

فصل چهارم

عبارات کنترلی: بخش ۱

اهداف

- آشنائی با تکنیک‌های اصول حل مسائل.
- توسعه الگوریتم‌ها به طریق فرآیندهای از بالا به پایین و اصلاح گام به گام.
- بکارگیری عبارات انتخاب if و if..else برای انتخاب از میان چندین عملکرد مختلف.
- بکارگیری عبارات تکرار while برای اجرای تکراری عبارات در برنامه.
- آشنائی با شمارنده-کنترل تکرار و مراقبت-کنترل تکرار.
- بکارگیری عملگرهای افزایشی، کاهش و تخصیصی.



۴-۱	مقدمه
۴-۲	الگوریتم
۴-۳	شبه کد
۴-۴	عبارات کنترل
۴-۵	عبارت انتخاب if
۴-۶	عبارت انتخاب if..else
۴-۷	عبارت تکرار while
۴-۸	فرموله کردن الگوریتمها: شمارنده-کنترل تکرار
۴-۹	فرموله کردن الگوریتمها: مراقبت-کنترل تکرار
۴-۱۰	فرموله کردن الگوریتمها: عبارات کنترلی تودرتو
۴-۱۱	عملگرهای تخصیص دهنده
۴-۱۲	عملگرهای افزایشنده و کاهشنده
۴-۱۳	مبحث آموزشی مهندسی نرم افزار: شناسایی صفات کلاس در ATM

۴-۱ مقدمه

قبل از نوشتن یک برنامه که بتواند مسئله‌ای را به طور دقیق حل کند، ضروری است که درک صحیحی از مسئله داشته باشیم و بوسیله یک طراحی دقیق به آن اقدام کنیم. به هنگام نوشتن یک برنامه، سازماندهی انواع بلوک‌های ایجاد کننده برنامه به منظور بهبود قوانین عملی ساخت برنامه بسیار مهم است. در این فصل و فصل بعدی در مورد تئوری و قواعد علمی برنامه‌نویسی ساخت یافته بحث خواهیم کرد. تکنیک‌های معرفی شده در این فصل در اکثر زبان‌های سطح بالا نظیر کاربرد دارند. با معرفی مفاهیم مطرح شده در اینجا متوجه مزیت عبارتهای کنترل در ایجاد و دستکاری شی‌ها خواهید شد. عبارتهای کنترل معرفی شده در این فصل در ایجاد سریع و آسانتر شی‌ها کمک کننده هستند.

در این فصل به معرفی عبارات **if..else if** و **while** در زبان ++C خواهیم پرداخت. سه بلوک سازنده که به برنامه‌نویسان امکان می‌دهند تا منطق مورد نیاز توابع عضو را برای انجام وظایف مشخص کنند. بخشی از این فصل و فصل‌های ۵ و ۷ را برای توسعه دادن کلاس **GradeBook** معرفی شده در فصل سوم اختصاص داده‌ایم. در واقع، یک تابع عضو به کلاس **GradeBook** اضافه می‌کنیم که از عبارات کنترلی برای محاسبه میانگین نمرات دانشجویان استفاده می‌کند. مثال دیگر به معرفی روش‌های ترکیب عبارات کنترلی برای حل مسئله مشابه است. همچنین به معرفی عملگرهای تخصیص دهنده و عملگرهای افزایشنده و کاهشنده در ++C خواهیم پرداخت. این عملگرها سبب کوتاه شدن عبارات و گاهاً سادگی کار می‌شوند.

۴-۲ الگوریتم



عبارات کنترلی: بخش ۱ _____ فصل چهارم ۷۹

هر مسئله محاسباتی و کامپیوتری می‌تواند با یک سری از اعمال اجرائی که به ترتیب اجرا می‌شوند، حل شود. از روال‌ها برای حل مسائل کمک گرفته می‌شود و عبارات:

۱- فعالیت‌ها از نوع اجرای هستند و

۲- فعالیت‌ها به ترتیب اجرا می‌شوند،

تعریف الگوریتم می‌باشند. با ذکر مثالی که در زیر آمده می‌توانید ترتیب اجرا و فعالیت‌ها را ببینید و متوجه شوید که ترتیب اجرا چقدر مهم است. الگوریتم "rise - and - shine" در ارتباط با مراحل است که یک شخص از هنگام برخاستن از خواب تا رفتن به سرکار انجام می‌دهد، مراحل: (۱) برخاستن از تختخواب، (۲) پوشیدن لباس راحتی، (۳) دوش گرفتن، (۴) پوشیدن لباس، (۵) خوردن صبحانه، (۶) رفتن به محل کار. این روتین در مورد نحوه انجام کار و ضوابط تصمیم‌گیری می‌تواند موثر باشد حال اگر ترتیب اجرا به صورت زیر جابجا شود:

(۱) برخاستن از تختخواب، (۲) پوشیدن لباس راحتی، (۳) پوشیدن لباس، (۴) دوش گرفتن، (۵) خوردن صبحانه، (۶) رفتن به محل کار. در این حالت شخص مورد نظر، بایستی به محل کار با لباس خیس برود.

مشخص کردن عبارات اجرائی در یک برنامه کامپیوتری، کنترل برنامه (program control) نامیده شود، که به اجرای صحیح و مرتب عبارات گفته می‌شود.

۳-۴ شبه کد

شبه کد (pseudocode) یک زبان مصنوعی و فرمال است که به برنامه‌نویس کمک می‌کند تا الگوریتم خود را توسعه دهد. شبه کد مخصوصاً برای ایجاد الگوریتم‌های مفید است که می‌خواهیم آنها را تبدیل به برنامه‌های ساخت یافته کنیم شبه کد، همانند زبان روزمره انگلیسی است و مزیت آن درک آسان توسط کاربر است، اگر چه جزء زبان‌های برنامه‌نویسی اجرائی نیست. برنامه‌های شبه کد توسط کامپیوتر قابل اجرا نیستند. با این همه، شبه کدها، می‌توانند قبل از نوشتن یک برنامه به زبان اجرای مانند ++C، برنامه‌نویس را در راه صحیح قرار دهند.

مهندسی نرم‌افزار



شبه کد به برنامه‌نویسان کمک می‌کند تا در زمان فرآیند طراحی برنامه یک مفهوم منطقی از برنامه بدست آورند. برنامه شبه کد می‌تواند در مرحله بعد به زبان ++C برگردانده شود.

شبه کدهایی که از آنها استفاده می‌کنیم، فقط از کاراکترها تشکیل شده‌اند و برنامه‌نویس می‌تواند آنها را در یک برنامه ویرایشگر، تایپ کند. شبه کد، فقط شامل عبارات اجرائی است. زمانی که شبه کد تبدیل به کدهای ++C شود، برنامه حالت اجرایی پیدا خواهد کرد. اعلان‌ها جزء عبارات اجرائی نیستند. برای مثال، اعلان



۸۰ فصل چهارم عبارات کنترلی: بخش ۱

```
int i;
```

فقط به کامپایلر نوع متغیر `i` را نشان داده و کامپایلر مکانی در حافظه به این متغیر اختصاص می‌دهد. اما این اعلان‌ها هیچ عمل اجرایی نظیر ورودی، خروجی یا یک عمل محاسباتی را در زمانی که برنامه اجرا می‌شود، از خود نشان نمی‌دهند. تعدادی از برنامه‌نویسان لیستی از متغیرها تهیه کرده و منظور از کاربرد هر متغیر را در ابتدای شبه‌کد قرار می‌دهند.

اکنون به مثالی از شبه‌کد نگاه می‌کنیم که می‌تواند برای کمک به برنامه‌نویس در ایجاد یک برنامه جمع معرفی شده در شکل ۵-۲ (فصل دوم) نوشته شده باشد. این شبه‌کد (شکل ۱-۴) متناظر با الگوریتمی است که دو عدد صحیح از کاربر دریافت، آنها را با هم جمع و مجموع آنها را به نمایش در می‌آورد. با اینکه لیست کامل شبه‌کد را به نمایش درآورده‌ایم، اما شما را با نحوه ایجاد یک شبه‌کد از صورت مسئله آشنا خواهیم کرد.

```
1 Prompt the user to enter the first integer
2 Input the first integer
3
4 Prompt the user to enter the second integer
5 Input the second integer
6
7 Add first integer and second integer
8 Display result
```

شکل ۱-۴ | شبه‌کد برنامه جمع شکل ۵-۲.

خطوط ۱-۲ متناظر با عبارات موجود در خطوط ۱۳-۱۴ از شکل ۵-۲ هستند. دقت کنید که عبارات شبه‌کد، عبارات ساده انگلیسی هستند که هر وظیفه در ++C را بیان می‌کنند. به همین ترتیب، خطوط ۴-۵ متناظر با عبارات موجود در خطوط ۱۶-۱۷ و خطوط ۷-۸ متناظر با عبارات موجود در خطوط ۱۹ و ۲۱ از شکل ۵-۲ هستند.

چندین نکته مهم در شبه‌کد شکل ۱-۴ وجود دارد. دقت کنید که شبه‌کد فقط متناظر با کد موجود در تابع `main` است، به این دلیل که معمولاً از شبه‌کد برای الگوریتم‌ها استفاده می‌شود، نه برای کل برنامه. در این مورد، از شبه‌کد برای عرضه الگوریتم استفاده شده است. تابع موجود در این کد به اندازه خود الگوریتم مهم نیست. به همین دلیل، خط ۲۳ از شکل ۵-۲ (عبارت `return`) در شبه‌کد وارد نشده است. عبارت `return` در انتهای هر تابع `main` قرار دارد و در الگوریتم اهمیتی ندارد. سرانجام، خطوط ۹-۱۱ از شکل ۵-۲ در شبه‌کد وجود ندارد چرا که اعلان متغیرها جزء عبارات اجرایی نیستند.

۴-۴ عبارات کنترل

معمولاً، عبارات موجود در یک برنامه یکی پس از دیگری و به ترتیبی که نوشته شده‌اند اجرا می‌شوند، که به اینحالت/اجرای ترتیبی می‌گویند. انواع متفاوتی از عبارات که بزودی درباره آنها بحث



عبارات کنترلی: بخش ۱ فصل چهارم ۸۱

خواهیم کرد، برنامه‌نویسان را قادر می‌سازند تا با مشخص کردن عبارتی که بایستی قبل از عبارت دیگری اجرا شود، این توالی اجرا را در دست گیرند، که به اینحالت، کنترل انتقال می‌گویند.

در دهه ۱۹۶۰، به دلیل وجود مشکلات فراوان در ایجاد نرم‌افزارهای کاربردی، استفاده از روش‌های کنترل انتقال به عنوان یک زمینه بکار گرفته شد و نشانه آن عبارت `goto` بود. این عبارت به برنامه‌نویس اجازه می‌دهد تا کنترل را به یک مکان ویژه در کل برنامه انتقال دهد. عقیده‌ای که برنامه‌نویسی ساخت یافته نام گرفته بود، تقریباً با برنامه‌نویسی حذف `goto` یا کاهش آن (`goto-less`) مترادف شده است.

با تحقیقات Jacopini و Bohm که نشان داد که برنامه‌ها بایستی بدون `goto` نوشته شوند، دعوت از برنامه‌نویسان به طرف برنامه‌نویسی کاهش استفاده از `goto` آغاز گردید. اما تا سال ۱۹۷۰ برنامه‌نویسی ساخت یافته جدی گرفته نشد. در نتیجه بکار بردن این روش، توسعه نرم‌افزار و کاهش بودجه‌های ساخت آن مشخص شد. کلید تمام این موفقیت‌ها برنامه‌های ساخت یافته‌ای بودند که هم وضوح بالاتر و خطاگیری آسانتری داشتند.

