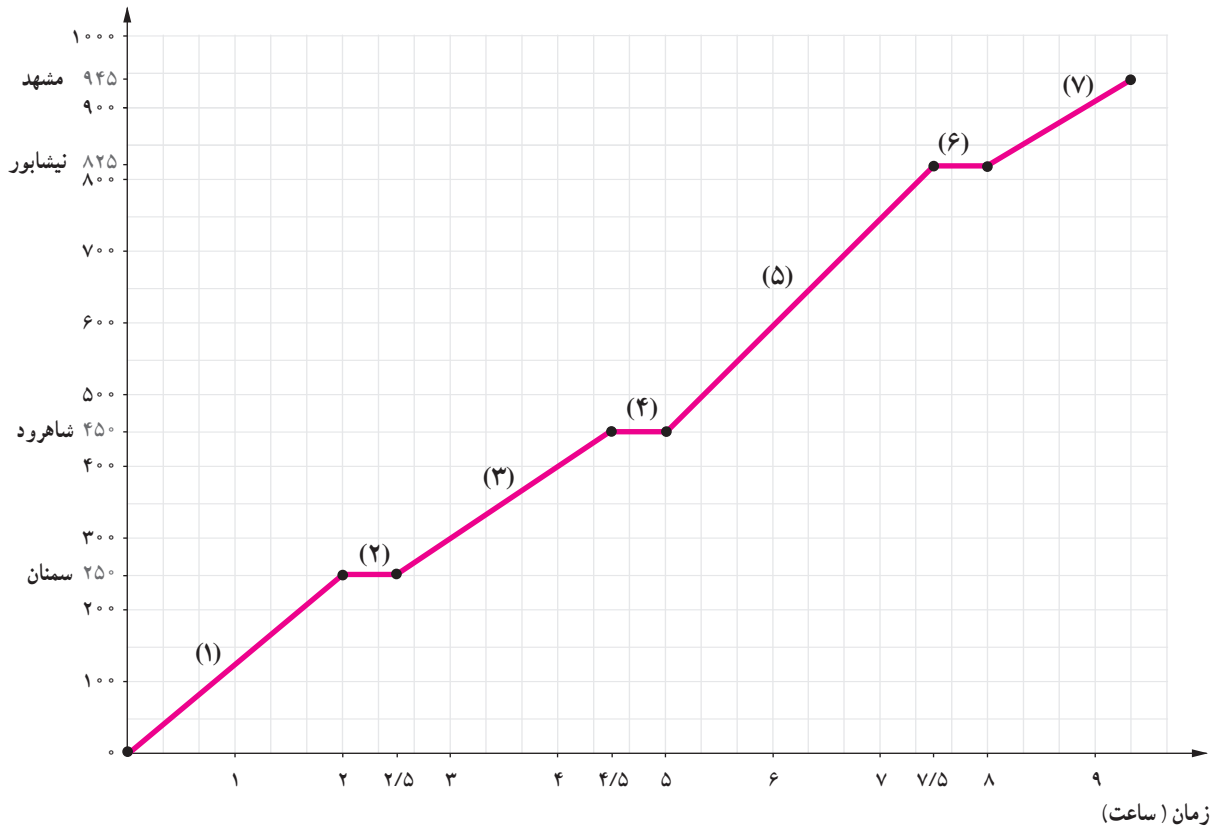
نمودار زیر قطاری را نشان می‌دهد که از تهران به مشهد رفته است.

۱. مفهوم قسمت‌هایی که نمودار تابع ثابت است چیست؟

۲. ضابطه تابع «مکان-زمان» قطار از لحظه رسیدن به شاهرود تا لحظه ترک نیشابور را به دست آورید.

۳. اگر قطار مطابق ضابطه بخش ۵ و بدون توقف در نیشابور به مسیر خود ادامه دهد، در چه زمانی به مشهد می‌رسد؟

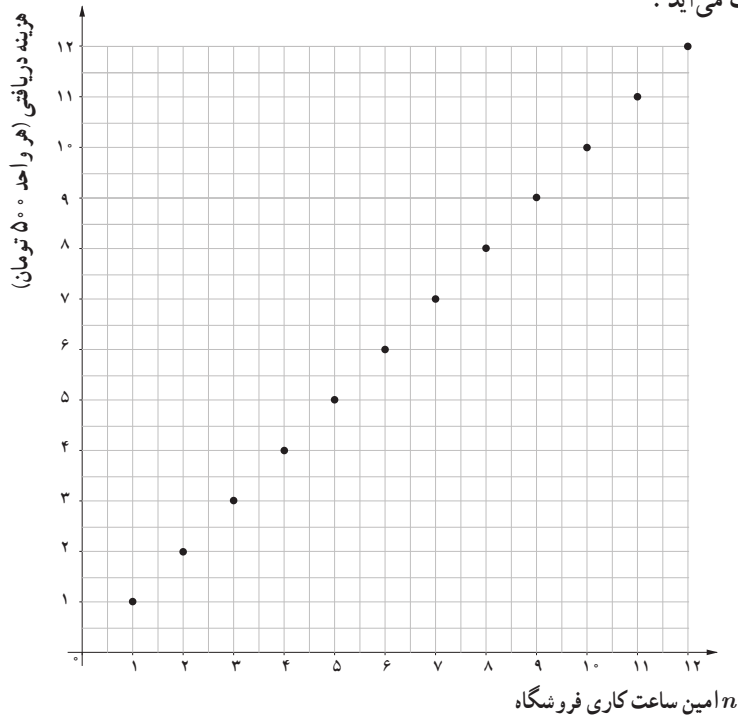
مسافت طی شده (کیلومتر)



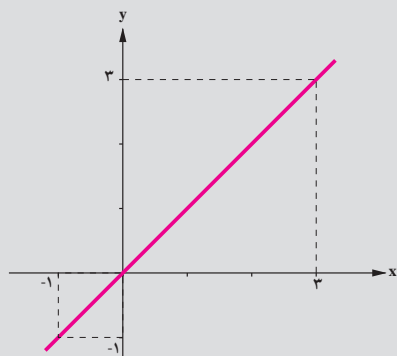
## تابع همانی (Identity Function)

## فعالیت

پنجشنبه: به دلیل افزایش مرتب خودروهایی ورودی از نخستین ساعت کاری تا دوازدهمین ساعت کاری فروشگاه، مدیران شرکت تصمیم گرفته‌اند که از یک مدل «تابع خطی» برای دریافت هزینه از خودروها استفاده کنند. به این معنا که اگر خودرو در  $n$  امین ساعت کاری وارد توقفگاه شود، هزینه دریافتی  $n$  واحد (هر واحد ۵۰۰ تومان) باشد. بنابراین نمودار زیر به دست می‌آید:



مجموعه نقاط نمودار را به صورت زوج مرتب نشان دهید و دامنه و برد آن را تعیین کنید. چه رابطه‌ای میان دامنه و برد این تابع برقرار است؟ آیا می‌توانید ضابطه این تابع را حدس بزنید؟  
اگر این مجموعه نقاط را در نمودار به یکدیگر وصل کنیم، این نمودار بیانگر چه مفهومی است؟ در این حالت دامنه و برد آن چه تغییری می‌کند؟



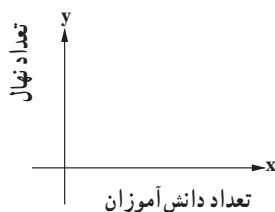
تابع با ضابطه  $f(x) = x$  را تابع همانی می‌نامند. با توجه به ضابطه تابع، در تابع همانی دامنه و برد همواره با یکدیگر برابرند. از لحاظ هندسی نمودار این تابع نیمساز ناحیه اول و سوم است.

$$D_f = \mathbb{R} \quad R_f = \mathbb{R}$$

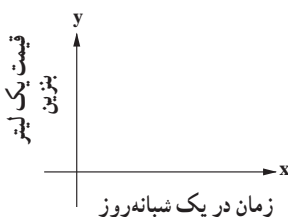
## تمرین

۱. با توجه به معرفی محور  $x$  و  $y$  در هر دستگاه مختصات، با هر کدام از توضیحات زیر کدام یک از توابع ثابت، چند ضابطه‌ای یا همانی معرفی می‌شود؟ نمودار هر حالت را با توجه به توضیحات کامل کنید.

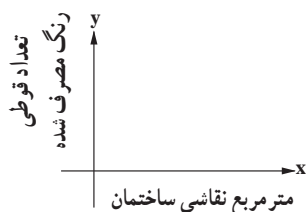
الف. به مناسبت روز درخت‌کاری، در یک مدرسه هر دانش‌آموز یک نهال می‌کارد.



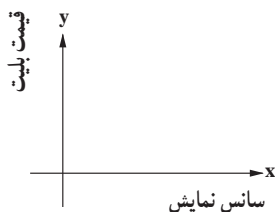
ب. هزینه یک لیتر بنزین عادی در هر زمان از شبانه‌روز در یک پمپ بنزین ۱۰۰۰ تومان است.



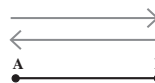
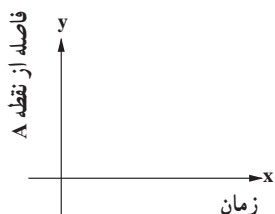
ج. برای هر یک متر مربع نقاشی یک ساختمان یک قوطی رنگ کوچک استفاده می‌شود.



د. بلیت یک سینما در سه سانس اول ۲۰۰۰ تومان، در چهار سانس بعدی ۳۰۰۰ تومان و در دو سانس آخر ۱۵۰۰ تومان است.



ه. دونده‌ای، کنار یک زمین فوتبال، با سرعت ثابت از نقطه  $A$  تا نقطه  $B$  شروع به دویدن می‌کند و دوباره به نقطه  $A$  برمی‌گردد.

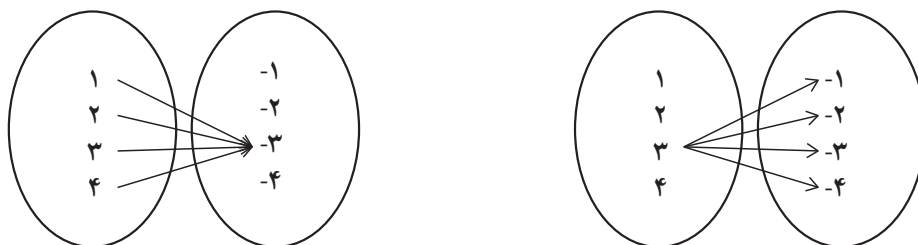


۲. کدام یک از گزاره‌های زیر درست است؟ چرا؟  
 الف. اگر دامنه و برد یک تابع برابر باشد، آن تابع همانی است.  
 ب. اگر دامنه یک تابع همانی مجموعه اعداد حقیقی باشد، آن گاه حاصل  $f(x) + f(-x)$  همواره برابر صفر است.  
 ج. اگر  $f$  یک تابع ثابت باشد، آن گاه  $f(kx) = kf(x)$ .

۳. اگر  $A = \{(2, b), (a, 4), (7, a+b)\}$  یک تابع ثابت باشد، مقدار  $a$  کدام است؟

۴. اگر  $A = \{(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3)\}$  یک تابع ثابت باشد، میانگین، میانه و واریانس مقادیر  $y_1, y_2, y_3$  را به دست آورید.

۵. کدام یک از نمایش‌های پیکانی زیر یک تابع ثابت را معرفی می‌کند؟



۶. در تابع ثابت  $f(x) = c$ :

الف. مقادیر  $f(a)$ ،  $f(b)$  و  $f(a+b)$  را مشخص کنید.

ب. اگر در این تابع  $f(a+b) = f(a) \times f(b)$  باشد، چه مقادیری را اختیار می‌کند؟

۷. اگر  $A = \{(a, 1), (b, 2), (c, 5)\}$  یک تابع همانی باشد، میانگین  $a$  و  $b$  و  $c$  را به دست آورید.

۸. در هر یک از زوج مرتب‌های زیر  $n \in \mathbb{N}$  را به گونه‌ای تعیین کنید که زوج مرتب داده شده روی نیمساز ناحیه اول و سوم باشد.

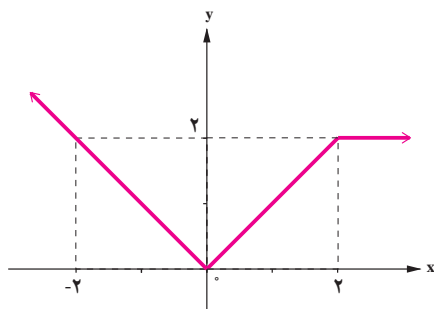
$$(2, n^2 - 3n + 4)$$

$$(-1, n^2 - 4n + 2)$$

۹. اگر  $f$  یک تابع ثابت با دامنه دو عضوی و  $n \in \mathbb{N}$  و  $m$  باشد، مقدار  $m + t$  را به دست آورید.

$$f = \{(-1, n^2 - 2n), (m - 4, 3), (m + n, t)\}$$

۱۰. ضابطه تابع زیر را مشخص کنید.





$$11. \text{ در تابع } f(x) = \begin{cases} x & x < -1 \\ x^2 & -1 \leq x \leq 2 \\ 5 & x > 2 \end{cases} \text{ حاصل عبارت‌های زیر را به دست آورید.}$$

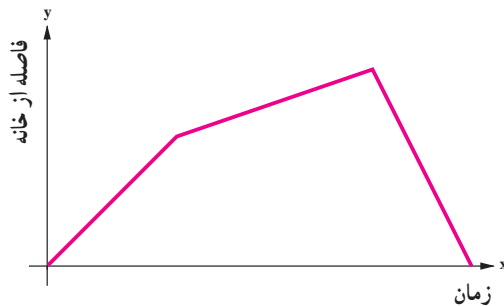
$f(2)$

$f(3)+f(-1)$

$f(-\sqrt{2}) + f(\sqrt{3})$

$f(\sqrt{2}) + f(5)$

۱۲. نمودار زیر به کدام داستان مربوط است؟



- الف. آوا و مادرزرگش برای قدم زدن در بوستان، از خانه خارج شدند. آنها در ابتدا آهسته قدم می‌زدند و سپس سرعتشان را بیشتر کردند تا به بوستان رسیدند. سپس، از مسیری که آمده بودند، برگشتند و به خانه رسیدند.
- ب. علی با دوچرخه‌اش از خانه به سمت بالای تپه روبه‌روی خانه‌شان حرکت کرد. پس از مدتی شیب تپه کمتر شد تا به بالای تپه رسید. سپس از آنجا از سمت دیگر به پایین تپه سرازیر شد.
- ج. محمدرضا برای دویدن روزانه‌اش از خانه خارج شد. هنگام دویدن با دوست خود که در حال دویدن بود، برخورد کرد که باعث شد از سرعت دویدنش کم شود؛ اما بعد از آن با سرعت بیشتری به سمت خانه حرکت کرد و به خانه رسید.

۱۳. اگر هزینه توقفگاه در روز جمعه بر اساس مدت زمان سپری شده از بازگشایی فروشگاه از ساعت ۸ صبح از تابع

$$C(x) = \begin{cases} 1 & 0 \leq x < 2 \\ x+1 & 2 \leq x < 10 \\ 0 & 10 \leq x \leq 12 \end{cases}$$

پیروی کند، با رسم نمودار تابع، هزینه توقفگاه هر خودرو را با توجه به ساعت و زمان ورودش به توقفگاه به کمک نمودار تابع محاسبه کنید. (هر واحد بر روی محور yها معادل ۵۰۰ تومان است).

\* ۱۴. درآمد فروشگاه از توقفگاه را از روز شنبه تا چهارشنبه در دو حالت زیر مقایسه کنید.