Bohm و Jacopini نشان دادند که تمام برنامه‌ها در سه عبارت کنترلی می‌توانند نوشته شوند:

- عبارت توالی (*sequence structure*)
- عبارت انتخاب (*selection structure*)
- عبارت تکرار (*repetition structure*)

ساختار توالی در C++

ساختار توالی بصورت توکار در C++ وجود دارد. مگر اینکه آن را به نحوه دیگری هدایت کنید. کامپیوتر مبادرت به اجرای عبارات C++ یکی پس از دیگری و به ترتیبی که نوشته شده‌اند می‌کند، که این حالت اجرای ترتیبی یا متوالی است. دیاگرام فعالیت (UML (Unified Modeling language) به نمایش درآمده در شکل ۲-۴ نشان‌دهنده یک ساختار توالی است که در آن دو محاسبه به ترتیب انجام می‌شود. زبان C++ اجازه می‌دهد تا به هر اندازه که لازم داریم از ساختار توالی استفاده کنیم. همانطوری که بزودی مشاهده خواهید کرد، در هر کجا که یک عمل می‌تواند موجود باشد، می‌توانیم چندین عمل را به صورت توالی جایگزین کنیم.

در این شکل، دو عبارت مبادرت به افزودن یک نمره به متغیر مجموع (`total`) و مقدار 1 به متغیر `counter` می‌کنند. چنین عباراتی را می‌توان در یک برنامه محاسبه میانگین نمره چند دانشجو مشاهده کرد. برای محاسبه میانگین، مجموع نمرات به تعداد نمرات تقسیم می‌شود. از متغیر شمارنده (`counter`) برای نگهداری تعداد نمرات وارد شده استفاده می‌شود. در بخش ۸-۴ با عبارات مشابهی مواجه خواهید شد.



دیاگرام‌های فعالیت بخشی از UML هستند. یک دیاگرام فعالیت مبادرت به مدل‌سازی روند کار (فعالیت) یک بخش از سیستم نرم‌افزاری می‌کند. چنین روندهایی می‌توانند در برگرفته بخشی از یک الگوریتم، همانند یک ساختار توالی در شکل ۲-۴ باشند. دیاگرام‌های فعالیت مرکب از نمادهای معنی‌دار، همانند نمادهای وضعیت عمل (یک مستطیل که گوشه‌های چپ و راست آن به سمت بیرون انحناء داده شده‌اند)، لوزی‌ها و دایره‌های کوچک است. این نمادها توسط فلش‌های انتقال به یکدیگر متصل می‌شوند که نشان‌دهنده روند فعالیت می‌باشند.

همانند شبه کد، دیاگرام‌های فعالیت به برنامه‌نویسان در توسعه و عرضه الگوریتم‌ها کمک می‌کنند، اگر چه برخی از برنامه‌نویسان شبه کد را ترجیح می‌دهند. دیاگرام‌های فعالیت به وضوح نحوه عملکرد ساختارهای کنترل را نشان می‌دهند.

به دیاگرام فعالیت ساختار متوالی در شکل ۲-۴ توجه کنید. این دیاگرام حاوی دو نماد وضعیت عمل است که نشان‌دهنده اعمالی هستند که اجرا می‌شوند. هر وضعیت عمل حاوی یک بیان‌کننده عمل است، "add 1 to counter" و "add grade to total" که مشخص‌کننده عملی هستند که انجام خواهند شد. سایر اعمال می‌توانند محاسباتی یا ورودی/خروجی باشند.

شکل ۲-۴ | دیاگرام فعالیت یک ساختار توالی.

فلش‌ها در دیاگرام فعالیت، بنام فلش‌های انتقال شناخته می‌شوند. این فلش‌ها نشان‌دهنده انتقال هستند و بر این نکته دلالت دارند که ترتیب اجرای اعمال به چه صورتی است. برای مثال در شکل ۲-۴ ابتدا **grade** با **total** جمع شده و سپس **1** به **counter** افزوده می‌شود.

دایره توپر ساده که در بالای دیاگرام فعالیت قرار گرفته نشان‌دهنده وضعیت اولیه فعالیت است، ابتدای روند کار قبل از اینکه برنامه عملیات مدل شده را انجام دهد. دایره توپر احاطه شده با یک دایره توخالی که در پایین دیاگرام فعالیت دیده می‌شود، نشان‌دهنده وضعیت پایانی است، پایان روند کار پس از اینکه فعالیت‌های خود را انجام داده است.

همچنین شکل ۲-۴ شامل مستطیل‌های با گوشه‌های خم شده به داخل (سمت راست-بالا) است. این مستطیل‌ها، در UML، نکته (*note*) نامیده می‌شوند. نکته‌ها توضیحات اضافی در ارتباط با هدف نمادها در دیاگرام ارائه می‌کنند. از نکته‌ها می‌توان در هر دیاگرام UML و نه تنها در دیاگرام‌های فعالیت استفاده کرد. در شکل ۲-۴ از نکته‌های UML برای نمایش کد ++C مرتبط با هر وضعیت عمل در دیاگرام فعالیت استفاده شده است. خط نقطه چین مبادرت به متصل نمودن هر نکته با عنصری می‌کند که در ارتباط با آن توضیح ارائه می‌نماید. معمولاً دیاگرام‌های فعالیت، کد ++C پیاده‌سازی کننده فعالیت را عرضه نمی‌کنند.



عبارات کنترلی: بخش ۱ _____ فصل چهارم ۸۳

اما از این نکته‌ها به این منظور در اینجا استفاده کرده‌ایم تا رابطه دیاگرام با کد C++ مربوطه را بهتر نشان دهیم. برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد UML به بخش مبحث آموزشی مهندسی نرم‌افزار که در انتهای فصل ۱ الی ۷، ۹، ۱۰، ۱۲ و ۱۳ قرار دارند مراجعه کرده یا از وب سایت www.uml.org بازدید نمایید.

عبارات انتخاب در C++

زبان C++ سه نوع عبارت انتخاب تدارک دیده است که در مورد آنها در این فصل و فصل بعدی توضیح خواهیم داد. در عبارت انتخاب **if** اگر شرط برقرار باشد عبارت یا عبارات داخل بدنه اجرا شده و در صورتیکه شرط برقرار نباشد از روی آن عبارات بدون اجرای آنها عبور خواهد شد. عبارت **if..else** در صورتیکه شرط برقرار باشد، عبارت (یا دنباله‌ای از عبارات) را انجام داده و در صورتیکه شرط برقرار نباشد، عمل اجرای متفاوتی را به انجام می‌رساند (یا اجرای توالی از عبارات). عبارت **switch** که در فصل ۵ به بررسی آن خواهیم پرداخت با توجه به ارزش یک عبارت، یکی از چندین عمل اجرائی را به اجرا در می‌آورد.

عبارت **if** را عبارت تک انتخابی (*single-selection*) می‌نامند، چرا که یک عمل را انتخاب و اجرا یا آنرا رد می‌کند. عبارت **if..else** را عبارت دو انتخابی (*double-selection*) می‌نامند، چرا که انتخابی مابین دو حالت متفاوت انجام می‌دهد. عبارت **switch** عبارت چند انتخابی (*multiple-selection*) نامیده می‌شود، چرا که از میان موارد متفاوت انتخاب خود را انجام می‌دهد.

عبارات تکرار در C++

C++ سه نوع عبارت تکرار بنام‌های زیر تدارک دیده است:

- **while**
- **do..while**
- **for**

عبارت تکرار **while**، در این فصل معرفی خواهد شد و عبارات **do..while** و **for** در فصل ۵ توضیح داده خواهند شد. کلمات **if**، **else**، **switch**، **while**، **do** و **for** همگی جزء کلمات کلیدی C++ هستند (جدول شکل ۳-۴). با بسیاری از این کلمات کلیدی در این کتاب آشنا خواهید شد.

خطای برنامه‌نویسی

استفاده از کلمه کلیدی بعنوان یک شناسه خطای نحوی خواهد بود.





خطای برنامه‌نویسی



نوشتن یک کلمه کلیدی با حروف بزرگ خطای نحوی است تمام کلمات کلیدی در C++ فقط شامل

حروف کوچک هستند.

C++ Keywords

Keywords common to the C and C++ programming languages

auto	break	case	char	const
continue	default	do	double	else
enum	extern	float	for	goto
if	int	long	register	return
short	signed	sizeof	static	struct
switch	typedef	union	unsigned	void
volatile	while			

C++ only keywords

asm	bool	catch	class	const_cast
delete	dynamic_cast	explicit	false	friend
inline	mutable	namespace	new	operator
private	protected	public	reinterpret_cast	and
static_cast	template	this	throw	true
try	typeid	typename	using	virtual
wchar_t	and_eq	bitand	bitor	export
not	not_eq	or	or_eq	xor_eq

شکل ۳-۴ | کلمات کلیدی C++

خلاصه‌ای بر عبارات کنترلی در C++

C++ دارای سه عبارت کنترلی است، که از این به بعد از آنها بعنوان عبارات کنترلی یاد خواهیم کرد: عبارت توالی، عبارات انتخابی (سه نوع - `if, if..else` و `switch`) و عبارات تکرار (سه نوع - `while, for` و `do..while`). هر برنامه C++ از ترکیب این عبارات کنترلی ایجاد می‌شود. همانند عبارت توالی در شکل ۲-۴، می‌توانیم هر عبارت کنترلی را بصورت یک دیاگرام فعالیت مدل‌سازی کنیم. هر دیاگرام حاوی یک حالت اولیه و یک حالت پایانی است، که به ترتیب نشان‌دهنده نقطه ورودی (`entry point`) به عبارت کنترلی و نقطه خروجی (`exit point`) آن می‌باشند. عبارات کنترلی تک‌ورودی/تک‌خروجی ایجاد آسانتر برنامه‌ها را ممکن می‌سازند. نقطه خروجی یک عبارت کنترلی را می‌توان به نقطه ورودی عبارت کنترلی دیگری



عبارات کنترلی: بخش ۱ _____ فصل چهارم ۸۵

متصل کرد و به همین ترتیب ادامه داد. این فرآیند همانند قرار دادن بلوک‌های بر روی هم است، از اینرو این روش، عبارت کنترلی پشته (*control structure stacking*) نام دارد. این روش یکی از روش‌های موجود برای متصل کردن عبارات کنترلی به یکدیگر است. یک روش دیگر عبارت کنترلی تودرتو یا آشیانه‌ای (*control structure nesting*) می‌باشد که در آن یک عبارت کنترلی می‌تواند در درون عبارت دیگری قرار گیرد. بنابر این الگوریتم‌ها در برنامه‌های ++C فقط متشکل از سه نوع عبارت کنترلی ترکیب شده با این دو روش هستند.

مهندسی نرم‌افزار



هر برنامه را می‌توان با هفت نوع عبارت کنترلی ایجاد کرد (توالی، *if..else if*، *switch*، *while*، *do..while* و *for*) که به دو روش با هم ترکیب می‌شوند (عبارت کنترلی پشته‌ای و تودرتو یا آشیانه‌ای).

۵-۴ عبارت انتخاب **if**

در یک عبارت انتخاب، هدف برگزیدن یکی از گزینه‌های موجود برای انجام آن است. برای مثال، فرض کنید که شرط قبولی در یک امتحان نمره 60 است از 100). عبارت شبه کد آن بصورت زیر می‌باشد:

```
If student's grade is greater than or equal to 60
Print "Passed"
```

شرط "student's grade is greater than or equal to 60" می‌تواند برقرار باشد یا نباشد. اگر شرط برقرار باشد عبارت "Passed" به معنی قبول شدن به نمایش در می‌آید و عبارت پس از شبه کد به ترتیب اجرا می‌شود (بیاد داشته باشید که شبه کد یک زبان برنامه‌نویسی واقعی نیست). اگر شرط برقرار نباشد عبارت چاپ نادیده گرفته می‌شود و عبارت شبه کد بعدی به ترتیب اجرا خواهد شد. عبارت موجود در بدنه عبارت **if** رشته "Passed" را به چاپ می‌رساند. همچنین به دنداندار بودن این عبارت در این عبارت انتخاب دقت کنید. دنداندار گذاری امری اختیاری است، اما بکارگیری آن بسیار توصیه می‌شود چرا که ارتباط عبارتهای مختلف برنامه را بخوبی نشان می‌دهند. کامپایلر ++C کاراکترهای *whitespace* یعنی کاراکترهای فاصله، *tab* و خطوط جدید بکار رفته در ایجاد دنداندارها و فاصله گذاری عمودی را بجز کاراکترهای *whitespace* بکار رفته در رشته‌ها، در نظر نمی‌گیرد.

برنامه‌نویسی ایده‌آل



سعی کنید از روش دنداندار گذاری ثابتی در برنامه‌های خود استفاده کنید تا خوانایی برنامه افزایش یابد.

می‌توان این عبارت شبه کد **if** را در زبان ++C بصورت زیر نوشت

```
if (grade >= 60 )
```



```
cout << "Passed";
```

اگر به کد C++ دقت کنید متوجه شباهت نزدیک آن با شبه کد خواهید شد و نقش شبه کد به عنوان یک ابزار توسعه برنامه بخوبی آشکار می شود.

در شکل ۴-۴ دیاگرام فعالیت عبارت تک‌انتخابی **if** نشان داده شده است. این دیاگرام حاوی یکی از مهمترین نمادها در یک دیاگرام فعالیت است. نماد لوزی یا نماد تصمیم نشان می دهد که باید در آن نقطه تصمیمی اتخاذ گردد. نماد تصمیم‌گیری بر این نکته دلالت دارد که روند کار در امتداد مسیری به کار ادامه خواهد داد که توسط نماد وابسته نگاهبان شرط تعیین می شود (آیا شرط برقرار است یا خیر). هر فلش یا بردار انتقال خارج شده از یک نماد تصمیم دارای یک نگاهبان شرط است (در درون براکت‌های مربعی در بالا یا کنار فلش انتقال جای می گیرد). اگر شرط یک نگاهبان شرط برقرار باشد، روند کار وارد وضعیت عملی می شود که فلش انتقال به آن اشاره می کند. در شکل ۴-۴ اگر grade بزرگتر یا برابر 60 باشد، برنامه کلمه "Passed" را بر روی صفحه نمایش چاپ کرده و سپس انتقال به وضعیت پایانی در این فعالیت می رسد. اگر grade کوچکتر از 60 باشد، بلافاصله برنامه به وضعیت پایانی منتقل می شود، بدون اینکه پیغامی چاپ کند.

شکل ۴-۴ | دیاگرام فعالیت عبارت **if**.

در فصل اول آموختیم، تصمیم‌گیری می تواند براساس شرط‌هایی صورت گیرد که حاوی عملگرهای رابطه‌ای یا برابری هستند. در واقع، در C++ یک شرط می تواند بر پایه هر عبارتی ارزیابی گردد، اگر عبارت با صفر ارزیابی شود، با آن همانند *false* (عدم برقراری شرط) رفتار خواهد شد و اگر عبارت با مقداری غیر از صفر ارزیابی گردد، با آن همانند *true* (برقراری شرط) رفتار می شود. زبان C++ دارای نوع داده بولی (*bool*) برای متغیرهایی است که فقط قادر به نگهداری مقادیر **true** و **false** هستند، که هر دو جزء کلمات کلیدی در C++ می باشند.

قابلیت حمل



برای حفظ سازگاری با نسخه‌های قبلی C که از اعداد صحیح برای مقادیر بولی استفاده می کردند، می توان برای عرضه یک مقدار بولی *true* از هر مقدار غیرصفری استفاده کرد (معمولاً کامپایلرها از 1 استفاده می کنند). برای عرضه یک مقدار بولی *false* نیز می توان از مقدار صفر استفاده کرد.

دقت کنید که عبارت **if** یک عبارت تک‌ورودی/تک‌خروجی است. همچنین دیاگرام‌های مابقی عبارات کنترلی نیز حاوی نمادهای وضعیت اولیه، فلش‌های انتقال، وضعیت اجرا، تصمیم‌گیری و وضعیت پایانی هستند. به این نحوه نمایش عبارات کنترلی روش مدل برنامه‌نویسی اجرائی/تصمیم‌گیری گفته می شود.



عبارات کنترلی: بخش ۱ فصل چهارم ۸۷

می‌توانیم هفت صندوق را تصور کنیم که هر کدام فقط حاوی دیاگرام‌های فعالیت UML خالی از یکی از هفت نوع عبارت (ساختار) کنترلی است. وظیفه برنامه‌نویس جفت‌وجور کردن برنامه با سرهمبندی کردن دیاگرام فعالیت به هر تعداد از هر نوع عبارت کنترلی تصریح شده در الگوریتم است که فقط به دو روش قابل انجام است، روش پشته‌ای و تودرتو. در ادامه وضعیت‌های عمل و تصمیم‌گیری را با عبارات اجرایی و نگهدارنده‌ها شرط به روش مقتضی پر می‌کند. در ارتباط با نوشتن انواع روش‌هایی که می‌تواند در عبارات اجرایی و تصمیم‌گیری بکار گرفته شوند، صحبت خواهیم کرد.

شکل ۴-۴ | دیاگرام فعالیت عبارت تک انتخابی `if`.

۴-۶ عبارت انتخاب `if..else`

همانطوری که گفته شد عبارت انتخاب `if` فقط در صورت برقرار بودن شرط، عملی را به اجرا در می‌آورد، در غیر اینصورت از روی عبارت یا عبارات پرش می‌کند. عبارت انتخاب `if..else` این امکان را به برنامه‌نویس می‌دهد که تعیین کند چه اعمالی در برقرار بودن شرط اجرا شوند و چه اعمالی در حالت برقرار نبودن شرط به اجرا در آیند. برای مثال، در شبه‌کد زیر

```
If Student's grade is greater than or equal to 60
    Print "Passed"
Else
    Print "Failed"
```

اگر نمره دانش‌آموز برابر ۶۰ یا بالاتر باشد، عبارت `"Passed"` به نمایش در می‌آید و اگر کمتر از آن باشد عبارت `"Failed"` در هر دو حالت پس از انجام عمل چاپ، عبارت شبه‌کد بعدی به اجرا گذاشته خواهد شد.

عبارت شبه‌کد `if..else` مطرح شده را می‌توان در زبان `C++` و به فرم زیر نوشت:

```
if (grade >= 60 )
    cout << "Passed";
else
    cout << "Failed";
```

به دندانه‌دار بودن بدنه شرط `else` دقت کنید که با خطوط بالای خود در شرط `if` یکسان قرار گرفته‌اند.

برنامه‌نویسی ایده‌آل



دندانه‌دار نوشتن هر دو قسمت بدنه عبارت `if..else` خوانائی برنامه را افزایش می‌دهد.

در شکل ۴-۵ روند کنترل جریان در یک عبارت (ساختار) `if..else` نشان داده شده است. مجدداً توجه کنید (در کنار وضعیت اولیه، فلش‌های انتقال و وضعیت پایانی) که نمادهای بکار رفته در این دیاگرام فعالیت عبارتند از نمادهای عمل و تصمیم‌گیری و تاکید ما بر مدل‌سازی عمل / تصمیم‌گیری است. مجدداً



۸۸ فصل چهارم عبارات کنترلی: بخش ۱

به صندوق‌های خالی از دیاگرام‌های فعالیت عبارات انتخاب دوگانه فکر کنید که برنامه‌نویس می‌تواند به روش پشت‌پای یا تودرتو با سایر دیاگرام‌های فعالیت ساختارهای کنترلی بکار گیرد تا مبادرت به پیاده‌سازی الگوریتم کند.

شکل ۵-۴ دیاگرام فعالیت عبارت دو انتخابی `if..else`

عملگر شرطی (`?:`)

زبان `C++` حاوی عملگر شرطی (`?:`)، است که قرابت نزدیکی با عبارت `if..else` دارد. عملگر شرطی `C++` تنها عملگر `ternary` است، به این معنی که سه عملوند دریافت می‌کند. عملوندها به همراه عملگر شرطی تشکیل عبارت شرطی را می‌دهند. عملوند اول نشاندهنده شرط می‌باشد، عملوند دوم مقداری است که در صورت `true` بودن شرط انتخاب می‌شود و عملوند سوم مقداری است که در صورت برقرار نبودن شرط یا `false` بودن آن انتخاب می‌شود. برای مثال عبارت زیر

```
cout << (grade >= 60 ? "Passed" : "Failed" );
```

حاوی یک عبارت شرطی، است که در صورت برقرار بودن شرط `grade >= 60` رشته `"Passed"` ارزیابی می‌شود، اما اگر شرط برقرار نباشد، رشته `"Failed"` بکار گرفته خواهد شد. از اینرو عملکرد این عبارت شرطی دقیقاً همانند عملکرد عبارت `if..else` قبلی است. عملگر شرطی از تقدم پایین تری برخوردار است و از اینرو معمولاً کل عبارت شرطی را در درون پرانتزها قرار می‌دهند.

اجتناب از خطا



برای اجتناب از مشکل اولویت و روشن شدن مطلب، سعی کنید عبارات شرطی (که در عبارات بزرگ شرکت می‌کنند) را در درون پرانتزها قرار دهید.

مقادیر موجود در یک عبارت شرطی قادر به اجرا شدن نیز هستند. برای مثال عبارت شرطی زیر مبادرت به چاپ `"Passed"` یا `"Failed"` می‌کند.

```
grade >= 60 ? cout << "Passed" : cout << "Failed";
```

این عبارت به صورت زیر تفسیر می‌شود «اگر `grade` بزرگتر یا مساوی `60` باشد، پس `cout << "Passed"` در غیر اینصورت `cout << "Failed"`». همچنین این عبارت قابل مقایسه با عبارت `if..else` قبلی است. عبارات شرطی را می‌توان در مکان‌های از برنامه که امکان استفاده از `if..else` وجود ندارد، بکار گرفت.

عبارات تودرتوی `if..else`



عبارات کنترلی: بخش ۱ فصل چهارم ۸۹

عبارت تودرتوی **if..else** برای تست چندین شرط با قرار دادن عبارتهای **if..else** در درون عبارتهای **if..else** دیگر است. برای مثال، عبارت شبه کد زیر، حرف "A" را برای نمره‌های بزرگتر یا برابر 90، "B" را برای نمره‌های در محدوده 80-89، "C" را برای نمره‌های در محدوده 70-79، "D" را برای نمره‌های در محدوده 60-69 و "F" را سایر نمرات به چاپ می‌رساند.

```

If student's grade is greater then or equal to 90
    Print "A"
Else
    If student's grade is greater than or equal to 80
        Print "B"
    Else
        If student's grade is greater than or equal to 70
            Print "C"
        Else
            If student's grade is greater than or equal to 60
                Print "D"
            Else
                Print "F"
    
```

عبارت شبه کد بالا را می‌توان در زبان C++ و به فرم زیر نوشت:

```

if (studentGrade>=90) // 90 and above gets "A"
    cout << "A";
else
    if (studentGrade>=80) // 80-89 gets "B"
        cout << "B";
    else
        if (studentGrade>=70) // 70-79 gets "C"
            cout << "C";
        else
            if (studentGrade>=60) // 60-69 gets "D"
                cout << "D";
            else // less than 60 gets "F"
                cout << "F";
    
```

اگر مقدار **studentGrade** بزرگتر یا مساوی 90 باشد، اولین شرط از پنج شرط برقرار شده و فقط عبارت **cout** قرار گرفته در بدنه اولین شرط به اجرا در می‌آید. پس از اجرای این عبارت از بخش **else** خارجی عبارت **if..else** عبور خواهد شد.