- الف. قبل از هوشمندسازی و بر اساس هزینه ثابت ۷۰۰ تومان برای هر خودرو که مستقل از روز و ساعت ورود به توقفگاه است.
- ب. بر اساس هوشمندسازی
- در هر دو حالت از اطلاعات جدول ۱ استفاده کنید.

حل تمرین \* دار اجباری نیست.

## درس ۲

## توابع پلکانی و قدر مطلق

## تابع پلکانی (Step Function)

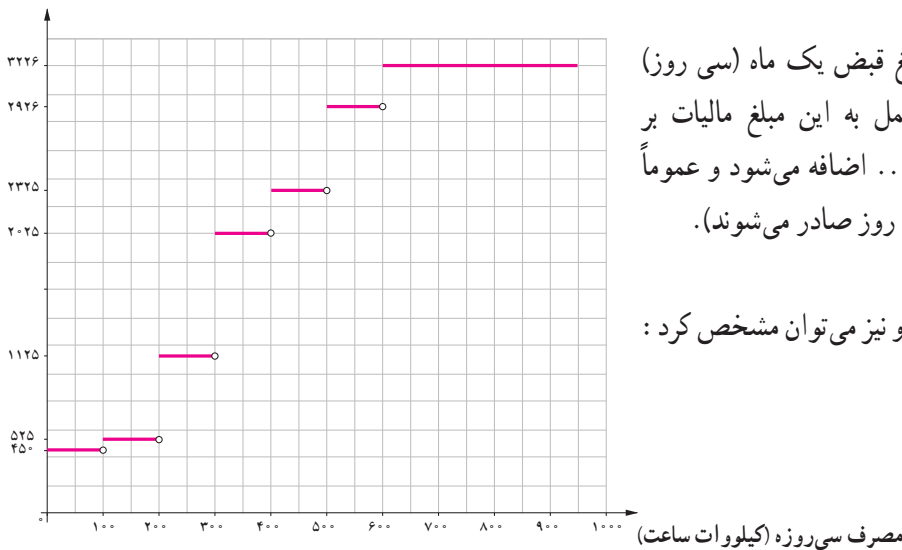
## روش محاسبه قبض برق

محاسبه هزینه برق مصرفی در هر خانه بر اساس میزان «کیلووات ساعت» برقی است که در هر سی روز در یک خانه مصرف می‌شود. یک کیلووات ساعت ( $kwh$ ) در واقع مصرف یک وسیله هزار وات در مدت زمان یک ساعت است، مثلاً اگر  $10^\circ$  لامپ صد وات را به مدت یک ساعت روشن کنیم، یک کیلووات ساعت برق مصرف کرده‌ایم.

بلکه های مصرف ۳۰ روزه	نرخ ارمال مصرف ۳۰ روزه	مبلغ ۳۰ روزه	مصرف ۰ تا ۱۰۰
مصرف ۰ تا ۱۰۰	۱۰۰	۴۵۰	۴۵۰۰۰
مصرف ۱۰۰ تا ۲۰۰	۱۰۰	۵۲۵	۵۲۵۰۰
مصرف ۲۰۰ تا ۳۰۰	۴۶/۲۳	۱۱۴۵	۵۲۰۰۴
مصرف ۳۰۰ تا ۴۰۰	.	۲۰۲۵	.
مصرف ۴۰۰ تا ۵۰۰	.	۲۴۲۵	.
مصرف ۵۰۰ تا ۶۰۰	.	۲۹۲۶	.
مصرف ۶۰۰ تا ۷۰۰	.	۳۳۲۶	.

اگر فرض کنیم مصرف برق یک خانه در سی روز  $246/23$   $kwh$  بوده است، برای محاسبه هزینه مصرف برق، میزان کیلووات ساعت مصرفی مطابق این جدول به صورت پلکانی تقسیم می‌شود.

هزینه پلکانی برق (ریال)



مجموع مبالغ ستون آخر، مبلغ قبض یک ماه (سی روز) را مشخص می‌کند (البته در عمل به این مبلغ مالیات بر ارزش افزوده و عوارض برق و... اضافه می‌شود و عموماً قبض‌های برق برای بیشتر از سی روز صادر می‌شوند).

جدول بالا را با نمودار روبه‌رو نیز می‌توان مشخص کرد:

نمودار بالا نمودار یک تابع چندضابطه‌ای است که در هر ضابطه مقدار تابع عددی ثابت است. این نوع توابع را توابع پلکانی می‌نامند.

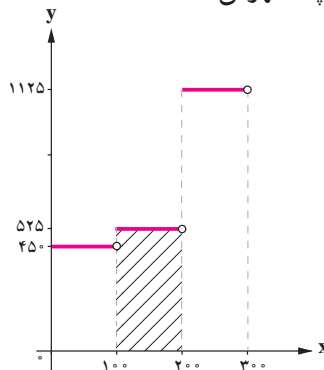
## فعالیت

به کمک نمودار پلکانی رسم شده برای محاسبه هزینه برق مصرفی یک خانه :

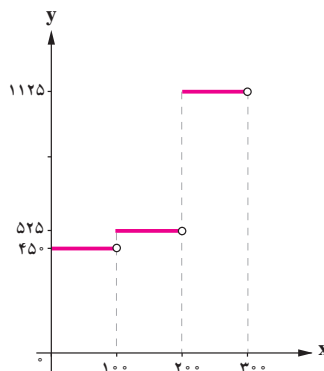
۱. هزینه  $100 \text{ kWh}$  اول چگونه محاسبه می شود؟ آیا می توانیم مساحتی را در نمودار داده شده، مشخص کنیم که این هزینه را

تعیین کند؟

۲. مساحت قسمت هاشور خورده زیر بیانگر چه مفهومی است؟



۳. هزینه کل برق مصرفی این خانه معادل چه مساحتی است؟ این مساحت را هاشور بزنیید و مقدار هزینه را مشخص کنید.

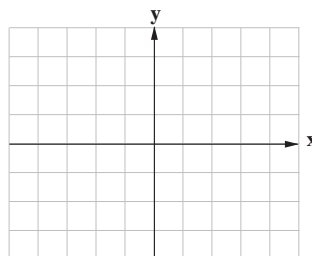


تابع علامت (Sign Function)

## کار در کلاس

بر اساس ضابطه تابع پلکانی  $y=f(x)$ ، نمودار آن را رسم کنید. دامنه و برد آن را مشخص کنید.

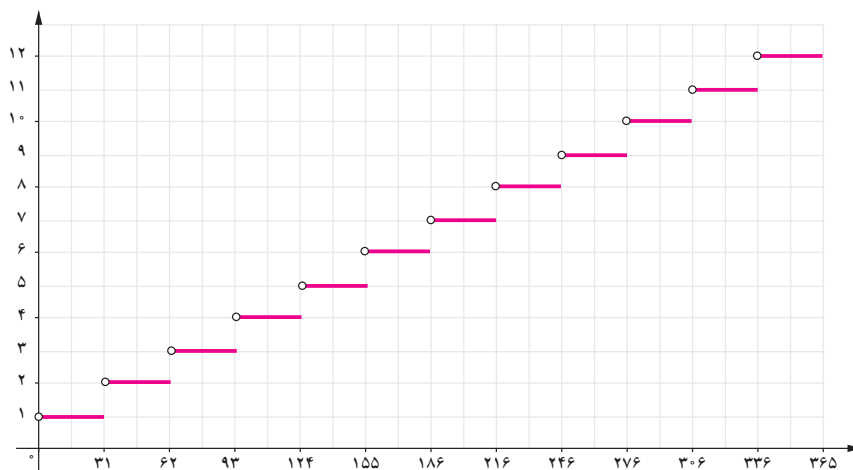
$$f(x) = \begin{cases} 1 & x > 0 \\ 0 & x = 0 \\ -1 & x < 0 \end{cases}$$



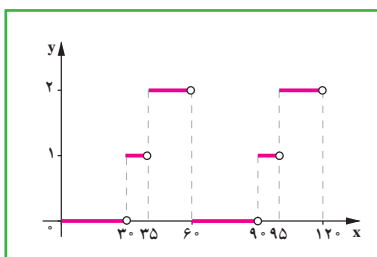
تابع بالا را تابع علامت یا تابع  $y = \text{sign}(x)$  می نامند.

## کار در کلاس

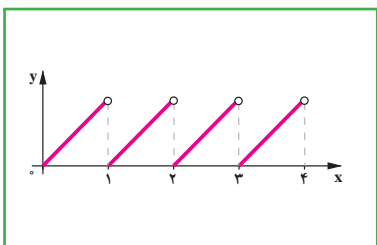
۱. نمودار زیر مدل ریاضی چه مفهومی را بیان می‌کند؟ محورهای  $x$  و  $y$  بیانگر چه کمیت‌هایی هستند؟ واحدهای آنها را مشخص کنید. ضابطه تابع را بنویسید؟



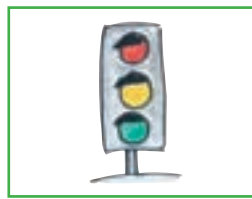
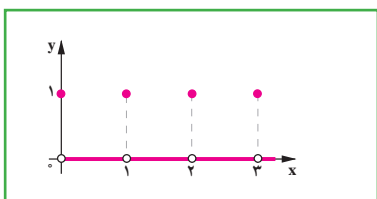
۲. هر کدام از نمودارهای توابع سمت چپ را به تصویری که بیانگر آن مفهوم است، مرتبط کنید.



یک ساعت شنی که شن با سرعت ثابت از قسمت بالا در مدت یک ساعت به قسمت پایین می‌ریزد.



پرنده‌ای که در یک ساعت دیواری در رأس هر ساعت از ساعت بیرون می‌آید.



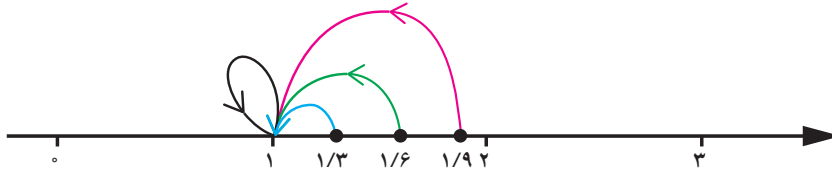
چراغ راهنمایی و رانندگی سه حالتی.

## تابع جزء صحیح (Greatest Integer Function)

## فعالیت

فرض کنید  $g$  تابعی است که به هر عدد صحیح، خود همان عدد را نسبت می‌دهد و به هر عدد بین دو عدد صحیح متوالی، عدد صحیح کوچک‌تر را نسبت می‌دهد.

برای مثال، در این تابع اگر  $x$  عدد صحیح ۱ انتخاب شود یا عددی بین ۱ و ۲ باشد، تابع  $g$ ، این اعداد را به عدد ۱ نسبت می‌دهد. به بیانی دیگر:



(شکل ۱)

$$1 \leq x < 2 \Rightarrow g(x) = 1$$

مطابق تعریف تابع  $g$ ، اگر  $x$  عددی بین دو عدد صحیح متوالی  $-2$  و  $-3$  باشد، این تابع مقادیر  $x$  را به عدد  $\dots$  نسبت می‌دهد. (شکل ۲).

و اگر  $x$  عددی بین اعداد  $2$  و  $3$  باشد، این تابع مقادیر  $x$  را به عدد  $\dots$  نسبت می‌دهد (شکل ۳).



$$\dots \leq x < \dots \Rightarrow g(x) = \dots$$

(شکل ۲)


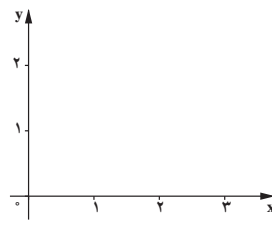

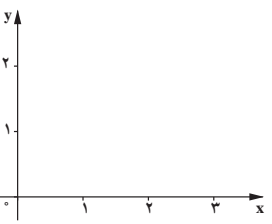

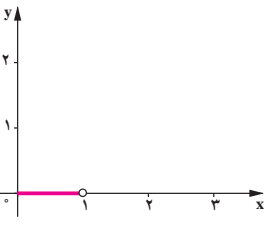

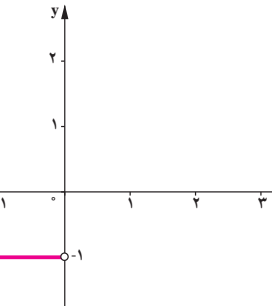

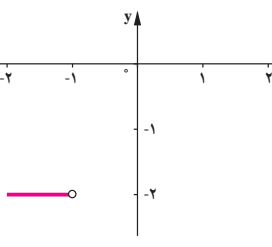


$$\dots \leq x < \dots \Rightarrow g(x) = \dots$$

(شکل ۳)

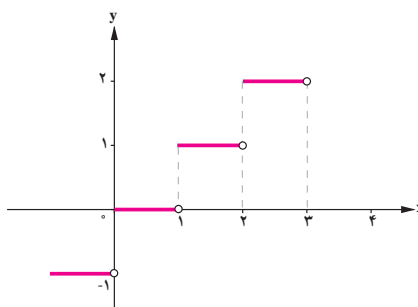
## کار در کلاس

به کمک تابع  $g$  که در فعالیت صفحه قبل تعریف شده است، جدول زیر را کامل کنید.

حدود $x$	جواب تابع $g$	نمودار تابع
 $2 \leq x < 3$	$g(x) =$	
 $1 \leq x < 2$	$g(x) = 1$	
 $0 \leq x < 1$	$g(x) =$	
 $\leq x <$	$g(x) = -1$	
 $\leq x <$	$g(x) =$	

این حالت‌ها را می‌توانیم با یک تابع چندضابطه‌ای و نمودار متناظرش به صورت زیر بیان کنیم:

$$g(x) = \begin{cases} -1 & -1 \leq x < 0 \\ 0 & 0 \leq x < 1 \\ 1 & 1 \leq x < 2 \\ 2 & 2 \leq x < 3 \end{cases}$$



تابعی را که به هر عدد صحیح  $k$  خود همان عدد و به تمام اعداد میان دو عدد صحیح متوالی  $k$  و  $k+1$ ، عدد صحیح  $k$  را نسبت می‌دهد، تابع جزء صحیح می‌نامند. ضابطه این تابع را با  $g(x) = [x]$  (بخوانید جزء صحیح  $x$ ) معرفی می‌کنند.

## کار در کلاس

به کمک تعریف تابع جزء صحیح و با استفاده از محور اعداد، حاصل عبارتهای خواسته شده را به دست آورید.