برنامه‌نویسی ایده‌آل



قبل و بعد از هر عبارت کنترل یک خط خالی قرار دهید تا بتوان عبارتهای کنترل را از سایر نقاط برنامه تشخیص داد.

اکثر برنامه‌نویسان C++ ترجیح می‌دهند که عبارت **if..else** را با استفاده از کلمه کلیدی **else if** و بصورت زیر در برنامه‌های خود بنویسند:



```

if (studentGrade>=90) // 90 and above gets "A"
    cout << "A";
else if (studentGrade>=80) // 80-89 gets "B"
    cout << "B";
else if (studentGrade>=70) // 70-79 gets "C"
    cout << "C";
else if (studentGrade>=60) // 60-69 gets "D"
    cout << "D";
else // less than 60 gets "F"
    cout << "F";

```

هر دو حالت معادل یکدیگرند، اما نوع آخر در نزد برنامه‌نویسان از محبوبیت بیشتری برخوردار است. چرا که از دندان‌دار کردن عمیق کد به طرف راست اجتناب می‌شود.

کارایی

یک عبارت `if..else` تودرتو می‌تواند بسیار سریعتر از یک سری عبارت `if` عمل کند، چرا که احتمال دارد شرطی در ابتدای عبارت `if..else` برقرار شود و کنترل برنامه زودتر از این قسمت خارج گردد.

کارایی

در یک عبارت `if..else` تودرتو، شرط‌هایی که امکان برقرار شدن (`true`) آنها بیشتر است در ابتدای عبارت `if..else` تودرتو قرار دهید. در اینحالت امکان اجرای سریعتر عبارت `if..else` فراهم می‌آید.

مشکل `dangling-else`

همیشه کامپایلر C++ یک `else` را با یک `if` در نظر می‌گیرد، مگر اینکه خلاف آنرا با استفاده از براکت‌ها مشخص کنید. به این مشکل `dangling-else` می‌گویند. برای مثال،

```

if ( x > 5 )
    if ( y > 5 )
        cout << "x and y are > 5";
else
    cout << "x is <=5";

```

به نظر می‌رسد بر این نکته دلالت دارد که اگر `x` بزرگتر از 5 باشد، عبارت `if` تودرتو تعیین می‌کند که آیا `y` نیز بزرگتر از 5 است یا خیر. اگر چنین باشد، رشته `"x and y are > 5"` در خروجی چاپ می‌شود. در غیر اینصورت اگر `x` بزرگتر از 5 نباشد، بخش `else` از عبارت `if..else` رشته `"x is <=5"` را چاپ خواهد کرد.

با این همه امکان دارد عبارت `if` تودرتوی فوق مطابق با انتظار کار نکند. تفسیر کامپایلر از عبارت بصورت زیر خواهد بود

```

if ( x > 5 )
    if ( y > 5 )
        cout << "x and y are > 5";
else
    cout << "x is <=5";

```



عبارات کنترلی: بخش ۱ فصل چهارم ۹۱

که در آن بدنه اولین عبارت **if** یک عبارت **if..else** تودرتو است. این عبارت مبادرت به تست بزرگتر بودن **x** از 5 می کند. اگر چنین باشد، اجرا با تست **y** بزرگتر از 5 ادامه می یابد. اگر شرط دوم برقرار باشد، رشته "**x and y are >5**" به نمایش در خواهد آمد. با این همه اگر شرط دوم برقرار نباشد، رشته "**x is <=5**" به نمایش در می آید، حتی اگر بدانیم که **x** بزرگتر از 5 است.

برای اینکه عبارت فوق بنحوی کار کند که از انتظار داریم، بایستی کل عبارت بصورت زیر نوشته شود:

```
if ( x > 5 )
{
    if ( y > 5 )
        cout << "x and y are > 5";
}
else
    cout << "x is <=5";
```

براکت ها به کامپایلر نشان می دهند که دومین **if** در بدنه اولین **if** قرار دارد و **else** در ارتباط با اولین **if** می باشد.

بلوک ها

معمولا عبارت انتخاب **if** فقط منتظر یک عبارت در بدنه خود است. به همین ترتیب، هر یک از بخش های **else** و **if** در یک عبارت **if..else** انتظار مقابله با یک عبارت در بدنه خود را دارند. برای وارد کردن چندین عبارت در بدنه یک **if** یا در بخش های **if..else**، عبارات را در درون براکت ها ({ }) قرار دهید. به مجموعه ای از عبارات موجود در درون یک جفت براکت، بلوک می گویند.

مهندسی نرم افزار



یک بلوک می تواند در هر کجای برنامه که یک عبارت منفرد می تواند در آنجا قرار داده شود، جای گیرد.

مثال زیر شامل یک بلوک در بخشی از **else** یک عبارت **if..else** است.

```
if (studentGrade>=60)
    cout << "Passed.\n";
else
{
    cout << "Failed.\n";
    cout << "You must take this course again.\n"
}
}
```

در این مورد، اگر **studentGrade** کمتر از 60 باشد، برنامه هر دو عبارت موجود در بدنه **else** را اجرا کرده و پیغام های زیر را چاپ می کند.

```
Failed
You must take this course agein.
```



۹۲ فصل چهارم عبارات کنترلی: بخش ۱

به براکت‌های احاطه‌کننده دو عبارت در ضابطه **else** دقت کنید. این براکت‌ها مهم هستند. بدون این براکت‌ها، عبارت

```
cout << "You must take this course again.\n";
```

در خارج از بدنه بخش **else** قرار می‌گیرد و صرفنظر از اینکه شرط برقرار باشد یا خیر، اجرا خواهد شد. این مثال نمونه‌ای از یک خطای منطقی است.

خطای برنامه‌نویسی



فراموش کردن یک یا هر دو براکت که تعیین محدوده یک بلوک هستند، می‌تواند موجب خطای

نحوی یا منطقی در برنامه شود.

برنامه‌نویسی ایده‌آل



همیشه از براکت‌ها در عبارت **if..else** (یا هر عبارت کنترلی) استفاده کنید تا جلوی حوادث ناخواسته گرفته شود، بویژه به هنگام افزودن عباراتی به یک **if** یا ضابطه **else** در ادامه کار. برای اینکه جلوی فراموش کاری گرفته شود، برخی از برنامه‌نویسان در همان ابتدای کار و قبل از اینکه حتی عبارتی تایپ کرده باشد، براکت‌های شروع و پایان را تایپ می‌کنند و سپس عبارات مورد نظر را در درون آنها قرار می‌دهند.

همانند یک بلوک که می‌تواند در هر کجای که یک عبارت منفرد وجود دارد جایگزین گردد، همچنین امکان داشتن عبارت **null** (یا عبارت تهی) وجود دارد. عبارت تهی با جایگزین کردن یک سیمکولن (;) بجای یک عبارت مشخص می‌شود.

خطای برنامه‌نویسی



قرار دادن یک سیمکولن بلافاصله پس از شرط در یک عبارت **if** موجب رخ دادن خطای منطقی در

عبارات **if** تک‌انتخابی و خطای نحوی در عبارات **if..else** دو‌انتخابی خواهد شد.

۷-۴ عبارت تکرار **while**

یک عبارت تکرار به برنامه‌نویس امکان می‌دهد تا بر مبنای برقرار بودن یا نبودن مقداری در یک شرط، یک عمل را چندین بار و به تکرار انجام دهد. عبارت شبه‌کد زیر یک فرآیند تکرار شوند را در حین خرید نشان می‌دهد:

```
While there are more items on my shopping list
Purchase next item and cross it off my list
```

شرط "there are more items on my shopping list" ممکن است برقرار یا برقرار نباشد. اگر شرط برقرار باشد عمل "Purchase next item" و "Cross it off my list" به ترتیب اجرا خواهند شد. این عمل می‌تواند تا زمانی که شرط برقرار است انجام شود. عبارت موجود در ساختار تکرار **while** تشکیل دهنده



عبارات کنترلی: بخش ۱ فصل چهارم ۹۳

بدنه **while** است. سرانجام، زمانیکه شرط برقرار نباشد، تکرار پایان یافته و اولین دستور قرار گرفته پس از عبارت تکرار به اجرا در می‌آید.

مثالی که در زیر آورده شده از عبارت **while** استفاده کرده و اولین توان 3 بزرگتر از 100 را پیدا می‌کند. در ابتدای کار متغیر **product** با 3 مقدار دهی اولیه شده است:

```
int product = 3;

while (product <= 100)
    product = product * 3;
```

هنگامی که برنامه وارد عبارت **while** می‌شود، مقدار متغیر **product** برابر 3 است. متغیر **product** بصورت مکرر در 3 ضرب می‌شود و مقادیر 9، 27، 81 و 243 بدست می‌آیند. زمانیکه مقدار **product** برابر 243 شود، شرط **product <= 100** در عبارت **while** برقرار نخواهد شد. در چنین حالتی تکرار با مقدار 243 برای **product** پایان می‌پذیرد. اجرای برنامه با عبارت بعد از **while** دنبال می‌شود. [نکته: اگر شرط یک عبارت **while** در همان ابتدا برقرار نباشد، عبارات قرار گرفته در بدنه عبارت تکرار اجرا نخواهند شد.]

خطای برنامه‌نویسی



شرط عبارت تکرار را به نوعی تنظیم نمائید که برنامه برای همیشه در داخل حلقه قرار نگیرد، در غیر اینصورت برنامه در حلقه بی‌نهایت "infinite loop" گرفتار می‌شود.

دیاگرام فعالیت UML به نمایش درآمده در شکل ۶-۴ نشان‌دهنده روند کنترلی است که متناظر با عبارت **while** مطرح شده در قسمت فوق می‌باشد. مجدداً نمادهای موجود در این دیاگرام نشان‌دهنده یک وضعیت عمل و یک تصمیم‌گیری هستند. همچنین این دیاگرام مبادرت به معرفی نماد ادغام UML کرده است، که دو روند یا جریان فعالیت را به یک فعالیت متصل می‌کند. UML نماد ادغام و تصمیم‌گیری را بصورت لوزی نشان می‌دهد. در این دیاگرام، نماد ادغام مبادرت به پیوند انتقال‌ها از وضعیت اولیه و از وضعیت عمل کرده است، از اینرو هر دو جریان وارد بخش تصمیم شده‌اند که تعیین می‌کند آیا حلقه مجدداً باید تکرار شود یا خیر. می‌توان نمادهای تصمیم و ادغام را توسط تعداد فلش‌های انتقال «واردشونده» و «خارج‌شونده» تشخیص داد. نماد تصمیم دارای یک فلش انتقال اشاره‌کننده به لوزی داشته و دارای دو یا چند فلش انتقال اشاره‌کننده به خارج از لوزی است که نشان‌دهنده انتقال‌هاست. از این نقطه هستند. علاوه بر این، هر فلش انتقال اشاره‌کننده به خارج از نماد تصمیم دارای یک نگهبان شرط در کنار خود است. در طرف دیگر، نماد ادغام قرار دارد که دارای دو یا چند فلش انتقال اشاره‌کننده به لوزی است و فقط یک فلش انتقال از آن خارج می‌شود و نشان می‌هد که چندین روند با یکدیگر برای انجام



۹۴ فصل چهارم عبارات کنترلی: بخش ۱

فعالیت ادغام شده‌اند. توجه کنید، که برخلاف نماد تصمیم، نماد ادغام دارای یک رونوشت در کد ++C نیست.

دیاگرام شکل ۶-۴ بوضوح عملیات تکرار در عبارت **while** مطرح شده در ابتدای این بخش را نشان می‌دهد. فلش انتقال از وضعیت عمل به حالت ادغام اشاره می‌کند، که انتقال را به تصمیم باز می‌گرداند تا تستی دایر بر اینکه آیا حلقه دوباره باید صورت گیرد یا خیر انجام دهد، این حلقه زمانی شکسته می‌شود که شرط **product > 100** برقرار گردد. پس از خاتمه عملیات **while**، کنترل به عبارت بعدی در برنامه انتقال می‌یابد (در این مورد وضعیت پایانی).

می‌توانید دیاگرام‌های فعالیت UML خالی عبارت تکرار **while** را تصور کنید که برنامه‌نویسان می‌توانند هر تعداد از آنها را به روش پشت‌پای یا تودرتو با سایر دیاگرام‌های فعالیت عبارات کنترلی بکار گیرند تا بخشی از الگوریتم را پیاده‌سازی کنند.

شکل ۶-۴ | دیاگرام فعالیت UML عبارت تکرار **while**.

۸-۴ فرموله کردن الگوریتم: شمارنده-کنترل تکرار

برای اینکه با نحوه توسعه الگوریتم‌ها آشنا شوید، مسئله بدست آوردن میانگین نمرات یک کلاس را با روش‌های مختلف بررسی می‌کنیم. صورت مسئله عبارت است از:

از کلاسی با ده دانش‌آموز آزمونی بعمل آمده است. نمرات این آزمون در اختیار شما قرار دارد (نمرات در محدوده 0 تا 100 هستند). مجموع نمرات دانش‌آموزان و میانگین نمرات این کلاس را بدست آورید.

میانگین کلاس عبارت است از مجموع نمرات تقسیم بر تعداد دانش‌آموزان. الگوریتم بکار رفته بر روی کامپیوتر به منظور حل این مسئله بایستی تک تک نمرات را به عنوان ورودی دریافت کرده، محاسبه میانگین را انجام داده و نتیجه را به نمایش در آورد.

الگوریتم شبه‌کد با شمارنده-کنترل تکرار

اجازه دهید تا از شبه‌کد استفاده کرده و لیستی از فعالیت‌های اجرایی تهیه و ترتیب اجرا را مشخص سازیم. از روش شمارنده-کنترل تکرار برای دریافت تک تک نمرات بعنوان ورودی استفاده می‌کنیم. در این تکنیک از متغیری بنام شمارنده (*counter*) برای تعیین تعداد دفعات مجموعه‌ای از عبارات که اجرا خواهند شد، استفاده می‌شود. روش شمارنده-کنترل تکرار، روش تکرار تعریف شده نیز نامیده می‌شود چرا که تعداد تکرار قبل از اینکه حلقه آغاز شود، مشخص است. در این مثال، اجرای حلقه با رسیدن شمارنده به 10 خاتمه می‌یابد. در این بخش به معرفی الگوریتم شبه‌کد (شکل ۷-۴) و نسخه‌ای از کلاس



عبارات کنترلی: بخش ۱ فصل چهارم ۹۵

GradeBook (شکل‌های ۴-۸ و ۴-۹) می‌پردازیم که الگوریتم را توسط یک تابع عضو C++ پیاده‌سازی می‌کند. در بخش ۴-۹ با توسعه الگوریتم‌ها با استفاده از شبه‌کد آشنا خواهید شد.

به نقش *total* و *counter* در الگوریتم شبه‌کد دقت کنید (شکل ۴-۷). در واقع *total* متغیری است که از آن برای محاسبه مجموع مقادیر استفاده می‌شود و *counter* متغیری است که نقش شمارنده بر عهده دارد، در این برنامه، شمارنده تعداد نمرات وارد شده توسط کاربر را ثبت می‌کند.

```
Set total to zero
Set grade counter to one
While grade counter is less than or equal to 10
    Input the next grade
    Add the grade to the total
    Add one to the grade counter
Set the class average to the total divided by 10
Print the class average
```

شکل ۴-۷ | الگوریتم شبه‌کد با استفاده از روش شمارنده-کنترل تکرار برای حل مسئله میانگین کلاس.

```
1 // Fig. 4.8: GradeBook.h
2 // Definition of class GradeBook that determines a class average.
3 // Member functions are defined in GradeBook.cpp
4 include <string> // program uses C++ standard string class
5 using std::string;
6
7 // GradeBook class definition
8 class GradeBook
9 {
10 public:
11     GradeBook( string ); // constructor initializes course name
12     void setCourseName( string ); // function to set the course name
13     string getCourseName(); // function to retrieve the course name
14     void displayMessage(); // display a welcome message
15     void determineClassAverage(); // averages grades entered by the user
16 private:
17     string courseName; // course name for this GradeBook
18 }; // end class GradeBook
```

شکل ۴-۸ | مسئله میانگین کلاس با استفاده از روش شمارنده-کنترل تکرار: سرآیند فایل GradeBook.

```
1 // Fig. 4.9: GradeBook.cpp
2 // Member-function definitions for class GradeBook that solves the
3 // class average program with counter-controlled repetition.
4 include <iostream>
5 using std::cout;
6 using std::cin;
7 using std::endl;
8
9 include "GradeBook.h" // include definition of class GradeBook
10
11 // constructor initializes courseName with string supplied as argument
12 GradeBook::GradeBook( string name )
13 {
14     setCourseName( name ); // validate and store courseName
15 } // end GradeBook constructor
16
17 // function to set the course name;
18 // ensures that the course name has at most 25 characters
19 void GradeBook::setCourseName( string name )
20 {
21     if ( name.length() <= 25 ) // if name has 25 or fewer characters
```



```
22     courseName = name; // store the course name in the object
23     else // if name is longer than 25 characters
24     { // set courseName to first 25 characters of parameter name
25         courseName = name.substr( 0, 25 ); // select first 25 characters
26         cout << "Name \" << name << "\" exceeds maximum length (25).\n"
27             << "Limiting courseName to first 25 characters.\n" << endl;
28     } // end if...else
29 } // end function setCourseName
30
31 // function to retrieve the course name
32 string GradeBook::getCourseName()
33 {
34     return courseName;
35 } // end function getCourseName
36
37 // display a welcome message to the GradeBook user
38 void GradeBook::displayMessage()
39 {
40     cout << "Welcome to the grade book for\n" << getCourseName() << "!\n"
41         << endl;
42 } // end function displayMessage
43
44 // determine class average based on 10 grades entered by user
45 void GradeBook::determineClassAverage()
46 {
47     int total; // sum of grades entered by user
48     int gradeCounter; // number of the grade to be entered next
49     int grade; // grade value entered by user
50     int average; // average of grades
51
52     // initialization phase
53     total = 0; // initialize total
54     gradeCounter = 1; // initialize loop counter
55
56     // processing phase
57     while ( gradeCounter <= 10 ) // loop 10 times
58     {
59         cout << "Enter grade: "; // prompt for input
60         cin >> grade; // input next grade
61         total = total + grade; // add grade to total
62         gradeCounter = gradeCounter + 1; // increment counter by 1
63     } // end while
64
65     // termination phase
66     average = total / 10; // integer division yields integer result
67
68     // display total and average of grades
69     cout << "\nTotal of all 10 grades is " << total << endl;
70     cout << "Class average is " << average << endl;
71 } // end function determineClassAverage
```

شکل ۹-۴ | مسئله میانگین کلاس با استفاده از روش شمارنده-کنترل تکرار: کد منبع فایل GradeBook.

افزایش قابلیت اعتبارسنجی GradeBook

قبل از اینکه به بحث پیاده‌سازی الگوریتم میانگین کلاس بپردازیم، اجازه دهید به بهبود کارایی انجام گرفته بر روی کلاس GradeBook توجه کنیم. در برنامه ۱۶-۳، تابع `setCourseName` مبادرت به اعتبارسنجی نام دوره با تست طول نام دور می‌کرد، که باید کمتر یا برابر 25 کاراکتر باشد (با استفاده از یک عبارت `if`). اگر شرط برقرار بود، نام دوره بکار گرفته می‌شد. سپس این کد با یک عبارت `if` دیگر دنبال می‌شد که مبادرت به تست طول نام دوره می‌کرد که آیا بزرگتر از 25 کاراکتر است یا خیر. دقت کنید که شرط عبارت `if` دوم کاملاً متضاد شرط `if` اول است. اگر شرطی با `true` ارزیابی گردد، بایستی



عبارات کنترلی: بخش ۱ فصل چهارم ۹۷

شرط‌های دیگر با **false** ارزیابی شوند. پیاده‌سازی چنین وضعیتی توسط عبارت **if..else** بهتر خواهد بود، از اینرو کد خود را با جایگزین کردن دو عبارت **if** با یک عبارت **if..else** اصلاح کرده‌ایم (خطوط 21-28 از برنامه شکل ۹-۴).

```
1 // Fig. 4.10: fig04_10.cpp
2 // Create GradeBook object and invoke its determineClassAverage function.
3 include "GradeBook.h" // include definition of class GradeBook
4
5 int main()
6 {
7     // create GradeBook object myGradeBook and
8     // pass course name to constructor
9     GradeBook myGradeBook( "CS101 C++ Programming" );
10
11     myGradeBook.displayMessage(); // display welcome message
12     myGradeBook.determineClassAverage(); // find average of 10 grades
13     return 0; // indicate successful termination
14 } // end main
```

```
Welcome to the grade book for
CS101 C++ Programming
Enter grade: 67
Enter grade: 78
Enter grade: 89
Enter grade: 67
Enter grade: 87
Enter grade: 98
Enter grade: 93
Enter grade: 85
Enter grade: 82
Enter grade: 100

Total of all 10 grade is 846
class average is 84
```

شکل ۱۰-۴ | برنامه میانگین کلاس با شمارنده-کنترل تکرار: ایجاد یک شی از کلاس **GradeBook** (شکل ۸-۴ و ۹-۴) و فراخوانی تابع عضو **determineClassAverage**.

پیاده‌سازی شمارنده-کنترل تکرار در کلاس **GradeBook**

کلاس **GradeBook** (شکل ۸-۴ و ۹-۴) حاوی یک سازنده (اعلان شده در خط 11 از شکل ۸-۴ و تعریف شده در خطوط 12-15 از شکل ۹-۴) است که مبادرت به تخصیص مقداری به متغیر نمونه کلاس **courseName** می‌کند (اعلان شده در خط 17 از شکل ۸-۴). در خطوط 19-29، 32-35 و 38-42 از شکل ۹-۴ توابع عضو **setCourseName**، **getCourseName** و **displayMessage** تعریف شده‌اند. در خطوط 45-71 تابع عضو **determineClassAverage** تعریف شده است که پیاده‌سازی کننده الگوریتم میانگین کلاس توضیح داده شده در شبه کد شکل ۷-۴ است.



۹۸ فصل چهارم عبارات کنترلی: بخش ۱

در خطوط 47-50 متغیرهای محلی `total`، `gradeCounter`، `grade` و `average` از نوع `int` اعلان شده‌اند. در متغیر `grade` ورودی کاربر ذخیره می‌شود. توجه کنید که اعلان‌های فوق در بدنه تابع عضو `determineClassAverage` قرار دارند.