$[2]$

$[2/7]$

$[-2/7]$

$[0/7]$

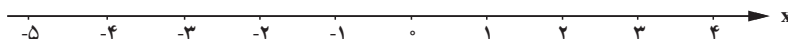
$[-0/7]$

$[-0/07]$

$[-2/2]$

$[-\pi]$

$[-2/2]$

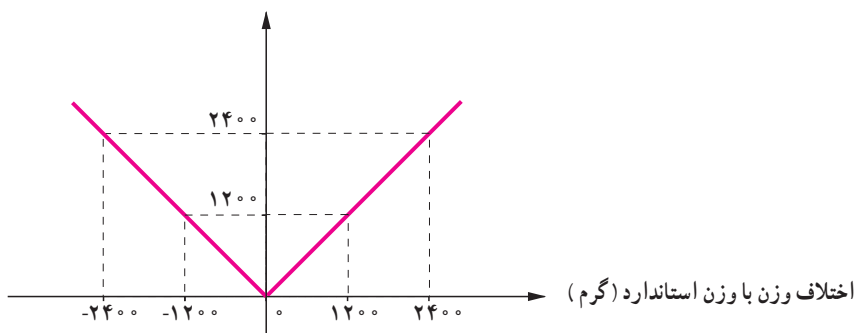


## تابع قدر مطلق (Absolute Value Function)

## فعالیت

فعالیت ۱. هر چند امروزه بخش عمده‌ای از افراد از اضافه وزن رنج می‌برند، بخش دیگری نیز دچار کمبود وزن نسبت به وزن استاندارد هستند. هر دو گروه باید تلاش کنند که وزن خود را استاندارد کنند. یک روش برای این کار، پیاده‌روی منظم روزانه است. فرض کنیم یک گروه خاص از افراد در یک روز، به ازای هر یک گرم افزایش یا کاهش وزن باید یک ثانیه پیاده‌روی کند. بر این اساس فردی با ۱۲۰۰ گرم اضافه وزن یا ۱۲۰۰ گرم کمبود وزن باید ۱۲۰۰ ثانیه، یعنی ۲۰ دقیقه روزانه به صورت منظم پیاده‌روی کند و فردی با ۲۴۰۰ گرم اضافه وزن یا ۲۴۰۰ گرم کمبود وزن باید روزانه ۲۴۰۰ ثانیه یعنی ۴۰ دقیقه به صورت منظم پیاده‌روی کند. این مفهوم را می‌توان به کمک نمودار زیر نشان داد:

زمان پیاده‌روی روزانه (ثانیه)



اگر مقدار اضافه وزن را با علامت مثبت و مقدار کمبود وزن را با علامت منفی نشان دهیم و  $f$  بیانگر تابعی باشد که میزان پیاده‌روی بر حسب ثانیه را نشان می‌دهد، اطلاعات پیش گفته را به صورت زیر می‌توانیم بیان کنیم:

$$f(1200) = 1200 \quad f(-1200) = 1200 \quad f(2400) = 2400 \quad f(-2400) = 2400$$

که این مفهوم را در یک تابع دو ضابطه‌ای می‌نویسیم:

$$f(x) = \begin{cases} x & x \geq 0 \\ -x & x < 0 \end{cases}$$

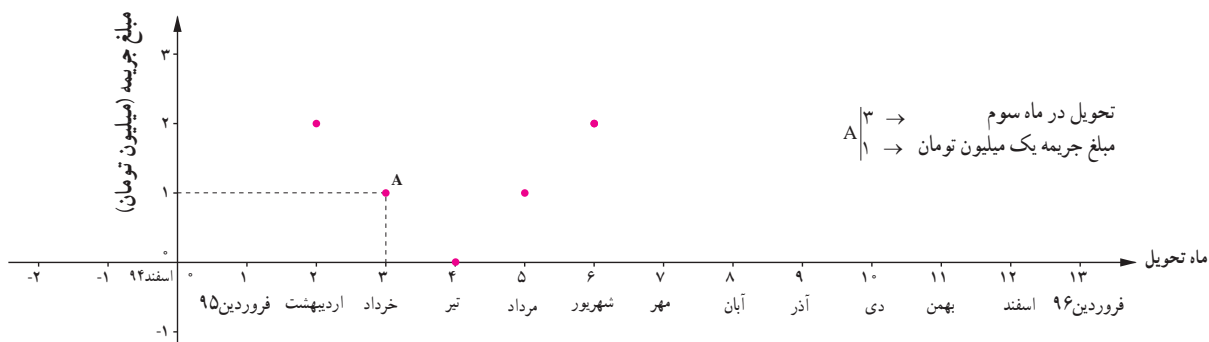
این تابع را می‌توان چنین تعبیر کرد که هر مقدار در دامنه را، به قدر مطلق همان مقدار در برد نظیر می‌کند.

تابع با ضابطه  $f(x) = |x|$ ، تابع قدر مطلق نامیده می‌شود و مطابق تعریف:

$$f(x) = \begin{cases} x & x \geq 0 \\ -x & x < 0 \end{cases}$$



فعالیت ۲. پلی که روی رودخانهٔ سیمینه رود در استان آذربایجان غربی ساخته شده، طبق قرارداد میان پیمانکار و وزارت راه باید در تیر ۱۳۹۵ افتتاح شود. اگر احداث این پل زودتر از موعد مقرر انجام شود، به دلیل هزینهٔ نگهداری پل و عدم استفاده از آن (به خاطر پایان نیافتن بقیهٔ جادهٔ مواصلاتی به پل) به ضرر است. همچنین تأخیر در زمان افتتاح پل نیز موجب خسارت به صاحب کار (وزارت راه) است. بر این اساس مطابق قرارداد میان پیمانکار و وزارت راه به ازای هر یک ماه اختلاف با زمان تحویل، پیمانکار متعهد است یک میلیون تومان جریمه پرداخت کند. تحویل پروژه به روز بستگی ندارد؛ بلکه به ماه تحویل بستگی دارد. الف. نمودار تابع جریمه برحسب زمان تحویل پروژه در ماه‌های مختلف را کامل کنید.

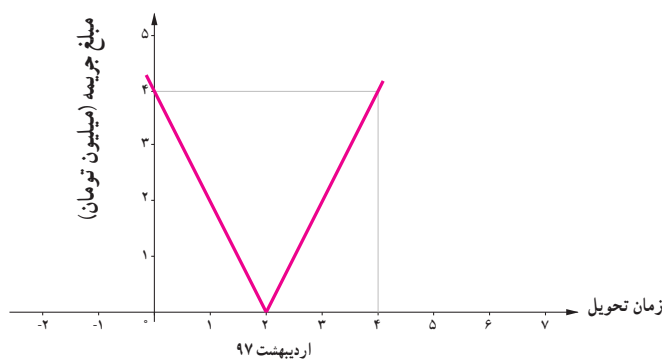


- ب. آیا می‌توانید این نمودار را به زبان یک تابع قدر مطلق بیان کنید؟
- ج. اگر پیمانکار چهار میلیون تومان جریمه پرداخت کرده باشد، تحویل پروژه در چه ماه یا ماه‌هایی می‌تواند انجام شده باشد؟ چرا؟ پاسخ این پرسش را به کمک نمودار بالا و ضابطهٔ تابع قدر مطلق به دست آمده توضیح دهید.

## کار در کلاس

با توجه به نمودار

- الف. شرایط تحویل ندادن به موقع پروژه میان پیمانکار و وزارت راه را بیان کنید.
- ب. به کمک نقاط مندرج در نمودار، ضابطهٔ هر یک از نیم خط‌ها با شیب مثبت و منفی را به دست آورید.
- ج. به کمک تعریف تابع قدر مطلق، دو ضابطه را با یک ضابطه بیان کنید.
- د. شیب خط در تابع به دست آمده در قرارداد میان پیمانکار و وزارت راه چه معنایی دارد؟



## حل یک مسئله

نمودار تابع  $y = |2x - 6|$  را رسم کنید.

$$|u| = \begin{cases} u & u \geq 0 \\ -u & u < 0 \end{cases} \quad \text{با توجه به تعریف قدر مطلق}$$

$$y = |2x - 6| = \begin{cases} 2x - 6 & 2x - 6 \geq 0 & (1) \\ -(2x - 6) & 2x - 6 < 0 & (2) \end{cases}$$

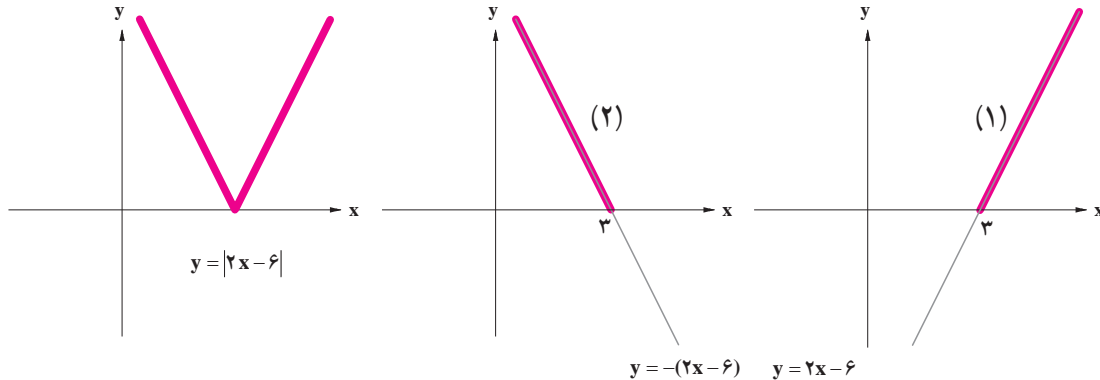
برای تعیین حدود  $x$  برای هر کدام از ضابطه‌های بالا، به کمک قوانین نامساوی‌ها در ریاضی نهم:

$$\begin{cases} 2x - 6 \geq 0, 2x \geq 6 \Rightarrow x \geq 3 & (1) \\ 2x - 6 < 0, 2x < 6 \Rightarrow x < 3 & (2) \end{cases}$$

پس ضابطه تابع این گونه مشخص می‌شود:

$$y = |2x - 6| = \begin{cases} 2x - 6 & x \geq 3 & (1) \\ -(2x - 6) & x < 3 & (2) \end{cases}$$

و نمودار تابع به صورت زیر رسم می‌شود:



## کار در کلاس

الف. نمودار  $y = |x - 4|$  را رسم کنید.

ب. نمودار  $y = |x|$  را در همین صفحه مختصات رسم کنید.

ج. آیا می‌توان بدون مراحل حل بالا، بر اساس نمودار  $y = |x|$ ، نمودار  $y = |x - 4|$  را رسم کرد؟ چگونه؟

د. نمودار  $y = |x - 3|$  و  $y = |x + 1|$  را با توجه به «ج» رسم کنید.

ه. نمودار  $y = |x| + 1$  را چگونه می‌توان بر اساس نمودار  $y = |x|$  رسم نمود؟

## تمرین

۱. به کمک تعریف تابع جزء صحیح و با استفاده از محور زیر حاصل عبارت‌های زیر را به دست آورید.



$$[4/2] =$$

$$[-4/2] =$$

$$[3/99] =$$

$$[-1/2] =$$

$$[-2] =$$

$$[\pi] =$$

۲. با توجه به تعریف تابع جزء صحیح، جدول زیر را کامل کنید.

ضابطه تابع	مقدار $x$	مقدار $f(x)$
$f(x) = [x]$	$x = -2/3$ $x = 5$	
$f(x) = [-x]$	$x = 1/7$ $x = 2/3$	
$f(x) = [x] + [-x]$	$x = 1$ $x = 1/3$ $x = 1/7$ $x = 2$	
$f(x) = [3x]$	$x = 1$ $x = 0/2$ $x = 1/3$	

۳. جدول مالیاتی زیر را که توسط هیئت مدیره یک شرکت برای سال جدید مالی آماده و تصویب شده است، در نظر بگیرید:

نرخ مالیات (درصد)	حقوق ماهیانه (تومان)
معاف از مالیات	حقوق تا ۱/۳۰۰/۰۰۰
۱۰	مزداد بر ۱/۳۰۰/۰۰۰ تا ۲/۵۰۰/۰۰۰
۱۵	مزداد بر ۲/۵۰۰/۰۰۰ تا ۴/۵۰۰/۰۰۰
۲۵	مزداد بر ۴/۵۰۰/۰۰۰

الف. نمودار پلکانی متناظر با جدول مالیاتی را رسم کنید.

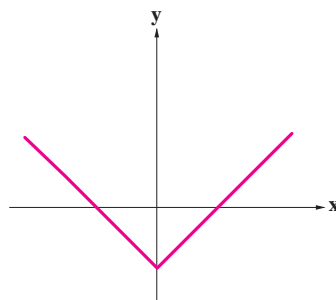
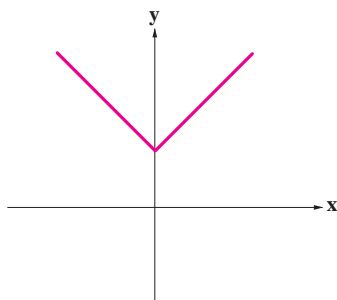
ب. به کمک نمودار پلکانی و محاسبه سطح متناظر با هر یک از حقوق‌های ماهیانه، مبلغ مالیات هر کدام از کارمندان زیر را محاسبه کنید.

- کارمندی با حقوق ۱/۲۰۰/۰۰۰ تومان
- کارمندی با حقوق ۲/۴۰۰/۰۰۰ تومان
- کارمندی با حقوق ۶/۰۰۰/۰۰۰ تومان

۴. با توجه به نمودارهای زیر، کدام نمودار، تابع الف و کدام نمودار، تابع ب را مشخص می‌کند؟ چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

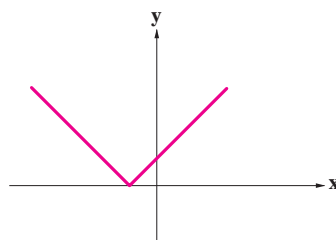
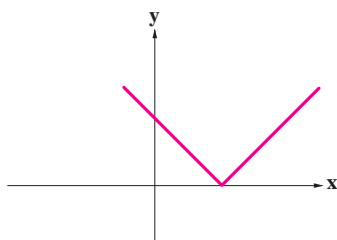
الف)  $y = |x| + 2$

ب)  $y = |x| - 3$



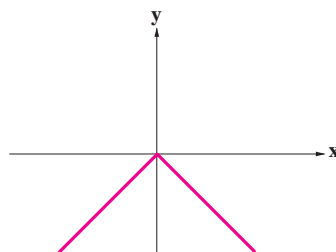
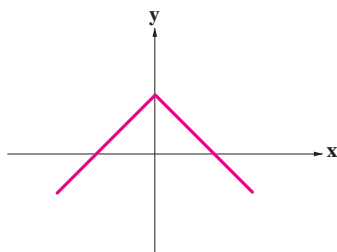
الف)  $y = |x + 1|$

ب)  $y = |x - 4|$



الف)  $y = -|x|$

ب)  $y = -|x| + 1$



۵. نمودار توابع زیر را رسم کنید.

الف)  $y = |2x - 3|$

ب)  $y = |3x + 1|$

۶. با توجه به نمودار

الف. شرایط تحویل ندادن به موقع پروژه میان پیمانکار و وزارت راه

را بیان کنید.

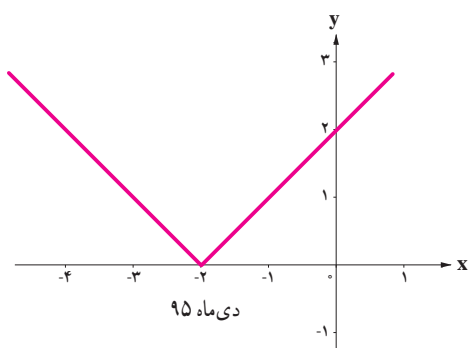
ب. به کمک نقاط مندرج در نمودار، ضابطه هر یک از نیم خطها با

شیب مثبت و منفی را به دست آورید.

ج. به کمک تعریف تابع قدر مطلق، دو ضابطه را با یک ضابطه بیان کنید.

د. شیب خط در تابع به دست آمده در قرارداد میان پیمانکار و وزارت

راه چه معنایی دارد؟ افزایش یا کاهش شیب خط به چه معناست؟



## درس ۳

## اعمال بر روی توابع

## فعالیت

علیرضا، دانشجوی رشته اقتصاد است و با پدر و مادر و خواهرش مریم (دوازده ساله) زندگی می کند. وی می خواهد در جشنواره فیلم و تئاتر دهه فجر امسال اعضای خانواده اش را به تماشای یک فیلم یا تئاتر دعوت کند. با توجه به تفاوت علاقه مندی اعضای خانواده به سبک های مختلف فیلم و تئاتر و تنوع موارد نمایش داده شده در سینما و تئاتر، برخلاف تصور اولیه اش، نتوانست به سادگی تصمیم بگیرد که چه فیلمی را می تواند با اعضای خانواده اش ببیند. بنابراین:

۱. ابتدا با یک پرسش نامه سبک دلخواه هر یک از اعضای خانواده را مشخص کرد؛ زیرا بدیهی است که او تمایل دارد با هر کدام از اعضای خانواده اش به دیدن فیلم یا تئاتری برود که سلیقه سینمایی آنها و خودش را تأمین کند.
۲. با توجه به بودجه محدودی که برای این اقدام در نظر گرفته است، تمایل دارد که بدانند هزینه صرف شده در این هفته چقدر خواهد بود. جدول زیر هزینه بلیت سینما و تئاتر را برای گروه های مختلف مشخص کرده است. مسئولان جشنواره در بخش هایی برای کودک و نوجوان و نیز دانشجویان تخفیف هایی قائل شده اند. لطفاً جدول را کامل کنید.

جدول ۱. هزینه بلیت با توجه به گروه های مختلف

مکان نمایش	سینما	تئاتر	سینمای کودک و نوجوان
گروه سنی	۱۰۰۰۰	۳۰۰۰۰	۴۰۰۰
فرد عادی	۲۰٪ تخفیف	۲۰٪ تخفیف	۴۰۰۰
دانشجو	۱۰۰۰	۵۰٪ تخفیف	۵۰٪ تخفیف
کودک و نوجوان			



علیرضا نتایج پرسش نامه داده شده به اعضای خانواده را در جدول های زیر مشخص نمود :

جدول ۲. علاقه مندی به سینمای کودک و نوجوان

اعضای خانواده	سبک فیلم	کمدی	تاریخی	انیمیشن	علمی - تخیلی
مریم		✓		✓	✓
علیرضا			✓	✓	✓

جدول ۳. علاقه مندی به سینما

اعضای خانواده	سبک فیلم	کمدی	دفاع مقدس	تاریخی	اجتماعی	حادثه ای	علمی - تخیلی
مادر		✓			✓		✓
پدر			✓	✓	✓		
مریم							
علیرضا			✓		✓		✓

جدول ۴. علاقه مندی به تئاتر

اعضای خانواده	سبک تئاتر	کمدی	دفاع مقدس	تاریخی	اجتماعی
مادر		✓	✓	✓	
پدر			✓	✓	✓
مریم		✓		✓	
علیرضا				✓	

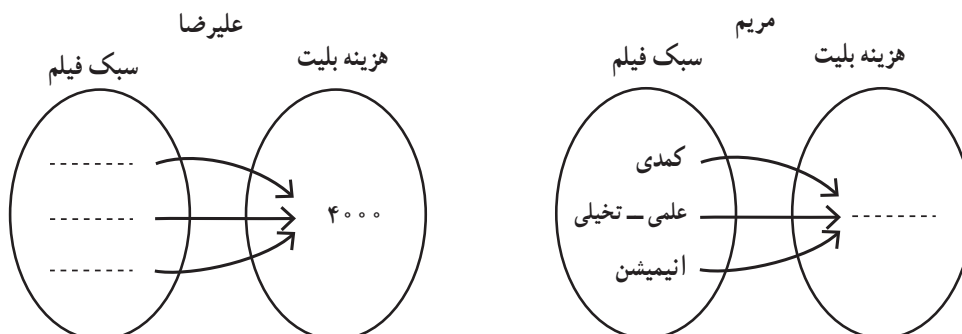
در نخستین روز هفته (شنبه)، علیرضا می خواهد خواهرش را به تماشای یک فیلم در سینمای کودک و نوجوان ببرد.

او باید دو نکته را مشخص کند :

۱. به دیدن چه سبک فیلمی می روند؟

۲. هزینه بلیت آنها چقدر است؟

طبیعی است که علیرضا و خواهرش به دیدن سبک فیلمی خواهند رفت که هر دو به آن علاقه مند باشند؛ به بیان دیگر این سبک فیلم در اشتراک علاقه، دو نفرشان باشد. با توجه به جدول های ۱ و ۲ اگر این دو نفر را تابعی در نظر بگیریم که «دامنه» آن سبک فیلم مورد علاقه هر کدام باشد و «برده» آن هزینه خرید بلیت، نمایش های پیکانی این دو تابع به صورت زیر است :



پس اشتراک فیلم مورد علاقه‌شان دو سبک فیلم ..... و ..... است و برای تماشای یکی از این دو سبک با هر دو نوع آنها می‌توانند به سینما بروند. این مطلب را می‌توانیم چنین نشان دهیم:

$$\text{علیرضا} = \{(, 4000), (, 4000), (, 4000)\}$$

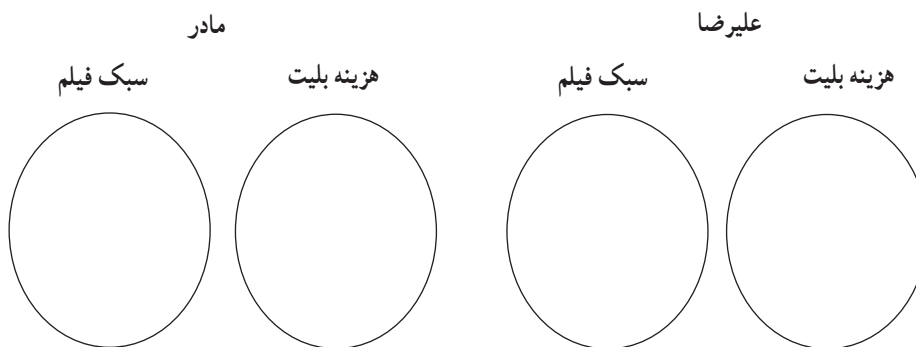
$$\text{مریم} = \{(, \text{علمی-تخیلی}), (, \text{انیمیشن}), (, \text{کمدی})\}$$

$$\text{علیرضا} + \text{مریم} = \{(, 4000+), (, 4000+)\}$$

## کار در کلاس

۱. اگر در روز دوشنبه علیرضا بخواهد مادرش را به تماشای یک فیلم در سینما دعوت کند، با توجه به جدول ۱ و جدول ۳:

الف. نمایش‌های پیکانی مشابه فعالیت صفحه قبل را برای هر کدام رسم کنید.



ب. با توجه به اشتراک سبک فیلم مورد علاقه هر کدام، نمایش زوج مرتبی تابعی را بنویسید که علیرضا و مادرش می‌توانند به تماشای فیلمی در سینما بنشینند.

ج. هزینه‌ای که در این روز علیرضا صرف می‌کند، چقدر است؟

۲. پنج‌شنبه علیرضا می‌خواهد همه اعضای خانواده‌اش را به تماشای یک تئاتر ببرد. با استفاده از جدول ۱ و جدول ۴، الف. نمایش زوج مرتبی هر کدام از اعضای خانواده و سپس نمایش زوج مرتبی شرایطی را که همه آنها به تماشای یک تئاتر می‌روند، مشخص کنید.

ب. علیرضا در این روز چه میزان هزینه می‌کند؟

با توجه به فعالیت مطرح شده پرسش مهم زیر را پاسخ می‌دهیم :

با چه شرایطی می‌توان دو تابع  $f$  و  $g$  را با یکدیگر جمع کرد؟

برای دو تابع  $f$  و  $g$  که روی دامنه‌های دلخواهی تعریف شده‌اند،  $f+g$  تابعی است که روی  $D_f \cap D_g$  تعریف شده است و برای هر مقدار  $x$  در این اشتراک داریم :

$$(f+g)(x) = f(x) + g(x)$$

برای مثال اگر :

$$f = \{(1, 2) \text{ و } (-3, 4) \text{ و } (3, 5) \text{ و } (7, -1)\}$$

و

$$g = \{(2, 1) \text{ و } (3, -1) \text{ و } (7, 2)\}$$

فرض شود با توجه به دامنه‌های دو تابع  $f$  و  $g$  :

$$D_f = \{1, -3, 3, 7\}$$

$$D_g = \{2, 3, 7\}$$

اشتراک دو دامنه برابر است با :

$$D_f \cap D_g = \{3, 7\}$$

پس تابع  $f+g$  این‌گونه مشخص می‌شود :

$$f+g = \{(3, -1+5) \text{ و } (7, 2+(-1))\} = \{(3, 4) \text{ و } (7, 1)\}$$



## فعالیت

باتوجه به ضابطه‌های  $f_1(x) = x-1$  و  $f_2(x) = x+1$ ، ضابطه توابع زیر را به دست آورید:

$$f_+(x) = f_1(x) + f_2(x) = (x-1) + (x+1) = \quad f_+(x) =$$

$$f_-(x) = f_1(x) - f_2(x) = \quad f_-(x) =$$

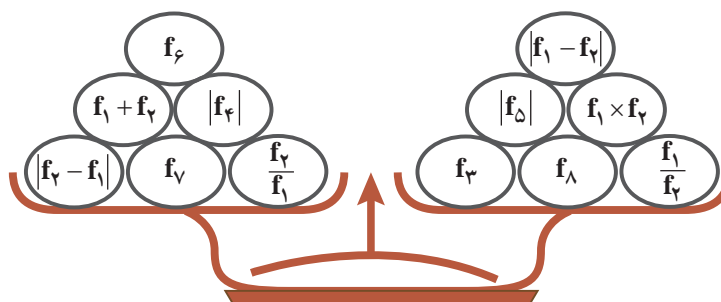
$$f_\delta(x) = f_2(x) - f_1(x) = \quad f_\delta(x) =$$

$$f_\epsilon(x) = f_1(x) \times f_2(x) = \quad f_\epsilon(x) =$$

$$f_\gamma(x) = \frac{f_1(x)}{f_2(x)} = \quad f_\gamma(x) =$$

$$f_\lambda(x) = \frac{f_2(x)}{f_1(x)} = \quad f_\lambda(x) =$$

اگر مقادیر تابع‌های  $f_1$  تا  $f_8$  به ازای  $x=2$  نمادهای وزنه‌های کفه‌های ترازو باشند، چرا دو کفه ترازو با هم برابرند؟ از این پاسخ چه نتیجه‌ای به دست می‌آید؟



عمل‌های جمع، تفریق، ضرب و تقسیم روی دو تابع به صورت زیر تعریف می‌شوند:

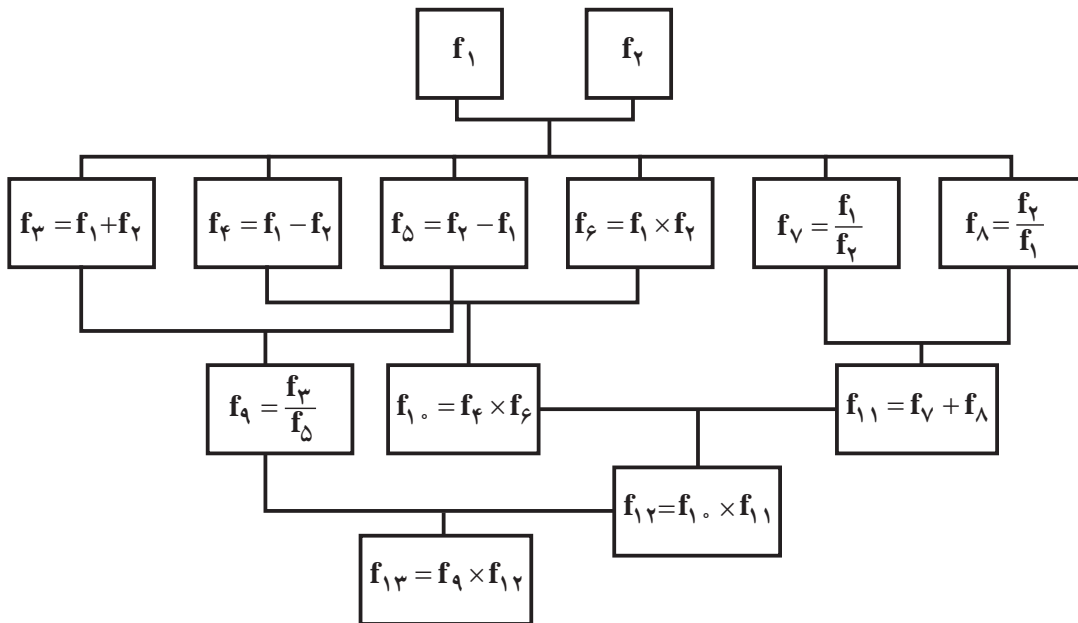
$$(f - g)(x) = f(x) - g(x) \quad D_{f-g} = D_f \cap D_g$$

$$(f \times g)(x) = f(x) \times g(x) \quad D_{f \times g} = D_f \cap D_g$$

$$\left(\frac{f}{g}\right)(x) = \frac{f(x)}{g(x)} \quad D_{\frac{f}{g}} = D_f \cap D_g - \{x \mid g(x) = 0\}$$

## کار در کلاس

۱. با توجه به ضابطه  $f_1(x) = x+1$  و  $f_2(x) = x-1$  درخت زیر را به ازای  $x=2$  کامل کنید.



۲. اگر  $f = \{(2,0), (4,-1), (-1,3)\}$  و  $g = \{(2,5), (3,-1), (-1,2)\}$  باشد، توابع زیر را مشخص کنید.

$$f + g =$$

$$f \times g =$$

$$\frac{g}{f} =$$

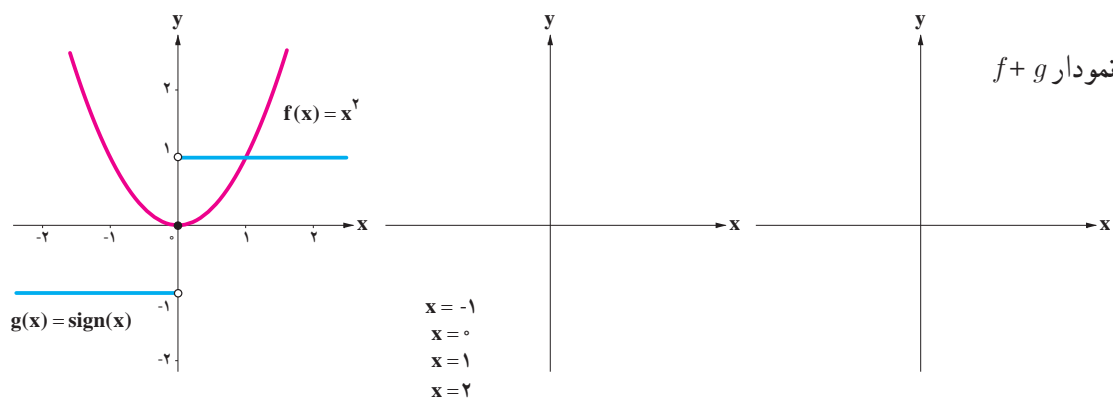
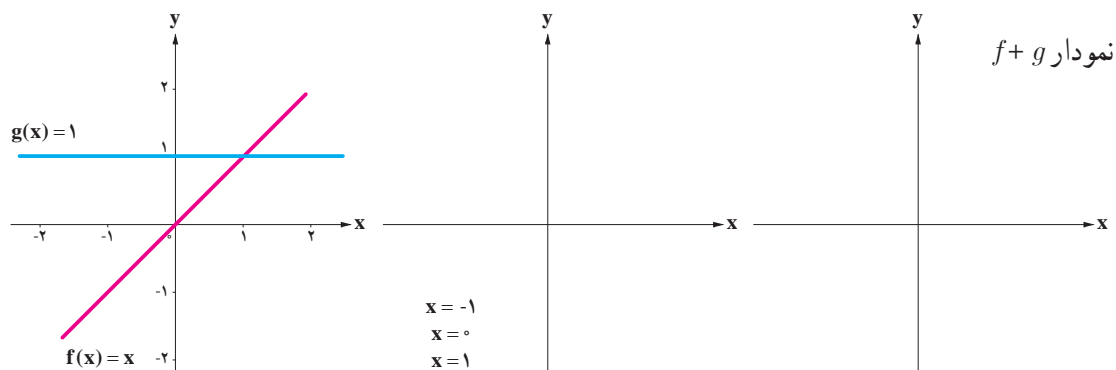
$$\frac{f}{g} =$$

$$f - g =$$

$$g - f =$$

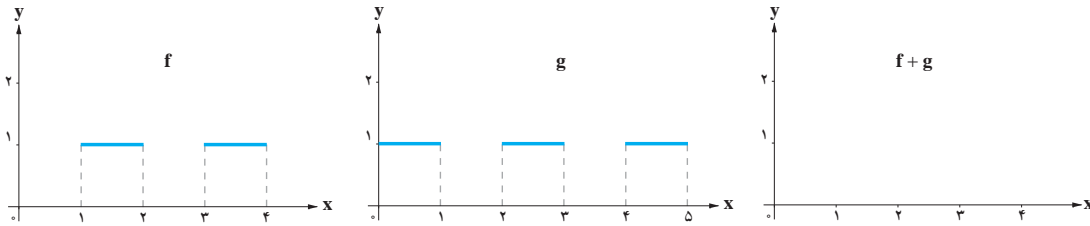
## فعالیت

به کمک نمودارهای رسم شده توابع  $f$  و  $g$ ، نمودار تابع  $f+g$  را ابتدا فقط در نقاط داده شده مشخص کنید. سپس نمودار کلی تابع  $f+g$  را به کمک ضابطه تابع آن و نیز نقاط مشخص شده از تابع، رسم کنید.