در نسخه‌های کلاس `GradeBook` مطرح شده در این فصل، فرآیند خواندن و پردازش نمرات به روش ساده‌ای در نظر گرفته شده‌اند. محاسبه میانگین در تابع عضو `determineClassAverage` و با استفاده از متغیرهای محلی صورت می‌گیرد. در این بخش مبادرت به ذخیره‌سازی نمرات دانشجویان نمی‌کنیم. در فصل هفتم، با تغییری که در کلاس `GradeBook` انجام می‌دهیم قادر به نگهداری نمرات در حافظه خواهیم بود که توسط ساختمان داده *آرایه* صورت می‌گیرد. در اینحالت به یک شی `GradeBook` اجازه داده می‌شود تا محاسبات مختلف را بر روی همان مجموعه از نمرات انجام دهد بدون اینکه کاربر مجبور به وارد کردن همان نمرات به دفعات باشد.

برنامه‌نویسی ایده‌آل



همیشه یک خط خالی مابین بخش اعلان‌ها و عبارات اجرایی قرار دهید. در این صورت بخش اعلان خوبی در برنامه مشخص شده و خوانایی برنامه افزایش می‌یابد.

در خطوط 53-54 متغیر `total` با 0 و `gradeCounter` با 1 مقداردهی اولیه شده‌اند. دقت کنید که متغیرهای `total` و `gradeCounter` قبل از اینکه در محاسبات بکار گرفته شوند، مقداردهی اولیه شده‌اند. معمولاً متغیرهای شمارنده را با یک یا صفر و بر اساس نیاز مقداردهی اولیه می‌کنند. یک متغیر مقداردهی نشده حاوی یک مقدار اشغال (یا مقدار تعریف نشده) است، آخرین مقداری که در مکان حافظه رزرو شده برای متغیر از قبل وجود داشته است. در این برنامه متغیرهای `grade` و `average` که مقدار خود را از طرف ورودی کاربر و محاسبه میانگین بدست می‌آورند، نیازی به مقداردهی اولیه ندارند.

خط 57 مشخص می‌کند که عبارت `while` تا زمانی که مقدار `gradeCounter` کمتر یا معادل 10 باشد، تکرار خواهد شد. تا زمانی که شرط برقرار باشد، ساختار `while` عبارات قرار گرفته مابین براکت‌های بدنه خود را تکرار خواهد کرد.

عبارت بکار رفته در خط 59، جمله `"Enter grade:"` را بنمایش در می‌آورد. این خط معادل عبارت شبه کد `"Prompt the user to enter the next grade."` هستند. خط 60 مقدار وارد شده توسط کاربر را خوانده و آنرا در متغیر `grade` ذخیره می‌کند. این خط معادل شبه کد `"Input the next grade."` است. بخاطر دارید که متغیر `grade` در ابتدای برنامه مقداردهی اولیه نشده است، به این دلیل که برنامه مقدار `grade` را از کاربر و در هر بار تکرار حلقه اخذ می‌کند. سپس، برنامه مقدار `total` را با مقدار جدید `grade` که



عبارات کنترلی: بخش ۱ فصل چهارم ۹۹

توسط کاربر وارد شده به روز می‌کند (خط 61). مقدار **grade** با مقدار قبلی **total** جمع شده و نتیجه به **total** تخصیص می‌یابد.

در خط 62 متغیر **gradeCounter** یک واحد افزایش می‌یابد تا نشان دهد یک نمره مورد پردازش قرار گرفته است. اینکار تا زمانی که شرط موجود در عبارت **while** برقرار نشود، ادامه می‌یابد. پس از اتمام حلقه، در خط 66 نتیجه محاسبه میانگین به متغیر **average** تخصیص می‌یابد. خط 69 پیغام "Total of all 10 grades is" و بدنال آن مقدار متغیر **total** را نمایش در می‌آورد. سپس در خط 70 پیغامی حاوی رشته "Class average is" که بدنال آن مقدار متغیر **average** آورده شده، به نمایش در می‌آید. تابع عضو **determineClassAverage**، کنترل را به تابع فراخوان برگشت می‌دهد (تابع **main** در شکل ۱۰-۴).

توصیف کلاس *GradeBook*

شکل ۱۰-۴ حاوی تابع **main** این برنامه است، که یک شی از کلاس **GradeBook** ایجاد و به توصیف قابلیت‌های آن می‌پردازد. در خط 9 از شکل ۱۰-۴ یک شی جدید از **GradeBook** بنام **myGradeBook** ایجاد می‌شود. رشته موجود در خط 9 به سازنده **GradeBook** ارسال می‌شود (خطوط ۱۲-۱۵ از شکل ۹-۴). خط 11 از شکل ۱۰-۴ تابع عضو **displayMessage** را برای نمایش پیغام خوش آمدگویی به کاربر فراخوانی می‌کند. سپس خط 12 تابع عضو **determineClassAverage** را فراخوانی می‌کند تا کاربر بتواند 10 نمره را وارد کرده و سپس میانگین را محاسبه و چاپ می‌کند. تابع عضو، الگوریتم نشان داده شده در شبه کد شکل ۷-۴ را انجام می‌دهد.

تکاتی در ارتباط با تقسیم صحیح و قطع کردن

محاسبه میانگین توسط تابع عضو **determineClassAverage** صورت می‌گیرد که در واکنش به فراخوانی تابع در خط 12 از شکل ۱۰-۴ فعال شده و یک عدد صحیح تولید می‌کند. خروجی برنامه نشان می‌دهد که مجموع نمرات در اجرای نمونه برنامه 846 است که به هنگام تقسیم بر 10، باید 84.6 بدست آید، عددی با نقطه اعشار. با این همه، در نتیجه محاسبه **total/10** عدد 84 بدست آمده است (خط 66 از شکل ۹-۴)، چرا که **total** و 10 هر دو مقادیر عددی صحیح هستند. نتیجه تقسیم دو عدد صحیح یک عدد صحیح است که در آن بخش اعشاری بدست آمده از تقسیم حذف می‌گردد (قطع می‌شود). در بخش بعد با نحوه بدست آوردن نتایج اعشاری از محاسبات آشنا خواهید شد.

خطای برنامه‌نویسی



فرض اینکه تقسیم صحیح مبادرت به گرد کردن (بجای قطع کردن) می‌کند می‌تواند نتایج اشتباهی



۱۰۰ فصل چهارم عبارات کنترلی: بخش ۱

بنابال داشته باشد. برای مثال، $4 \div 7$ حاصل 1.75 را در ریاضی بدست می‌دهد، در حالیکه در یک تقسیم صحیح 1 کوتاه شده و 2 در حالت گرد شده تولید می‌کند.

در برنامه شکل ۹-۴، اگر در خط 66 از gradeCounter بجای 10 در محاسبه استفاده شود، خروجی این برنامه مقدار اشتباه 76 را نشان خواهد داد. دلیل اینکار در آخرین تکرار عبارت while نهفته است که gradeCounter به مقدار 11 در خط 62 افزایش یافته است.

خطای برنامه‌نویسی



استفاده از متغیر شمارنده حلقه، در یک عبارت محاسباتی پس از حلقه، معمولاً سبب تولید خطای منطقی بنام off-by-one-error می‌شود.

۹-۴ فرموله کردن الگوریتم‌ها: مراقبت-کنترل تکرار

اجازه دهید تا به مسئله میانگین کلاس باز گردیم و آنرا مجدداً و اینبار بصورت زیر و کلی‌تر تعریف کنیم: "برنامه محاسبه میانگین کلاس را به نحوی توسعه دهید تا در هر بار اجرای برنامه، به تعداد اختیاری نمره دریافت کرده و محاسبه میانگین بر روی آنها اعمال شود."

در برنامه قبلی، تعداد نمرات از همان ابتدا مشخص بود (10 نمره). در این برنامه، تعداد نمراتی که بعنوان ورودی وارد خواهند شد مشخص نیستند. برنامه باید بر روی تعداد نمرات وارد شده کار کند. چگونه برنامه تشخیص می‌دهد که به گرفتن نمره پایان دهد؟ محاسبات به چه صورتی باید انجام گرفته و میانگین کلاس به نمایش درآید؟

یک راه‌حل برای رفع این مشکل، استفاده از یک مقدار ویژه بنام مقدار مراقبتی (sentinel value) است که پایان ورود داده‌ها را مشخص می‌کند (همچنین به این مقدار، مقدار سیگنال، مقدار ساختگی یا پرچم نیز می‌گویند). در این روش کاربر اقدام به وارد کردن نمره‌ها کرده و در پایان مقدار مراقبتی تعیین شده را به عنوان اینکه داده‌های ورودی به اتمام رسیده‌اند، وارد می‌سازد. روش مراقبت-کنترل تکرار، روش تکرار-تعریف‌نشده نیز نامیده می‌شود چرا که تعداد دفعات تکرار قبل از اجرای حلقه مشخص نیست.

واضح است که مقدار مراقبتی باید به نحوی انتخاب شود که به عنوان یک ورودی معتبر مورد قبول واقع نشود. بدلیل اینکه نمرات امتحان معمولاً منفی نیستند، می‌توانیم از مقدار 1- به عنوان مقدار مراقبتی در این برنامه استفاده کنیم. بنابراین به هنگام اجرای برنامه، نمرات کلاس، می‌توانند ترتیبی مانند 1- و 84، 74، 75، 96، 93 داشته باشند. برنامه باید نمره میانگین کلاس را با استفاده از مقادیر 93، 96، 75، 74 و 84 محاسبه کرده و به نمایش درآورد (1- یک مقدار مراقبتی است و نباید در محاسبه میانگین وارد شود).



عبارات کنترلی: بخش ۱ فصل چهارم ۱۰

خطای برنامه نویسی



انتخاب یک مقدار مراقبتی به عنوان یک داده معتبر، موجب رخ دادن خطای منطقی می شود.

الگوریتم شبه کد به روش مراقبت کنترل تکرار به روش از بالا به پایین، اصلاح گام به گام: اولین اصلاح
به هنگام بررسی مسائل پیچیده ای همانند این برنامه، عرضه الگوریتم شبه کد به آسانی امکان پذیر نمی باشد. از اینرو به برنامه میانگین کلاس با استفاده از تکنیکی بنام، از بالا به پایین، اصلاح گام به گام نزدیک می شویم که برای ساخت و توسعه برنامه های ساخت یافته مناسب و ضروری است. شبه کدی که در بالاترین سطح (top) ارائه می شود، عبارت است از:

Determine the class average for the quiz.

این عبارت تابع و هدف اصلی برنامه است که در واقع کاری که باید برنامه انجام دهد را در بردارد. عبارت top جزئیات ناکافی در مورد اینکه برنامه چگونه باستی نوشته شود در خود دارد. بنابر این به طرف جزئیات برنامه و اصلاح گام به گام پیش می رویم. ابتدا عبارت top به قسمت های کوچکی تقسیم می شود که هر یک به ترتیب وظایفی در برنامه ایفا می کنند. نتیجه این تقسیمات در اولین گام می تواند چنین باشد:

Initialize Variables

Input, sum and count the quiz grades

Calculate and print the total of all student grades and the class average

در اینجا، با توجه به اینکه فقط از عبارت توالی استفاده شده، لیست انجام مراحل فقط شامل عبارت های اجرائی است که به ترتیب یکی پس از دیگری اجرا می شوند.