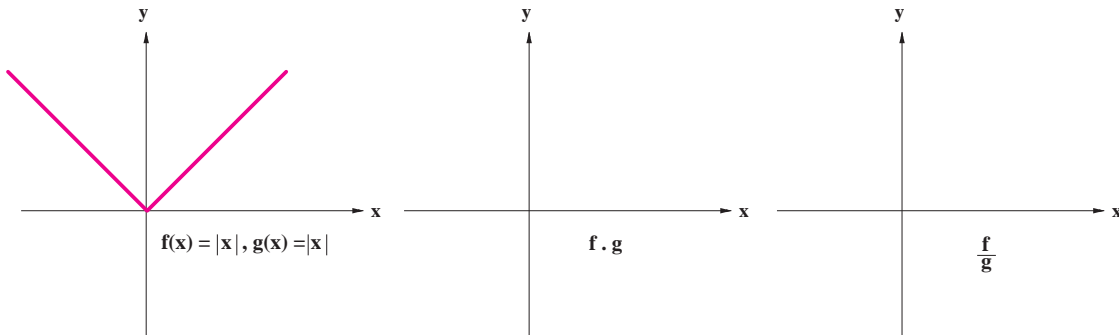


## تمرین

۱. در هر حالت با توجه به نمودار توابع  $f$  و  $g$ ، نمودار توابع خواسته شده را رسم کنید.  
(الف)



(ب)



۲. یک شرکت هولدینگ<sup>۱</sup> دارای دو کارخانه  $A$  و  $B$  است. اگر توابع درآمد و هزینه برای تولید  $x$  تن کاشی در کارخانه  $A$  به ترتیب  $x^2 + 16x - 2$  و  $8x + 6$  و در کارخانه  $B$  به ترتیب  $12x - x^2$  و  $9x + 2$  واحد باشد (هر واحد معادل یک میلیون تومان):  
الف. تابع سود شرکت هولدینگ را به دست آورید.

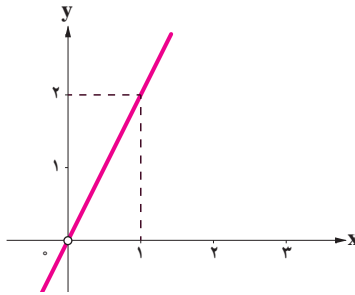
ب. این هولدینگ با چه میزان تولید کاشی به سود ماکزیمم خود می‌رسد؟

۳. اگر  $f(x) = [x]$  با دامنه  $0 \leq x \leq 1$  و  $g(x) = |x|$  با دامنه  $1 \leq x \leq 2$  و  $h(x) = x^2 - 4$  با دامنه  $-1 \leq x \leq 1$  در نظر گرفته شود، جدول زیر را کامل کنید.

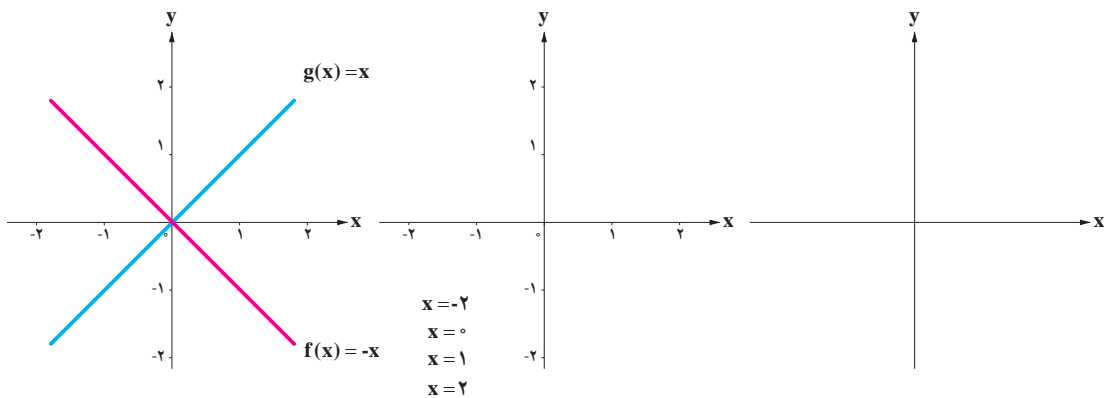
تابع	ضابطه	نمودار
$s(x) = f(x) + g(x)$	$s(x) =$	
$q(x) = \frac{h(x)}{f(x)}$	$q(x) =$	
$p(x) = h(x) \times g(x)$	$p(x) =$	

۱. هولدینگ از واژه لاتین Hold به معنای نگه داشتن می‌آید. شرکت هولدینگ یا مادر، شرکتی سهامی است که دارای «شرکت‌های زیرمجموعه» است. کنترل شرکت‌های زیرمجموعه مستقیماً زیر نظر مدیران و هیئت مدیره شرکت اصلی است.

۴. اگر  $f(x) = x^2$  و تابع  $(\frac{f}{g})(x)$  به صورت نمودار زیر باشد، ضابطه تابع  $g(x)$  را بدست آورید؟



۵. به کمک نمودارهای رسم شده توابع  $f$  و  $g$ ، نمودار تابع  $f+g$  را ابتدا فقط در نقاط داده شده، مشخص کنید. سپس نمودار کلی تابع  $(f+g)$  را به کمک ضابطه آن و نیز نقاط مشخص شده از تابع، رسم کنید.



### خواندنی ۱

چرا در عبارات جبری به جای متغیر از حرف  $x$  استفاده می کنیم؟  
در آثار ریاضی اسلامی برخی از اصطلاحات مانند نماد استفاده می شدند. یکی از این اصطلاحات کلمه «شی» است که آن را به جای مجهول به کار می بردند. اولین ترجمه کتاب های ریاضی دوره اسلامی به زبان اسپانیایی انجام گرفت. مشکل علمای قرون وسطایی اسپانیا که وظیفه شان ترجمه چنین متونی بود، در این زمینه این بود که حرف «ش» و کلمه «شی» قابل تبدیل به زبان اسپانیایی نبود. به دلیل آنکه در اسپانیا صدای «ش» یا «sh» وجود ندارد. صدای «ck» یا «ک» را از یونانی قدیم به شکل  $\chi$  یا «کای» جایگزین صدای «ش» یا «sh» کردند و بعدها که این متون به زبان های رایج تر اروپایی ترجمه شد، حرف یونانی «کای»  $\chi$ ، با حرف لاتین  $x$  جایگزین شد.



## خواندنی ۲

صنعت کشاورزی که حتی در نگاه نخستین نیز ساده به نظر نمی‌رسد، امروزه برای پاسخ‌گویی به تقاضای روزافزون صنایع غذایی نیازمند تجزیه و تحلیل دقیق‌تر و فناوری پیشرفته‌تر است. به همین دلیل در سال ۲۰۱۶ و در یک پروژه دانشگاهی، در طراحی جالب، کاری گروهی میان کشاورزان، ریاضی‌دانان و متخصصان مهندسی آب با هدف کاهش مصرف آب و البته تمرکز بر کم‌نشدن میزان محصول شکل گرفت؛ چنان‌که در تأمین بازار و سود کشاورزان خللی به‌وجود نیاید. برای این هدف یک مدل ریاضی آبیاری طراحی شد که موارد زیر در آن به دقت در نظر گرفته شده بود:

– رابطه میان رشد گیاه و مصرف آب در هر مرحله از رشد

– بهترین زمان کاشت

– مناسب‌ترین مکان کاشت (اینکه در چه زمین‌هایی کاشت انجام شود و در چه زمین‌هایی بستر کاشت مهیا نیست) نقطه عطف این طرح این بود که کشاورزان هرگز تصور نمی‌کردند چه اطلاعات مهم و تعیین‌کننده‌ای در اختیار دارند که با این اطلاعات می‌توان به یک مدل ریاضی برای کاشت محصول دست یافت.

امروزه کمک گرفتن از مدل‌های ریاضی در کشاورزی که بر اساس اطلاعات دقیق کشاورزان طراحی می‌شوند، در صنعت کشاورزی نوین به شکل‌گیری شاخه‌ای به نام «کشاورزی دقیق» (Precision farming) انجامیده است. در این شاخه به جمع‌آوری و بررسی داده‌ها بسیار اهمیت داده می‌شود.

مثالی دیگر در این زمینه طراحی مدلی برای استفاده از کودهای شیمیایی است. در حال حاضر به کمک ماشین‌آلات مجهز به GPS برای نمونه‌برداری از خاک زمین‌های کشاورزی و اطلاعات تجربی کشاورزان می‌توان فهمید که چه بخشی از زمین به کود شیمیایی بیشتر و چه بخشی به کود کمتر نیاز دارد. برآیند این اطلاعات سبب می‌شود که تا میزان قابل توجهی از استفاده بی‌رویه کود شیمیایی جلوگیری شود که نتیجه مستقیم و مفید آن کمتر شدن چشمگیر نیترات در منابع آبی؛ به‌ویژه آب‌های کشاورزی است.

## فصل ۳- آمار

شاخص‌های آماری

درس ۱

سری‌های زمانی

درس ۲



در دوره متوسطه تقریباً دانش‌آموزان دختر ۵۱٪ از کل دانش‌آموزان این دوره را تشکیل می‌دهند.

## درس ۱

## شاخص‌های آماری

بسیاری از مواقع کمیت‌هایی وجود دارند که می‌توانند معرف پارامتر جامعه باشند.

آیا می‌توانید چند کمیت را که در سال قبل با آن آشنا شدید، نام ببرید؟ نام این کمیت‌ها چه بود؟

## فعالیت

نمونه‌گیری از هزینه و درآمد خانوارها، یکی از مهم‌ترین طرح‌های آمارگیری در هر کشوری است. آیا تاکنون فکر کرده‌اید چگونه متوسط درآمد ماهیانه هر خانواده را در یک کشور محاسبه می‌کنند؟ سرشماری روشی مقرون به صرفه برای گردآوری داده‌ها برای پاسخ به این سؤال نیست.

در اینجا صورت ساده‌تر آن را در نظر می‌گیریم. فرض کنید، می‌خواهیم متوسط درآمد کارکنان یک مؤسسه تجاری را محاسبه کنیم. ده نفر از کارکنان را به صورت تصادفی انتخاب می‌کنیم. اگر درآمد ماهیانه ده نفر برحسب هزار تومان به صورت زیر باشد، میانگین و میانۀ درآمد ماهیانه آنها چقدر است؟

هیئت مدیره مؤسسه تجاری تصمیم دارد به کارکنانی که درآمد کمتری دارند، یارانه پرداخت کند. به نظر شما به چه کسانی باید یارانه پرداخت شود؟ اگر تعداد اعضای خانواده هر عضو نمونه به صورت زیر باشد، میانگین و میانۀ درآمد هر یک از افراد چقدر است؟ آیا با داشتن این داده‌ها نظر شما درباره سؤال قبل تغییر کرده است؟ یعنی به کدام یک از کارکنان مؤسسه یارانه پرداخت کنیم؟

ردیف	درآمد ماهیانه (هزار تومان)	تعداد اعضای خانوار	متوسط درآمد هر عضو
۱	۱۰۰۰	۳	
۲	۳۰۰۰	۴	
۳	۱۰۰۰	۱	
۴	۴۰۰۰	۵	
۵	۳۰۰۰	۱	
۶	۳۰۰۰	۷	
۷	۲۰۰۰	۳	
۸	۱۰۰۰	۴	
۹	۲۰۰۰	۲	
۱۰	۱۰۰۰	۱	



خط فقر حداقل درآمدی است که برای زندگی یک نفر در یک ماه مورد نیاز است. خط فقر برابر است با نصف میانگین یا نصف میانه درآمد ماهیانه افراد جامعه<sup>۱</sup>.

## کار در کلاس

در فعالیت قبل خط فقر را به دو روش ذکر شده محاسبه کنید. هیئت مدیره مؤسسه تجاری تصمیم دارد مقدار یارانه را براساس نصف میانه محاسبه کند. به کدام یک از کارکنان چه میزان یارانه بدهند که خانواده او حداقل درآمدی بیش از خط فقر داشته باشد؟

## کار در کلاس

خط فقر بین المللی توسط بانک جهانی در سال جاری حدود چهار هزار تومان (۱/۲۵ دلار آمریکا) برای هر نفر در روز تعیین شده است.

۱. در فعالیت قبل چند خانوار درآمدی کمتر از چهار هزار تومان دارند.
۲. اگر درآمد یک خانواده سه نفری در یک ماه دو میلیون تومان باشد، طبق این تعریف این خانواده چه وضعیتی دارد؟
۳. متوسط درآمد ماهیانه یک خانواده سه نفره در ماه حداقل چقدر باشد تا شخص فقیر نباشد؟
۴. در فعالیت قبل میزان یارانه را با خط فقر بین المللی برای هر یک از کارکنان محاسبه کنید.
۵. چه موقع دو روش محاسبه خط فقر تفاوت زیادی باهم دارند؟ چرا؟

شاخص<sup>۲</sup> یک معیار آماری است که تغییرات نسبی در جامعه آماری را نشان می دهد.

شاخص ها نه تنها مانند جداول فراوانی و نمودارها، متغیرهای داده ها را خلاصه می کنند؛ بلکه واقعیت های مفیدی را از جامعه به سادگی به ما نشان می دهند و امکان مقایسه را فراهم می کنند. مثلاً خط فقر شاخصی است که درآمد افرادی را که حداقل درآمد برای زندگی را ندارند، مشخص می کند. این شاخص به ما کمک می کند در طی زمان امکان بررسی تأثیر سیاست های دولت ها برای فقرزدایی را رصد کنیم.

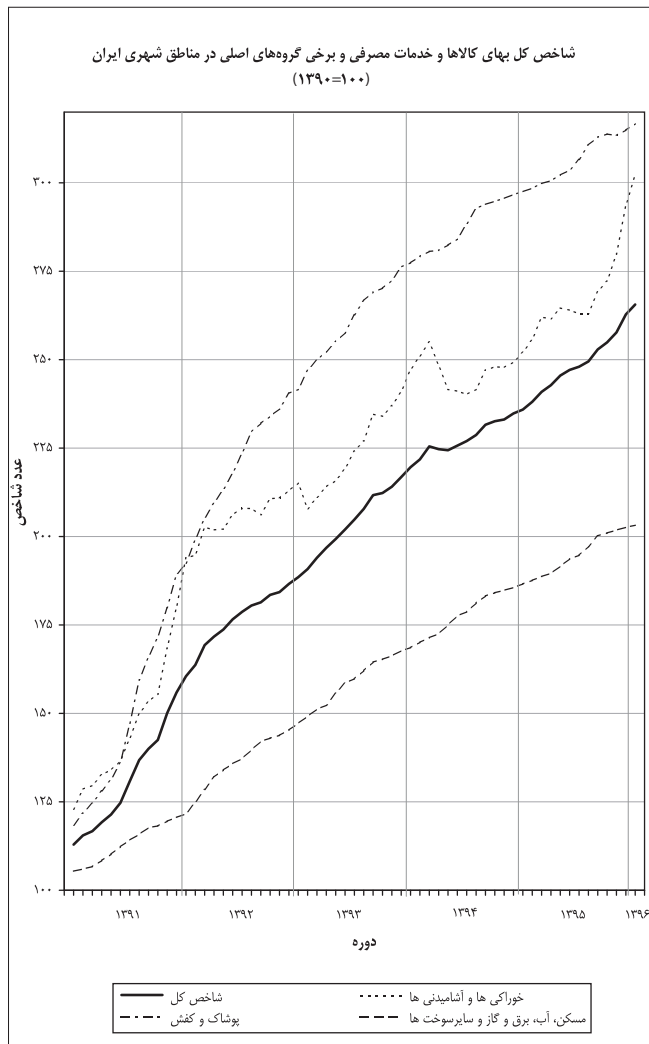


۱- از این تعریف خط فقر (Poverty line) به دلیل سادگی آن استفاده شده است. دولت ها از تعریف بسیار دقیق تری استفاده می کنند. در این کتاب منظور از خط فقر همین تعریف است.  
 ۲- معمولاً شاخص ها (Indices) بر اساس چند آماره محاسبه می شوند. هدف ما تحلیل و تفسیر آنهاست.

## فعالیت

می‌خواهیم با پرداخت یارانه ثابت به خانوارها تعداد کسانی را که درآمدی کمتر از خط فقر دارند، کاهش دهیم. اگر بودجه این کار ثابت باشد، به نظر شما آن را بین همه خانوارها تقسیم کنیم یا خانوارهایی که درآمدی کمتر از خط فقر داشته‌اند؟ پاسخ خود را برای خط فقر بین‌المللی نیز بیان کنید.

فرض کنید هدف ما کنترل فقر با شاخص بین‌المللی آن باشد و تصمیم گرفته‌ایم که به خانوارهایی که درآمدی کمتر از خط فقر دارند، یارانه دهیم. آیا با این تصمیم به هدف خود رسیده‌ایم؟ برای پاسخ دقیق‌تر به این سؤال نیاز به معرفی شاخص دیگری داریم. در ادامه نمودار پراکنش نگاشت شاخص بهای کالاها و خدمات مصرفی<sup>۱</sup> مناطق شهری در طی ۵ سال متوالی رسم شده است. این شاخص بر اساس متوسط هزینه<sup>۰</sup> ۳۰ نوع کالا، خوراکی و خدمات برای هرماه محاسبه می‌شود. از جمله می‌توان به هزینه‌های مسکن، پوشاک، سلامت، غذا، حمل‌ونقل و تحصیل اشاره کرد. البته موارد ذکر شده دارای اهمیت یکسانی در محاسبه نیستند.



این شاخص نسبت به یک سال پایه محاسبه می‌شود که در نمودار عدد ذکر شده درصد تغییرات نسبت به سال پایه ۱۳۹۰ است.

<sup>۱</sup> CPI: Consumer Price Index

شاخص بهای کالاها و خدمات مصرفی، متوسط مبلغ پرداخت شده از سوی مصرف کنندگان برای مجموعه‌ای از تعداد زیادی کالا و خدمت در طول یک سال است. این شاخص تحولات قیمت را بر مبنای یک سال پایه نشان می‌دهد.

## مثال

به‌عنوان مثال اگر سبد هزینه خانواری در سال پایه از دو کالای نان و گوشت تشکیل شده باشد و قیمت این دو کالا در سال پایه به ترتیب ۱۰۰۰ و ۵۰۰۰۰ ریال باشد و در سال مورد نظر به ۱۵۰۰ و ۷۰۰۰۰ ریال برسد و با فرض آنکه مقادیر مصرفی نان و گوشت در سال پایه به ترتیب معادل ۲۰۰ و ۸۰ کیلوگرم باشد، برای محاسبه شاخص به‌صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$\text{شاخص بهای نان و گوشت} = \frac{(1500 \times 200) + (70000 \times 80)}{(1000 \times 200) + (50000 \times 80)} = \frac{5900000}{4200000} \times 100 = 1/405 \times 100 = 140/5$$

## کار در کلاس

۱. در نمودار شاخص بهای کالاها و خدمات محور طول‌ها نشان‌دهنده ..... و محور عرض‌ها نشان‌دهنده ..... است.
  ۲. شاخص بهای کالاها و خدمات به واحد اندازه‌گیری بستگی ..... .
  ۳. به نظر می‌رسد افزایش شاخص بهای کالاها و خدمات نشان‌دهنده ..... شدن هزینه اقلام خوراکی و ..... است.
  ۴. شاخص بهای کالاها و خدمات بر اساس تعداد ..... متغیر محاسبه می‌شود.
  ۵. اهمیت شاخص بهای کالاها و خدمات چیست؟
- حال به سؤال قبل باز می‌گردیم. آیا پرداخت یارانه ثابت طی سال‌های آتی (مثلاً ۴۵۰۰۰ تومان به ازای هر نفر) می‌تواند در همه این مدت درآمد خانوار را بیشتر از خط فقر نگه دارد؟

## خواندنی

در اقتصاد، یک جریان چرخشی پول و کالاها و خدمات و عوامل تولید وجود دارد. به‌عنوان مثال، وقتی آقای شکوهی به‌عنوان طراح در یک شرکت سازنده تزئینات داخلی ساختمان کار می‌کند، درآمدی به دست می‌آورد که می‌تواند آن را برای خرید کالاها و خدمات، خرج کند. آقای شکوهی در طول سال، درآمدش را صرف خرید کالاها و خدمات گوناگونی می‌کند. او وقتی به فروشگاه می‌رود، ۱۰۰ هزار تومان با خود می‌برد و مجموعه‌ای از کالاهای مورد نیاز خانواده‌اش را می‌خرد. فرض کنیم خریدهای اینها باشند: شیر، تخم مرغ، برنج، گوشت، چای و شکر. او همچنین بنزین برای خودرو سواری‌اش می‌خرد و هزینه اجاره خانه و قبض آب و برق و گاز و تلفن را می‌پردازد. او در این سال، یک تلویزیون می‌خرد؛ به یک مسافرت می‌رود، و یک عمل جراحی هم انجام می‌دهد.

هر یک از خانوارها و افراد جامعه در طول سال، هزینه‌هایی این‌چنین دارند. هزینه‌های همه خانوارها در هر سال، شاخصی به نام «شاخص بهای کالاها و خدمات مصرفی یا شاخص قیمت مصرف‌کننده» را می‌سازد که برای کل اقتصاد محاسبه می‌شود. این شاخص، سطح قیمت‌ها در یک سال را اندازه می‌گیرد.

شاخص بهای کالاها و خدمات نشان می‌دهد که با پولمان چقدر می‌توانیم خرید کنیم، یا به اصطلاح، «قدرت خرید» پولمان چقدر است. هرچه قیمت‌ها افزایش یابند، «قدرت خرید» پولمان کاهش می‌یابد.

آقای شکوهی در سال بعد نیز به فروشگاه می‌رود و همان مبلغ ۱۰۰ هزار تومان را خرج می‌کند. او متوجه می‌شود که این بار نمی‌تواند همه کالاهای قبلی را با همان ۱۰۰ هزار تومان بخرد. علت این موضوع، افزایش قیمت کالاها و خدمات در طول زمان است. در واقع، «هزینه زندگی» او افزایش یافته است. او نه تنها وقتی که به فروشگاه می‌رود، باید پول بیشتری بپردازد، بلکه برای پر کردن باک بنزین خودرو یا برای یک شب اقامت در شهری دیگر باید پول بیشتری بپردازد.

تغییر متوسط قیمت کالاها و خدمات در طول زمان را تورم می‌نامند.

تورم، یکی از مهم‌ترین مفاهیم اقتصادی است که شما به آسانی می‌توانید درک کنید. تورم بر زندگی تک‌تک ما اثرگذار است. اقتصاددانان و آماردانان با کمک یکدیگر، میزان تورم یا تغییرات سطح قیمت‌ها را با استفاده از «شاخص بهای کالاها و خدمات» محاسبه می‌کنند. برای این کار، شاخص بهای کالاها و خدمات یک سال را با سال‌های قبل مقایسه می‌کنند. به نظر شما رابطه بین تورم و شاخص بهای کالاها و خدمات چیست؟ از تقسیم تفاضل شاخص در سال مورد نظر و شاخص در سال پایه بر عدد ۱۰۰، افزایش قیمت‌ها به درصد در فاصله بین سال پایه و سال مورد نظر به دست می‌آید.

$$\text{تورم} = \frac{(\text{شاخص بهای گوشت و نان در سال پایه}) - (\text{شاخص بهای گوشت و نان در سال مورد نظر})}{100} = \frac{140/5 - 100}{100} = 0/405 = 40\%$$

## کار در کلاس

از مدرسه به خانه برمی‌گشتم و داشتم از کنار دکه روزنامه‌فروشی رد می‌شدم که جمله درشت یکی از روزنامه‌ها نظرم را جلب کرد: «در صورتی که رشد اقتصاد سالانه یک درصد باشد، در سال ۱۴۰۰ نرخ (شاخص) بیکاری تحصیل‌کردگان آموزش عالی به ۴۸ درصد خواهد رسید».

با خودم گفتم پس در زمانی که ما قرار است شاغل شویم، احتمال یافتن شغل پنجاه‌پنجاه است. تا به حال به این مسئله توجه نکرده بودم و فکر می‌کردم اگر درس بخوانم، شغل خوبی خواهیم داشت و می‌پنداشتم درس خواندن سخت است! اما نسبت به کار پیدا کردن خیلی راحت‌تر است.

این جمله را با معلم درس‌آمار در میان گذاشتم. او گفت: نرخ بیکاری عبارت است از نسبت جمعیت بیکار به جمعیت فعال. این نرخ با رشد اقتصادی پنج درصد نیز محاسبه شده و اگر رشد اقتصادی ۵ درصد برای کشور به دست آید، نرخ بیکاری تحصیل‌کردگان به ۳۶ درصد می‌رسد. سپس او با یک توضیح و چند سؤال، نظرم را درباره همه ماجرا عوض کرد. بیکار به فردی بالای ۱۶ سال می‌گویند که به‌طور موقت بیکار شده یا در جست‌وجوی شغل باشد، یا منتظر شروع یک کار جدید از تاریخ مشخصی باشد. این تعریف برای تمام کشورها یکسان است.

آیا به نظر شما شاخص بیکاری برای چهار زیرگروه رشته‌های تحصیلی یکسان است؟ در هر رشته چگونه؟

## تمرین

۱. اگر میانگین درآمد خانوارهای کشور ۳۵۰۰۰۰۰۰ ریال باشد، حداقل حقوق دریافتی کارکنان شرکت الف چقدر باشد تا هیچ کارمندی در این شرکت زیر خط فقر نباشد؟ چه زمانی از میانه درآمد خانوارها برای محاسبه خط فقر استفاده می‌کنیم؟
۲. خانواده‌ای شش نفره در یکی از کشورهای در حال توسعه زندگی می‌کنند. با توجه به تعریف خط فقر بین‌المللی درآمد ماهانه این خانواده باید چند دلار باشد تا زیر خط فقر نباشند؟
۳. در یک منطقه ۱۲۰۰ نفر از افراد ۱۶ ساله و بیشتر شاغل اند. در این منطقه ۲۰۰ نفر ۱۶ ساله و بیشتر جویای کار می‌باشند. الف) نرخ بیکاری در این منطقه چقدر است؟  
ب) حداقل چند شغل در این منطقه باید ایجاد شود تا نرخ بیکاری منطقه برابر ۵ درصد باشد؟
۴. خانواده آقای صالحی در فروردین ماه سال ۱۳۹۰، پانصد هزار تومان هزینه ماهانه مسکن، آب، برق، گاز و سایر سوخت‌ها داشته است. در همان تاریخ هزینه ماهانه خوراکی‌ها و آشامیدنی‌های این خانواده دویست و پنجاه هزار تومان بوده است. اگر تعداد افراد این خانواده تغییری نکرده باشد، بر مبنای نمودار شاخص بهای کالا و خدمات مصرفی موارد زیر را به‌طور تقریبی محاسبه کنید.  
الف) هزینه ماهانه مسکن، آب، برق، گاز و سایر سوخت‌های این خانواده در خردادماه ۱۳۹۳  
ب) هزینه ماهانه خوراکی‌ها و آشامیدنی‌های این خانواده در مهرماه ۱۳۹۵
۵. نماتوپ یا شاخص توده بدنی که در سال گذشته آن را در کتاب ریاضی و آمار خود دیدید، یکی دیگر از شاخص‌های مهم آماری است که به شاخص سلامت معروف است. برای محاسبه آن باید وزن فرد را به کیلوگرم بر توان دوم قدش بر حسب متر تقسیم کرد.  
جدول زیر اطلاعات خانواده صالحی را نشان می‌دهد.

افراد خانواده	سن (سال)	وزن (کیلوگرم)	قد (سانتی متر)
صالح	۱۷	۶۲	۱۷۷
برادر	۲۲	۸۵	۱۸۳
خواهر	۲۵	۵۳	۱۷۰
مادر	۵۰	۶۰	۱۶۵
پدر	۵۵	۸۱	۱۷۴

- اکنون با توجه به جدول بالا مشخص کنید کدام یک از افراد این خانواده وزن مطلوبی دارند؟
۶. در موقع خرید کتاب‌های داستان معمولاً به سطح کتاب برای رده سنی مشخص شده، توجه می‌کنیم. به نظر شما چگونه این کار را انجام می‌دهند؟ آیا نظر افراد با تجربه برای تعیین سطح یک متن به‌خصوص همیشه یکسان است؟ ارزیابی آنها کیفی است یا کمی؟

خوانایی متن میزان سهولت درک متن از طریق انتخاب واژه‌های مناسب و رعایت دستور نگارش است.

یکی از شاخص‌های خوانایی که سال‌های تحصیل خواننده متون انگلیسی را تخمین می‌زند، به صورت زیر تعریف شده است.

$$\text{شاخص پایه آموزش} = \left[ \frac{0}{4} \times (\text{میانگین تعداد کلمات در هر جمله} + \text{درصد کلمات «دشوار»}) \right]$$

که منظور از کلمات «دشوار» کلمات دو هجا بدون در نظر گرفتن اسامی و کلمات ترکیبی آسان است. این شاخص عددی بین ۱ تا ۱۲ است که نشان‌دهنده پایه تحصیلی است.