اصلاح گام به گام مرحله دوم

مرحله بعدی تجزیه برنامه به جزئیات بیشتر (مرحله دوم)، در ارتباط با متغیرها می باشد به یک متغیر بنام **total** نیاز است که مجموع اعداد را در خود نگهداری کند و به یک متغیر دیگر بنام **count** که نشان دهد، چه تعدادی از این اعداد مورد پردازش قرار گرفته اند. یک متغیر برای دریافت هر نمره از طریق ورودی و یک متغیر برای نگهداری میانگین محاسبه شده مورد نیاز است. عبارت شبه کد:

Initialize variable

را می توان به عبارات جزئی تر زیر تقسیم کرد:

Initialize total to zero

Initialize counter to zero

توجه کنید که فقط متغیرهای **total** و **counter** نیاز به مقداردهی اولیه قبل از بکارگیری دارند. متغیرهای **average** و **grade** (این متغیرها برای محاسبه میانگین و ورودی کاربر استفاده شده است)، نیازی به مقداردهی اولیه ندارند. عبارت شبه کد:



۱۰۲ فصل چهارم عبارات کنترلی: بخش ۱

Input, sum and count the quiz grades

نیازمند یک عبارت تکرار (حلقه) است که نمرات را دریافت کند. چون بطور دقیق نمی‌دانیم که چه تعداد نمره به عنوان ورودی دریافت خواهیم کرد، از روش مراقبت-کنترل تکرار استفاده می‌کنیم. کاربر در هر زمان یک مقدار معتبر وارد می‌کند و پس از اینکه آخرین مقدار مورد نظر را وارد کرد، مقدار مراقبتی را وارد می‌کند تا از حلقه ورود نمرات خارج شود. برنامه در هر بار که داده وارد می‌شود مقدار آنرا با مقدار مراقبتی مقایسه می‌کند. دومین اصلاح بر روی عبارت شبه کد قبلی می‌تواند بصورت زیر باشد:

```
Prompt the user to enter the first grade
Input the first grade (possibly the sentinel)
While the user has not yet entered the sentinel
    Add this grade to the running total
    Add one to the grade counter
    Input the next grade (possibly the sentinel)
```

عبارت شبه کد زیر

```
Calculate and print the total of all student grades and the class average
```

می‌تواند به صورت عبارات جزئی تر زیر نوشته شود:

```
If the counter is not equal to zero
    Set the average to the total divided by the counter
    Print the total of all student grades in the class
    Print the average
Else
    Print "No grades were entered"
```

توجه کنید که در این قسمت برای جلوگیری از بروز خطای منطقی تقسیم بر صفر، یک تست بکار برده شده است که اگر در برنامه تشخیص داده نشود، می‌تواند مشکل ساز شود. شبه کد کامل برنامه میانگین در شکل ۱۱-۴ آورده شده است.

خطای برنامه نویسی



نتیجه تقسیم بر صفر خطای عظیم در زمان اجرا است.

اجتناب از خطا



به هنگام اجرای یک عمل تقسیم بر عبارتی که ممکن است مقدار آن صفر باشد، باید تستی به همین منظور و رسیدگی به آن در برنامه تدارک دیده شود. رسیدگی به این امر می‌تواند چاپ یک پیغام ساده خطا باشد. گاهی اوقات انجام عملیات پیچیده مورد نیاز است.

```
Initialize total to zero
Initialize counter to zero
Input the first grade (possibly the sentinel)
While the user has not as yet entered the sentinel
    Add this grade to the running total
    Add one to the grade counter
    Input the next grade (possibly the sentinel)
```



عبارات کنترلی: بخش ۱ فصل چهارم ۱۰۳

```

If the counter is not equal to zero
    Set the average to the total divided by the counter
    Print the average
Else
    Print "No grades were entered"

```

شکل ۱۱-۴ | الگوریتم شبه کد با استفاده از روش مراقبت-کنترل تکرار برای حل مسئله میانگین کلاس.

برنامه‌نویسی ایده‌آل



با قراردادن خطوط خالی در برنامه‌های شبه کد خوانائی آنها افزایش می‌یابد. خطوط خالی موجب می‌شوند تا عبارتهای کنترلی شبه کد و فازهای برنامه از هم متمایز شوند.

مهندسی نرم‌افزار



بسیاری از الگوریتم‌ها را می‌توان به صورت منطقی به سه فاز تقسیم کرد: فاز مقدار دهی که در آن متغیرهای برنامه مقداردهی اولیه می‌شوند، فاز پردازش که مقادیر داده‌ها وارد شده و متغیرها براساس آنها تنظیم می‌شوند و فاز پایان که مرحله انجام محاسبات و چاپ نتایج است.

الگوریتم شبه کد ۱۱-۴ مسئله میانگین کلاس را که در ابتدای این بخش بصورت کلی بیان شده بود، برطرف می‌کند. این الگوریتم فقط پس از طی دو مرحله اصلاح گام به گام توسعه یافت، در حالیکه گاهی اوقات به انجام مراحل بیشتر نیاز است.

مهندسی نرم‌افزار



برنامه‌نویسان زمانی به فرآیند از بالا به پایین و اصلاح گام به گام پایان می‌دهند که الگوریتم شبه کد بصورت مشخص جزئیات را بیان کرده باشد، به نحوی که بتوان آنها را به برنامه ++C تبدیل کرد. در اینحالت پیاده سازی برنامه ++C براحتی می‌تواند صورت گیرد.

پیاده‌سازی کلاس GradeBook به روش مراقبت-کنترل تکرار

شکل‌های ۱۲-۴ و ۱۳-۴ کلاس GradeBook را به نحوی نشان می‌دهند که حاوی تابع عضو `determineClassAverage` است که الگوریتم شبه کد شکل ۱۱-۴ را پیاده‌سازی می‌کند (این کلاس در شکل ۱۴-۴ توصیف شده است). اگر چه هر نمره وارد شده یک عدد صحیح است، امکان تولید یک عدد اعشاری به هنگام محاسبه میانگین وجود دارد، به عبارتی یک عدد حقیقی یا عدد با نقطه اعشار (همانند 7.33، 0.0975 یا 1000.12345). نوع داده `int` نمی‌تواند چنین اعدادی را عرضه کند، از اینرو این کلاس باید از نوع داده دیگری استفاده کند. زبان ++C دارای چندین نوع داده برای ذخیره‌سازی اعداد اعشاری در حافظه است، نوع‌های همانند `float` و `double`. تفاوت اصلی مابین این نوع در این است که در مقایسه با متغیرهای `float`، متغیرهای `double` قادر به نگهداری اعداد بزرگتر و دقیق‌تر در سمت نقطه اعشار هستند، در نتیجه دقت عدد بیشتر خواهد بود. این برنامه مبادرت به معرفی یک عملگر ویژه بنام عملگر `cast` است



عبارات کنترلی: بخش ۱ _____ ۱۰۴ فصل چهارم

که محاسبه میانگین را مجبور می‌کند تا نتیجه را بصورت عدد اعشاری تولید کند. این ویژگی به هنگام بررسی برنامه توضیح داده خواهد شد.

در این مثال مشاهده می‌کنید که عبارات کنترلی می‌توانند به صورت پشت‌پشتی یکی بر روی دیگری قرار داده شوند (بصورت متوالی). عبارت **while** در خطوط 67-75 از شکل ۱۳-۴ بلافاصله پس از عبارات **if.else** قرار گرفته است و حالت توالی دارد. قسمت اعظم کد بکار رفته در این مثال با کد برنامه ۹-۴ یکسان است، از اینرو تمرکز خود را بر روی ویژگی‌ها و مباحث جدید متمرکز می‌کنیم.

```
1 // Fig. 4.12: GradeBook.h
2 // Definition of class GradeBook that determines a class average.
3 // Member functions are defined in GradeBook.cpp
4 #include <string> // program uses C++ standard string class
5 using std::string;
6
7 // GradeBook class definition
8 class GradeBook
9 {
10 public:
11     GradeBook( string ); // constructor initializes course name
12     void setCourseName( string ); // function to set the course name
13     string getCourseName(); // function to retrieve the course name
14     void displayMessage(); // display a welcome message
15     void determineClassAverage(); // averages grades entered by the user
16 private:
17     string courseName; // course name for this GradeBook
18 }; // end class GradeBook
```

شکل ۱۲-۴ | برنامه میانگین کلاس با روش مراقبت-کنترل تکرار: فایل سرآیند GradeBook

```
1 // Fig. 4.13: GradeBook.cpp
2 // Member-function definitions for class GradeBook that solves the
3 // class average program with sentinel-controlled repetition.
4 #include <iostream>
5 using std::cout;
6 using std::cin;
7 using std::endl;
8 using std::fixed; // ensures that decimal point is displayed
9
10 #include <iomanip> // parameterized stream manipulators
11 using std::setprecision; // sets numeric output precision
12
13 // include definition of class GradeBook from GradeBook.h
14 #include "GradeBook.h"
15
16 // constructor initializes courseName with string supplied as argument
17 GradeBook::GradeBook( string name )
18 {
19     setCourseName( name ); // validate and store courseName
20 } // end GradeBook constructor
21
22 // function to set the course name;
23 // ensures that the course name has at most 25 characters
24 void GradeBook::setCourseName( string name )
25 {
26     if ( name.length() <= 25 ) // if name has 25 or fewer characters
```



عبارات كنترلي: بخش _____ فصل چهارم ۱۰

```
27     courseName = name; // store the course name in the object
28     else // if name is longer than 25 characters
29     { // set courseName to first 25 characters of parameter name
30         courseName = name.substr( 0, 25 ); // select first 25 characters
31         cout << "Name \" << name << "\" exceeds maximum length (25).\n"
32             << "Limiting courseName to first 25 characters.\n" << endl;
33     } // end if...else
34 } // end function setCourseName
35
36 // function to retrieve the course name
37 string GradeBook::getCourseName()
38 {
39     return courseName;
40 } // end function getCourseName
41
42 // display a welcome message to the GradeBook user
43 void GradeBook::displayMessage()
44 {
45     cout << "Welcome to the grade book for\n" << getCourseName() << "!\n"
46         << endl;
47 } // end function displayMessage
48
49 // determine class average based on 10 grades entered by user
50 void GradeBook::determineClassAverage()
51 {
52     int total; // sum of grades entered by user
53     int gradeCounter; // number of grades entered
54     int grade; // grade value
55     double average; // number with decimal point for average
56
57     // initialization phase
58     total = 0; // initialize total
59     gradeCounter = 0; // initialize loop counter
60
61     // processing phase
62     // prompt for input and read grade from user
63     cout << "Enter grade or -1 to quit: ";
64     cin >> grade; // input grade or sentinel value
65
66     // loop until sentinel value read from user
67     while ( grade != -1 ) // while grade is not -1
68     {
69         total = total + grade; // add grade to total
70         gradeCounter = gradeCounter + 1; // increment counter
71
72         // prompt for input and read next grade from user
73         cout << "Enter grade or -1 to quit: ";
74         cin >> grade; // input grade or sentinel value
75     } // end while
76
77     // termination phase
78     if ( gradeCounter != 0 ) // if user entered at least one grade...
79     {
80         // calculate average of all grades entered
81         average = static_cast< double >( total ) / gradeCounter;
82
83         // display total and average (with two digits of precision)
84         cout << "\nTotal of all " << gradeCounter << " grades entered is "
85             << total << endl;
```



۱۰۶ فصل چهارم عبارات کنترلی: بخش ۱

```
86     cout<< "Class average is" << setprecision( 2 ) << fixed << average
87     << endl;
88     } // end if
89     else // no grades were entered, so output appropriate message
90         cout << "No grades were entered" << endl;
91 } // end function determineClassAverage
```

شکل ۱۳-۴ | برنامه میانگین کلاس با روش مراقبت-کنترل تکرار: فایل کد منبع GradeBook

```
1 // Fig. 4.14: fig04_14.cpp
2 // Create GradeBook object and invoke its determineClassAverage function.
3
4 // include definition of class GradeBook from GradeBook.h
5 #include "GradeBook.h"
6
7 int main()
8 {
9     // create GradeBook object myGradeBook and
10    // pass course name to constructor
11    GradeBook myGradeBook( "CS101 C++ Programming" );
12
13    myGradeBook.displayMessage(); // display welcome message
14    myGradeBook.determineClassAverage(); // find average of 10 grades
15    return 0; // indicate successful termination
16 } // end main
```

```
Welcome to the grade book for
CS101 C++ Programming

Enter grade or -1 to quit: 97
Enter grade or -1 to quit: 88
Enter grade or -1 to quit: 72
Enter grade or -1 to quit: -1

Total of all 3 grades entered is 257
Class average is 85.67
```

شکل ۱۴-۴ | برنامه میانگین کلاس با روش مراقبت-کنترل تکرار: ایجاد یک شی از کلاس GradeBook (شکل ۱۲-۴ و ۱۳-۴) و فراخوانی تابع عضو determineClassAverage.