الف) برای کتابی با متوسط طول جملات ۸ کلمه‌ای و ۲۰ درصد کلمه سخت، شاخص پایه آموزش را محاسبه کنید. این کتاب مناسب دانش‌آموزان چه پایه‌ای است؟

پاسخ: این کتاب مناسب دانش‌آموزانی است که پایه ..... را به پایان رسانده‌اند.

ب) مزایا و محدودیت‌های این شاخص چیست؟

پاسخ: استفاده از این شاخص ساده است. با این حال، فرض می‌کند که کلمات بزرگ‌تر و جملات طولانی‌تر باعث ..... شدن متن می‌شوند، اما یک نویسنده چیره‌دست می‌تواند با کلمات و جملات دیگری باعث ..... متن شود.

ج) همان‌گونه که متوجه شده‌اید، این شاخص بر اساس دو آمار از دو متغیر تعریف شده است. آنها را نام ببرید.

۷. هزینه‌های زندگی خانواده آقای صالحی در سال ۱۳۹۰ در جدول زیر آمده است. با توجه به نمودار شاخص بهای کالاها و خدمات مصرفی جدول زیر را کامل کنید.

	۱۳۹۰	مهر ماه ۱۳۹۳	دی ماه ۱۳۹۶
هزینه خوراکی‌ها و آشامیدنی‌ها (برحسب هزار تومان)	۲۱۰	$\frac{210 \times 225}{100} = 472.50$	
هزینه کل (برحسب هزار تومان)	۸۵۰	$\frac{\dots \times 202}{100} = \dots$	

۸. شاخص پوسیدگی دندان (DMFT) در ایران برای سال ۱۳۶۰ برابر ۳ بوده است؛ یعنی هر ایرانی به طور متوسط دارای یک

دندان کشیده شده، یک دندان پوسیده و یک دندان پُر شده است. این شاخص در سال ۱۳۹۵ برابر ۶ شده است. این شاخص را در

سال ۱۳۹۵ تفسیر کنید. شاخص در سال ۱۳۹۵ چند درصد افزایش داشته است؟ این شاخص در سال ۱۳۶۰ نسبت به سال ۱۳۹۵

چند درصد کاهش داشته است؟

## درس ۲

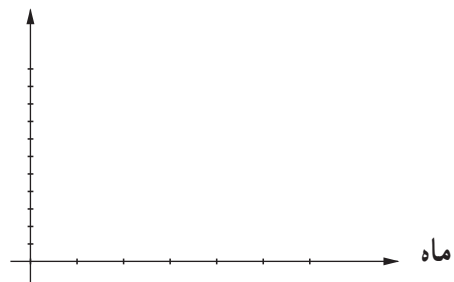
## سری‌های زمانی

به نظر شما دستیابی به کدام یک از اطلاعات زیر جالب‌تر است؟  
 دمای هوای شهر محل زندگی ما در هفته آینده.  
 میزان آلاینده‌های شهر محل زندگی ما در ماه آینده.  
 نرخ بیکاری در زمان اخذ دیپلم.  
 آیا به نظر شما مجموعه‌ای از داده‌های آماری که در فواصل زمانی مساوی و منظم جمع‌آوری شده باشند، می‌توانند پیش‌بینی خوبی برای تصمیم‌گیری ما باشند؟

## فعالیت

میزان بارندگی در شش ماه دوم سال دو شهر آ و ب برحسب میلی‌متر در جدول زیر آمده است

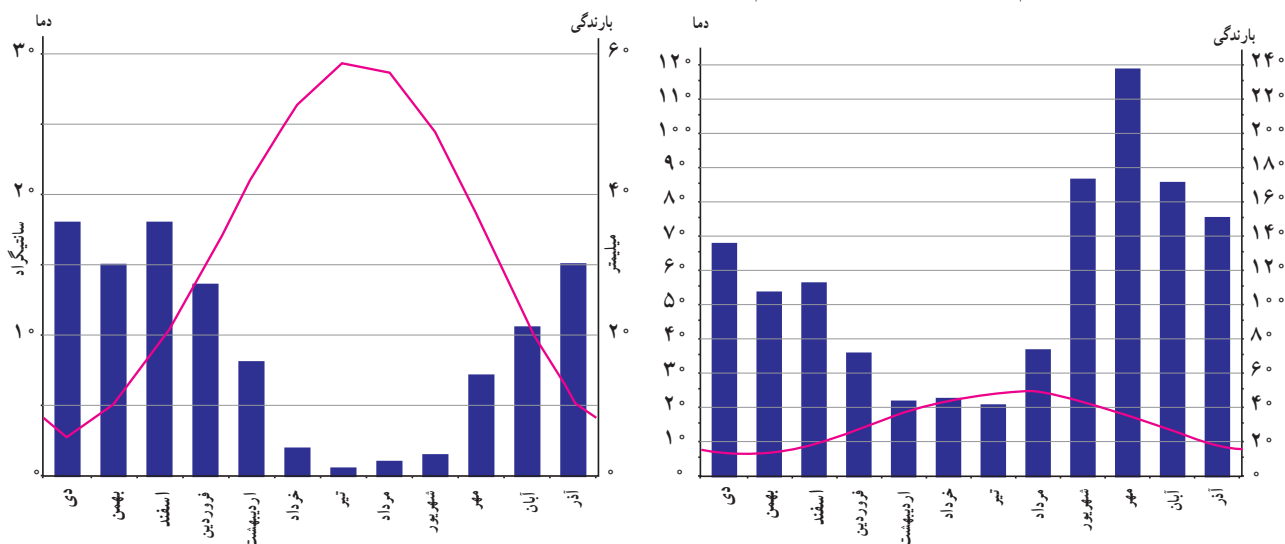
انحراف معیار	میانگین	مجموع	اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر	
			۳۰	۳۰	۳۵	۳۰	۲۰	۱۵	شهر آ
			۱۱۰	۱۱۰	۱۳۰	۱۵۰	۱۷۰	۲۳۰	شهر ب

- جدول را کامل کنید.
  - میانگین و انحراف معیار بارندگی در شهرها را مقایسه کنید.
  - نمودار پراکنش نگاشت هر دو شهر را برحسب ماه‌های سال با یک مقیاس بر روی یک محور رسم کنید. نقاط را به هم وصل کنید. برای مشخص شدن هر شهر از یک رنگ متفاوت استفاده کنید.
  - کدام شهر میزان بارندگی بیشتری در پاییز نسبت به زمستان دارد؟
- 

حال نمودار پراکنش نگاهت دما و نمودار میله‌ای بارندگی‌های همان دو شهر را با مقیاس‌های متفاوت برای یک سال به‌ویژه در یک محور رسم کرده‌ایم.

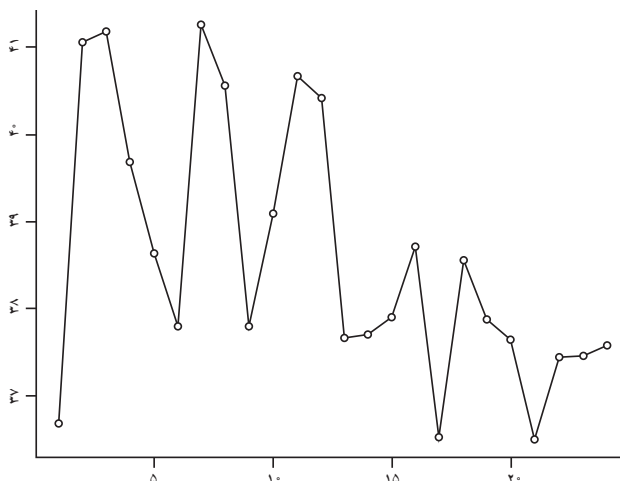
● در چه فصلی از سال بارندگی بیشتر است؟

● متوسط دمای کدام شهر کمتر است؟ آیا در تمام ماه‌های سال به همین نحو است؟



سری زمانی: مجموعه داده‌هایی که در طی زمان با فواصل منظم گردآوری می‌شوند.  
 نمودار سری زمانی: پراکنش نگاهت سری زمانی که داده‌ها را با پاره خط‌هایی در طول زمان به هم متصل می‌کند.

## کار در کلاس



سری زمانی زیر نشان‌دهندهٔ ۶ روز درجه حرارت بدن یک بیمار مبتلا به بیماری میکروبی است. او بستری شده و درمانش با آنتی‌بیوتیک آغاز شده است.

● هر روز چند درجه حرارت خوانده شده ثبت شده است.

● درجه حرارت بیمار در لحظهٔ بستری شدن چند درجه است؟

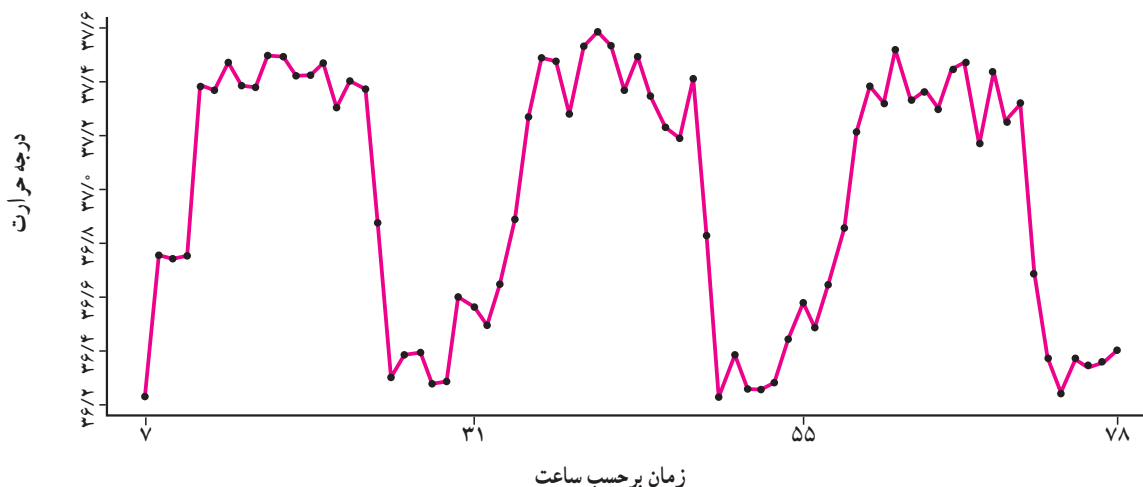
● پس از چند روز درجه حرارت بیمار به حالت طبیعی بازگشته است؟

● اگر اولین زمان ثبت درجه حرارت ساعت ۷ صبح باشد، نمودار را فقط برای ساعات ۷ صبح رسم کنید. کدام نمودار ساده‌تر به نظر می‌رسد؟ کدام یک جزئیات بیشتری را نشان می‌دهد؟



## فعالیت

درجه حرارت بدن یک انسان سالم هر ساعت طی ۳ روز از ۷ صبح اندازه‌گیری شده است.



- بیشترین دمای بدن چقدر است؟
- دمای بدن در طول روز اول چه تغییراتی کرده است؟ تغییرات دمای بدن در روز اول را توصیف کنید.
- آیا این تغییرات در روزهای بعد نیز تکرار شده است؟
- این منحنی چه ویژگی دارد؟ (خطی، صعودی یا تناوبی)

### خواندنی

معادله منحنی دمای بدن انسان سالم در طی روز تقریباً برابر است با

$$y = 5 \left( \frac{1}{8} \sin^2 \left( \left( \frac{\pi}{12} \right) x - \left( \frac{\pi}{2} \right) \right) + \frac{98}{6} - 32 \right) / 9$$

که مقدار  $x = 0$  دمای بدن در ساعت ۱۲ ظهر است.

تکرار یک ویژگی را در سری زمانی الگو می‌نامند. بازشناسی الگو به ما کمک می‌کند که چنین معادله‌هایی را برای پدیده‌های طبیعی بیابیم.

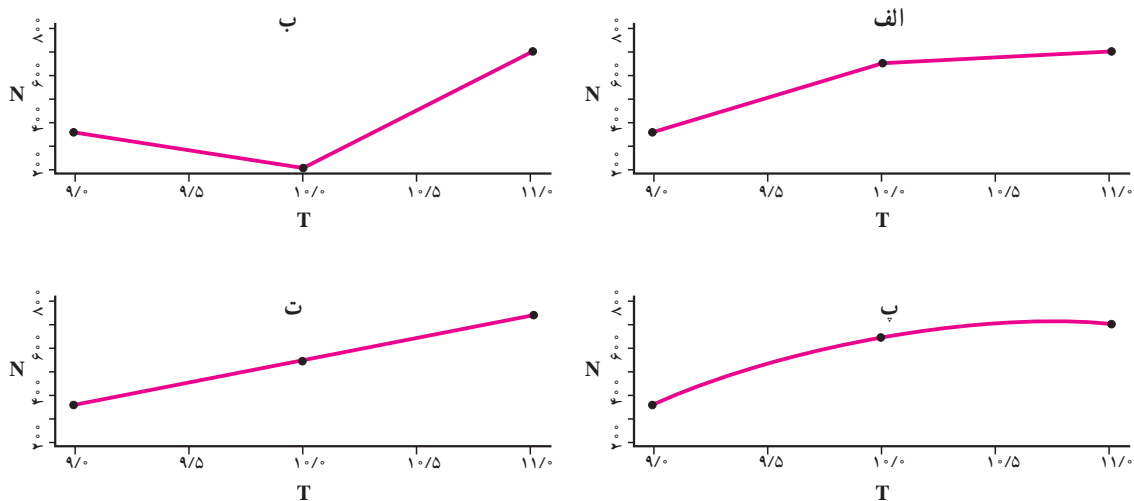
## فعالیت

در یک مرکز خرید تعداد مشتری‌ها بین ساعت ۹ تا ۲۱ به صورت زیر ثبت شده است.

ساعت (T)	۹	۱۱	۱۳	۱۵	۱۷	۱۹	۲۱
تعداد مشتری (N)	۲۵۰	۷۵۰	۸۰۰	۶۵۰	۳۰۰	۵۰۰	۲۵۰

نمودار سری زمانی را رسم کنید.

می‌خواهیم تعداد مشتری‌های ساعت ۱۰ را حدس بزنیم. به نظر شما کدام یک از نمودارهای زیر واقعی‌تر است؟



اگر فرض کنیم تعداد مشتری‌ها در فاصله زمانی ۹ تا ۱۱ به صورت یکنواخت تغییر کرده است، به سؤال قبل پاسخ دهید.

درون‌یابی تخمین داده‌های بین داده‌های ثبت شده است.

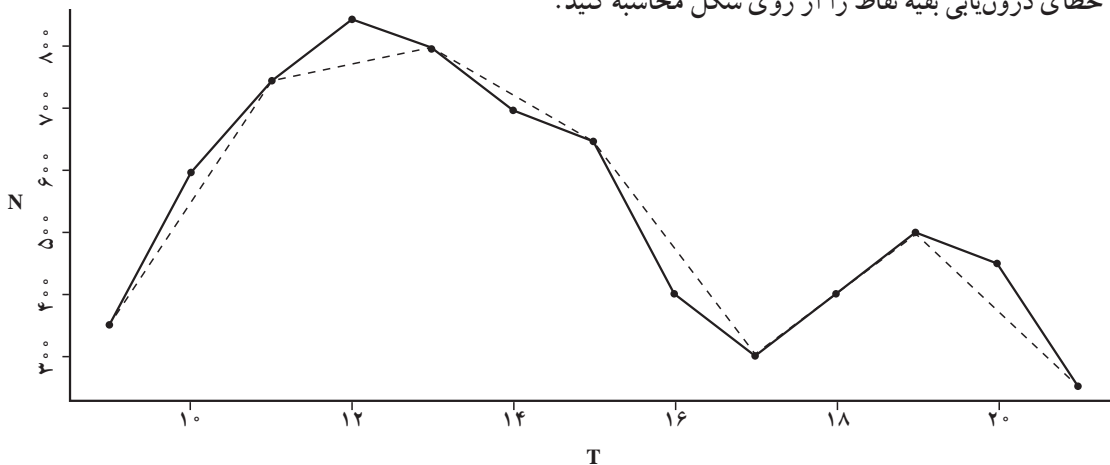


نمودار متوسط وزن نوزادان پسر و دختر یک تا ۳ ساله

## کار در کلاس

می‌خواهیم تعداد مشتری‌های ساعت ۱۰ در فعالیت قبل را درون‌یابی کنیم. فرض می‌کنیم تعداد مشتری‌ها در فاصله زمانی ۹ تا ۱۱ به صورت یکنواخت تغییر کرده است.

- معادله خط بین دو ساعت (۹,۳۵۰) و (۱۱,۷۵۰) را به دست آورید.
- خط را رسم کنید.
- مقدار این خط در ساعت ۱۰ چقدر است؟
- این مقدار به درون‌یابی کدام یک از شکل‌های فعالیت قبل نزدیک‌تر است؟
- اگر مقادیر داده‌های واقعی را به صورت ساعتی جمع‌آوری کرده باشیم که در شکل زیر با خط توپیر نشان داده شده است، خطای درون‌یابی ساعت ۱۰ چقدر است؟  $N$  نشان‌دهنده تعداد مشتری‌ها و  $T$  نشان‌دهنده زمان است. (خطا برای هر نقطه برابر است با قدر مطلق تفاضل مقدار واقعی هر نقطه از درون‌یابی آن).
- خطای درون‌یابی بقیه نقاط را از روی شکل محاسبه کنید.



درون‌یابی که به وسیله یک پاره خط انجام شود، درون‌یابی خطی است.



نمودار شاخص قیمت واقعی و اسمی بورس تهران در ماه‌های گذشته. رفتار این شاخص در آینده چگونه خواهد بود؟

## فعالیت

میزان فروش یک شرکت در ۵ سال متوالی برحسب میلیارد ریال به صورت زیر است

سال $x$	۱	۲	۳	۴	۵
فروش $y$	۶	۹	۱۱	۱۵	۱۹

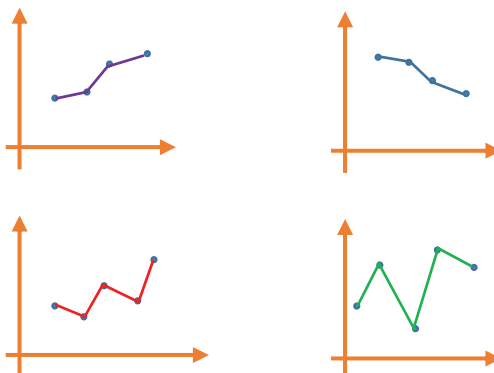
- سری زمانی را رسم کنید.
- فروش در سال هفتم را حدس بزنید.
- میانگین سال و فروش را محاسبه کنید و روی نمودار نمایش دهید.
- یک خط از نقطه میانگین‌ها به نقطه  $(۵, ۱۹)$  وصل کنید.
- معادله خط را به دست آورید.
- اگر به جای  $x$  در معادله، مقدار ۶ قرار دهید، عدد به دست آمده چقدر است؟ آیا می‌توان این مقدار را به عنوان تخمین فروش در سال آینده تصور کرد؟

برون‌یابی تخمین داده‌های بعدی یا قبل از داده‌های ثبت شده است.

در فعالیت قبل مقدار عدد به دست آمده در سال ششم برون‌یابی مقدار فروش است.

## تمرین

- ۱- کدام یک از داده‌های زیر سری زمانی است؟ پاسخ خود را توضیح دهید.
  - الف) تعداد مسافران فرودگاه بوشهر در هر ماه در ۱۰ سال گذشته.
  - ب) تعداد مشتریان یک تاجر برحسب مدت زمانی که صرف بازاریابی می‌کند.
  - ج) تعداد ساعاتی که در معرض نور مستقیم خورشید قرار داریم؛ شدت آفتاب سوختگی.
- ۲- اگر نمودارهای شکل زیر یک سری زمانی باشند، در کدام حالت درون‌یابی و برون‌یابی خطی بهتری امکان‌پذیر است؟ پاسخ خود را توضیح دهید.



۳- یک دکه دار تعداد بطری‌های آب فروخته‌شده، از شروع فصل گرما را یک روز در میان مطابق با جدول زیر ثبت کرده است :

روز	شنبه	دوشنبه	چهارشنبه	جمعه	یکشنبه	سه‌شنبه	پنجشنبه	شنبه
تعداد بطری‌ها	۸	۱۳	۱۶	۲۵	۱۸	۲۲	۲۱	۲۳

الف) سری زمانی داده‌ها را رسم کنید.

ب) تعداد بطری‌های فروخته‌شده روزهای فرد را درون‌یابی کنید.

ج) تعداد بطری‌های فروخته‌شده دوشنبه از هفته دوم را برون‌یابی کنید.

۴- تعداد گل‌های زده شده در لیگ برتر فوتبال جام خلیج فارس در هفته‌های زوج و پایانی در جدول زیر آمده است.

هفته	۲۰	۲۲	۲۴	۲۶	۲۸
تعداد گل‌ها	۳۰	۲۷	۳۲	۳۵	۳۵

سری زمانی مربوط به آن را رسم کنید. تعداد گل‌های هفته ۱۳<sup>۰</sup>م را برون‌یابی کنید.

۵- میانگین افزایش خدمات یک تعمیرگاه نسبت به سال اول (سال پایه) برحسب درصد در جدول زیر آمده است.

سال	۱	۲	۳	۴	۵	۶
درآمد	۱۹/۵	۲۹	۳۸/۵	۴۸	۵۸	۶۷

الف) سری زمانی داده‌ها را رسم کنید.

ب) درصد افزایش خدمات سال هفتم این تعمیرگاه را نسبت به سال پایه برون‌یابی کنید.

۶- تعداد زلزله‌های بالای ۷ ریشتر در جهان مطابق جدول زیر برای ده سال ثبت شده است.

سال	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم	هشتم	نهم	دهم
تعداد زلزله‌های بالای ۷ ریشتر	۳۰	۲۸	۲۹	۲۳	۲۰	۱۶	۲۱	۲۵	۱۶	۲۱

الف) سری زمانی آن را رسم کنید.

ب) میانگین سال و تعداد زلزله‌ها را به دست آورید.

ج) معادله خطی را که نقطه (۲۱ و ۱۰) را به میانگین سال و تعداد زلزله‌ها وصل می‌کند، به دست آورید.

د) با استفاده از خطی که معادله آن را به دست آورده‌اید، تعداد زلزله‌های بالای ۷ ریشتر را در سال یازدهم در جهان برون‌یابی کنید.

ه) اگر بدانیم در سال یازدهم دقیقاً ۲۵ زلزله آمده است، خطای برون‌یابی چقدر است؟

۷- نرخ تورم در ایران بین سال‌های ۱۳۱۶ تا ۱۳۹۵ در جدول زیر داده شده است.

الف) نمودار سری زمانی داده‌ها را ده سال در میان رسم کنید.

ب) داده‌های را با استفاده از قسمت قبل درون‌یابی کنید.

ج) بر روی همان سری زمانی داده‌ها پنج سال در میان را با استفاده از جدول به‌روی همان نمودار رسم و خطای درون‌یابی را محاسبه کنید.

سال	نرخ تورم	سال	نرخ تورم	سال	نرخ تورم	سال	نرخ تورم	سال	نرخ تورم	سال	نرخ تورم	سال	نرخ تورم	سال	نرخ تورم
۱۳۱۶	۲۱/۲	۱۳۲۶	۶/۶	۱۳۳۶	۴/۴	۱۳۴۶	۰/۸	۱۳۵۶	۲۵/۱	۱۳۶۶	۲۷/۷	۱۳۷۶	۱۷/۳	۱۳۸۶	۱۸/۴
۱۳۱۷	۸/۸	۱۳۲۷	۱۱/۱	۱۳۳۷	۱/۰	۱۳۴۷	۱/۵	۱۳۵۷	۱۰/۰	۱۳۶۷	۲۸/۹	۱۳۷۷	۱۸/۱	۱۳۸۷	۲۵/۴
۱۳۱۸	۸/۰	۱۳۲۸	۲/۳	۱۳۳۸	۱۳/۰	۱۳۴۸	۳/۶	۱۳۵۸	۱۱/۴	۱۳۶۸	۱۷/۴	۱۳۷۸	۲۰/۱	۱۳۸۸	۱۰/۸
۱۳۱۹	۱۳/۸	۱۳۲۹	-۱۷/۲	۱۳۳۹	۷/۹	۱۳۴۹	۱/۵	۱۳۵۹	۲۳/۵	۱۳۶۹	۹/۰	۱۳۷۹	۱۲/۶	۱۳۸۹	۱۲/۴
۱۳۲۰	۴۹/۵	۱۳۳۰	۸/۳	۱۳۴۰	۱/۶	۱۳۵۰	۵/۵	۱۳۶۰	۲۲/۸	۱۳۷۰	۲۰/۷	۱۳۸۰	۱۱/۴	۱۳۹۰	۲۱/۵
۱۳۲۱	۹۶/۲	۱۳۳۱	۷/۲	۱۳۴۱	۰/۹	۱۳۵۱	۶/۳	۱۳۶۱	۱۹/۲	۱۳۷۱	۲۴/۴	۱۳۸۱	۱۵/۸	۱۳۹۱	۳۰/۵
۱۳۲۲	۱۱۰/۵	۱۳۳۲	۹/۲	۱۳۴۲	۱/۰	۱۳۵۲	۱۱/۲	۱۳۶۲	۱۴/۸	۱۳۷۲	۲۲/۹	۱۳۸۲	۱۵/۶	۱۳۹۲	۳۴/۷
۱۳۲۳	۲/۷	۱۳۳۳	۱۵/۹	۱۳۴۳	۴/۵	۱۳۵۳	۱۵/۵	۱۳۶۳	۱۰/۴	۱۳۷۳	۳۵/۲	۱۳۸۳	۱۵/۲	۱۳۹۳	۱۵/۶
۱۳۲۴	-۱۴/۴	۱۳۳۴	۱/۷	۱۳۴۴	۰/۳	۱۳۵۴	۹/۹	۱۳۶۴	۶/۹	۱۳۷۴	۴۹/۴	۱۳۸۴	۱۰/۴	۱۳۹۴	۱۱/۹
۱۳۲۵	-۱۱/۵	۱۳۳۵	۸/۸	۱۳۴۵	۰/۸	۱۳۵۵	۱۶/۶	۱۳۶۵	۲۳/۷	۱۳۷۵	۲۳/۲	۱۳۸۵	۱۱/۹	۱۳۹۵	۹

## منابع

- ۱- هاک، سوزان. **فلسفه منطق**، (ترجمه : سیدمحمدعلی حجتی)، انتشارات طه.
- ۲- امیری، حمیدرضا، ایلخانی پور، یدالله. **مبانی ریاضیات گسسته**. انتشارات مدرسه.
- ۳- سام، لوید. **معمایا و سرگرمی های ریاضی**، (ترجمه : کاظم فائقی)، انتشارات امید یزدانی، ۱۳۶۴.
- ۴- ایگل ویتس، بوریس، استریل، جودیت. **مقدمه ای بر استدلال ریاضی**، (ترجمه : غلامرضا یاسی پور)، انتشارات مدرسه، ۱۳۷۶.
- ۵- شهریاری، پرویز و همکاران، **دانشنامه ریاضی**، انتشارات کانون فرهنگی آموزش، ۱۳۹۲.
- 6- Canton, B. **Mathematics of Data Management**, Mc Graw – Hill, 2002.
- 7- Ministry of Education. **Mathematical Development 5.3**, Austed Publishing, Western Australia.
- 8- Smith, P. **An Introduction to Godel's Theorems**, Cambridge University Press, 2013.
- 9- Nickerson, R. S. **Mathematical Reasoning: Patern, proldems, conjectures, and proofs**, Psychology press, 2010.
- 10- Henriksen M. **What is Godel's theorem**, Scientific American, January, 1999.



## بسمه تعالی

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی جهت ایفای نقش خطیر خود در اجرای سند تحول آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی، مشارکت معلمان را به‌عنوان سیاست اجرایی مهم دنبال می‌نماید. برای تحقق این امر با بهره‌مندی هوشمندانه از فرصت‌های فناوری‌های نوین در اقدامی نوآورانه سامانه تعاملی برخط اعتبارسنجی کتاب‌های نونگاشت راه‌اندازی شد تا با دریافت نظرات معلمان درباره کتاب‌های درسی نونگاشت کیفیت تولیدات سازمان را بهبود بخشیده و محتوای کتاب‌های درسی را در اولین چاپ سپاری با کمترین اشکال به دانش‌آموزان و معلمان ارجمند تقدیم نماید. در انجام مطلوب فرآیند اعتبارسنجی همکاران گروه تحلیل محتوای آموزشی و پرورشی، گروه‌های آموزشی، دبیرخانه راهبری دروس در استان‌ها، شورای هماهنگی تألیف دفاتر، دبیرخانه پروژه اعتبارسنجی سازمان در هماهنگی و اجرا، نقش سازنده‌ای را داشتند. ضمن ارج نهادن به تلاش همکاران شرکت‌کننده در فرآیند اعتبارسنجی، اسامی دبیران و هنرآموزانی که تلاش مضاعفی را در این زمینه داشته و با ارائه نظرات خود سازمان را در بهبود محتوای این کتاب یاری کرده‌اند به شرح زیر اعلام می‌نماید.

### محسن باهو

مشاور معاون وزیر و مدیر پروژه اعتبارسنجی

اسامی دبیران و هنرآموزان شرکت‌کننده در اعتبارسنجی کتاب ریاضی و آمار (۲) کد ۱۱۱۲۱۲

ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت	ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت
۱	عباس اسدی قلعه رشیدی	چهارمحال و بختیاری	۱۵	مرضیه شریف زاد	ایلام
۲	اکرم سلامی	آذربایجان شرقی	۱۶	لیلا صبوری	فارس
۳	سپه‌پلا چناری	کرمانشاه	۱۷	ایوب خلیلیان گل سفیدی	چهارمحال و بختیاری
۴	جواد کاونلویی	خراسان شمالی	۱۸	تهمینه امیر خسروی	کرمان
۵	فاطمه عمویی	شهرتهران	۱۹	نذمت دانش	کرمان
۶	ساره ماه‌گلی	خراسان جنوبی	۲۰	عبداللطیف حسین پور	هرمزگان
۷	پروین طالب حسامی آذر	کردستان	۲۱	جمال نوین	یزد
۸	جواد راشدی	خراسان جنوبی	۲۲	گل بخت دهوری ناگان	سیستان و بلوچستان
۹	معصومه رجب پور	همدان	۲۳	طاهره دانش شکیب	گیلان
۱۰	مهری میرحاج	سمنان	۲۴	زهرا ملتمس	شهرستان‌های تهران
۱۱	اکبر رضائی پور	قزوین	۲۵	فریدون حسنی شیروان شاهی	آذربایجان غربی
۱۲	منور صفائی	سمنان	۲۶	علی مهرنیا	آذربایجان شرقی
۱۳	وحیده سلیمانی	گلستان	۲۷	رحیم بردیده	مازندران
۱۴	شهره رنجبران	همدان	۲۸	نرجس زنگارکی	مرکزی