در خط 55 متغیر **average** از نوع **double** اعلان شده است. این نوع به محاسبه میانگین امکان می‌دهد تا بصورت یک عدد اعشاری در متغیر ذخیره گردد. در خط 59 متغیر **gradeCounter** با صفر مقداردهی شده چرا که هنوز نمره‌ای وارد نشده است، به یاد داشته باشید که این برنامه از روش مراقبت-کنترل تکرار استفاده می‌کند. به منظور ثبت دقیق تعداد نمرات وارد شده، متغیر **gradeCounter** فقط به هنگام وارد شدن یک نمره معتبر بعنوان ورودی، افزایش می‌یابد.

تفاوت‌های موجود مابین روش‌های مراقبت-کنترل تکرار و شمارنده-کنترل تکرار

به تفاوت‌های موجود میان روش مراقبت-کنترل تکرار در این برنامه و شمارنده-کنترل تکرار در برنامه ۴-۹ توجه کنید. در روش شمارنده-کنترل تکرار، در هر بار تکرار عبارت **while** (خطوط 63-57 از شکل ۴-۹) یک مقدار از سوی کاربر دریافت می‌گردد. در روش مراقبت-کنترل تکرار، قبل از اینکه برنامه به عبارت **while** برسد، یک مقدار (خطوط 64-63 از شکل ۱۳-۴) دریافت می‌شود. این مقدار تعیین می‌کند که آیا جریان کنترل برنامه وارد بدنه عبارت **while** شود یا خیر. اگر شرط عبارت **while** برقرار



عبارات کنترلی: بخش ۱ _____ فصل چهارم ۱۰۴

نباشد (کاربر مقدار مراقبتی وارد کرده باشد)، بدنه عبارت **while** اجرا نخواهد شد (هیچ نمره‌ای وارد نمی‌شود). از سوی دیگر، اگر شرط برقرار شود، بدنه اجرا شده و مقدار وارد شده کاربر بکار گرفته می‌شود (به **total** افزوده می‌شود، خط 69). پس از پردازش مقدار، مقدار بعدی قبل از اینکه برنامه به انتهای بدنه عبارت **while** برسد توسط کاربر وارد می‌شود (خطوط 73-74). زمانیکه برنامه به { در خط 75 می‌رسد، اجرا با تست بعدی در شرط عبارت **while** ادامه می‌یابد (خط 67). مقدار جدید وارد شده تعیین می‌کند که آیا عبارت بدنه **while** مجدداً اجرا شود یا خیر. دقت کنید که مقدار بعدی همیشه قبل از اینکه شرط عبارت **while** ارزیابی شود، بلافاصله توسط کاربر وارد می‌شود. در اینحالت برنامه می‌تواند قبل از اینکه اقدام به پردازش مقداری نماید، تعیین کند که آیا آن مقدار، مقدار مراقبتی است یا خیر. اگر مقدار مراقبتی باشد، عبارت **while** خاتمه می‌یابد و مقدار به **total** افزوده نمی‌شود.

پس از خاتمه حلقه، عبارت **if..else** در خطوط 90-78 اجرا می‌شود. شرط موجود در خط 78 تعیین می‌کند که آیا نمره‌ای وارد شده است یا خیر. اگر نمره‌ای وارد نشده باشد، بخش **else** (خطوط 90-89) از عبارت **if..else** اجرا شده و پیغام "No grades were entered" را به نمایش درآورده و تابع عضو کنترل را به تابع فراخوان برگشت می‌دهد.

به بلوک موجود در حلقه **while** شکل ۱۳-۴ دقت کنید. بدون حضور براکت‌ها، سه عبارت آخر در بدنه حلقه در خارج از حلقه جای می‌گرفتند و این سبب می‌شد که کامپیوتر این کد را بصورت زیر و نادرست تفسیر کند:

```
// loop until sentinel value read from user
while ( grade != -1 )
    total = total + grade; // add grade to total
    gradeCounter = gradeCounter + 1; // increment counter

// prompt for input and read next grade from user
cout << "Enter grade or -1 to quit: ";
cin >> grade;
```

در این حالت برنامه دچار یک حلقه بی‌نهایت می‌شود در صورتیکه کاربر 1- را به عنوان اولین نمره وارد نکند (خط 64).

خطای برنامه‌نویسی



فراموش کردن براکت‌های تعیین‌کننده مرز یک بلوک می‌تواند، سبب‌ساز خطاهای منطقی همانند

حلقه‌های بی‌نهایت شود.

برنامه‌نویسی ایده‌آل



در حلقه کنترل مقدار مراقبتی، که مقداری از کاربر تقاضا می‌کند، باید مقدار مراقبتی به کاربر نشان داده

شود.

**دقت اعداد اعشاری و نیاز حافظه**

متغیرهای از نوع **float** عرضه کننده اعداد با دقت منفرد در نقطه اعشار هستند و دارای هفت رقم معنی دار در سیستم‌های 32 بیتی می‌باشند. متغیرهای از نوع **double** عرضه کننده دقت مضاعف در نقطه اعشار هستند. این دقت مستلزم دو برابر حافظه مورد نیاز برای یک متغیر **float** است و دارای 15 رقم معنی دار در سیستم‌های 32 بیتی است (تقریباً دو برابر دقیق‌تر از متغیرهای **float**). برای اکثر محاسبات صورت گرفته در برنامه‌ها نوع **float** می‌تواند کافی باشد، اما می‌توانید با استفاده از **double** دقت را تضمین کنید. در برخی از برنامه‌ها، حتی متغیرهای از نوع **double** هم کافی نیستند، برنامه‌هایی که خارج از قلمرو بحث این کتاب هستند. اکثر برنامه‌نویسان برای عرضه اعداد اعشاری از نوع **double** استفاده می‌کنند. در واقع ++C بطور پیش فرض با تمام اعداد اعشاری که در کد منبع برنامه تایپ می‌کنید (همانند 7.33 و 0.0975) همانند مقادیر **double** رفتار می‌کند. چنین مقادیری در کد منبع بعنوان ثابت‌های اعشاری شناخته می‌شوند.

غالباً اعداد اعشاری در انجام عملیات تقسیم گسترش زیادی پیدا می‌کنند. برای مثال با تقسیم 10 بر 3، نتیجه 3.333333... با دنباله‌ای از 3های نامتناهی خواهد بود. کامپیوتر فضای ثابتی برای نگهداری چنین مقادیری در اختیار دارد، از اینرو ذخیره سازی مقادیر اعشاری فقط بصورت تخمینی صورت می‌گیرد.

علیرغم اینکه اعداد اعشاری همیشه 100 درصد دقیق نیستند، اما کاربردهای بسیاری دارند. برای مثال، هنگامی که در مورد حرارت عادی بدن یعنی 98.6 صحبت می‌کنیم، نیازی نیست تا دقت اعشاری آنرا بسیار دقیق بیان کنیم. زمانیکه به درجه حرارت در یک دماسنج نگاه می‌کنیم و آنرا 98.6 می‌خوانیم، ممکن است مقدار دقیق آن 98.5999473210643 باشد. اما استفاده از مقدار 98.6 به صورت تخمینی در بسیاری از موارد می‌تواند مناسب و کاربردی باشد.

خطای برنامه نویسی

استفاده از اعداد اعشاری با فرض اینکه این اعداد نشان‌دهنده مقدار کاملاً دقیق هستند (بوئره در عبارات مقایسه‌ای) می‌تواند نتایج اشتباهی بدنبال داشته باشد. اعداد اعشاری تقریباً در تمام کامپیوترها نشان‌دهنده یک مقدار تقریبی هستند.

تبدیل مابین نوع‌های بنیادین بصورت صریح و ضمنی

متغیر **average** بصورت **double** (خط 55 از شکل ۱۳-۴) اعلان شده تا نتیجه اعشاری محاسبه انجام گرفته را در خود ذخیره سازد. با این همه، متغیرهای **total** و **gradeCounter** هر دو از نوع صحیح می‌باشند. بخاطر دارید که نتیجه تقسیم دو عدد صحیح یک عدد صحیح است که در آن بخش اعشاری جواب از بین می‌رود (قطع می‌شود). در عبارت زیر



عبارات کنترلی: بخش ۱ فصل چهارم ۱۰۹

```
average = total / gradeCounter;
```

ابتدا تقسیم انجام می‌شود، از اینرو بخش اعشاری نتیجه قبل از تخصیص به **average** از بین می‌رود. برای انجام یک محاسبه اعشاری با مقادیر صحیح، بایستی مقادیر موقتی که اعداد اعشاری هستند برای محاسبه ایجاد کنیم. زبان C++ دارای عملگر غیرباینری *cast* است که این وظیفه را انجام می‌دهد. در خط 81 از عملگر `cast` بصورت `static_cast<double>(total)` برای ایجاد یک کپی موقت اعشاری از عملوند موجود در درون پرانتزها یعنی **total** استفاده شده است. به استفاده از یک عملگر `cast` به این روش، تبدیل صریح می‌گویند. هنوز مقدار ذخیره شده در **total** یک عدد صحیح است.

اکنون محاسبه متشکل از یک مقدار اعشاری (نسخه **double** موقت از **total**) است که بر یک عدد صحیح در **gradeCounter** تقسیم می‌شود. کامپایلر C++ فقط از نحوه ارزیابی عبارتی که در آن نوع داده‌های عملوندها یکسان هستند، اطلاع دارد. برای اطمینان از اینکه عملوندها از نوع مشابه هستند، کامپایلر مبادرت به انجام عملی بنام ترفیع که تبدیل ضمنی نیز نامیده می‌شود بر روی عملوندهای انتخابی می‌کند. برای مثال، در یک عبارت که حاوی مقادیری از نوع داده **int** و **double** است، C++ مبادرت به ترفیع عملوندهای **int** به مقادیر **double** می‌کند. در این مثال با **total** همانند یک نوع داده **double** رفتار می‌کنیم (با استفاده از عملگر `cast`)، از اینرو کامپایلر مبادرت به ترفیع **gradeCounter** به **double** کرده و به محاسبه اجازه انجام می‌دهد و نتیجه تقسیم اعشاری به **average** تخصیص می‌یابد. در فصل ششم، در مورد نوع داده‌های بنیادین و نحوه ترفیع آنها توضیح خواهیم داد.

خطای برنامه‌نویسی



می‌توان از عملگر `cast` برای تبدیل مابین نوع‌های بنیادین عددی همانند **int** و **double** و مابین نوع کلاس‌های مرتبط استفاده کرد (در فصل سیزدهم با این موضوع آشنا خواهید شد). تبدیل به یک نوع اشتباه می‌تواند خطای کامپایلر یا خطای زمان اجرا بوجود آورد.

عملگرهای `cast` برای استفاده در هر نوع داده و همچنین نوع‌های کلاس در دسترس هستند. بدنبال عملگر `static_cast` یک جفت کاراکتر `< و >` که نوع داده را احاطه کرده‌اند آورده می‌شود. عملگر `cast` یک عملگر غیرباینری است. عملگری که فقط یک عملوند اختیار می‌کند. در فصل دوم، با عملگرهای محاسباتی باینری آشنا شده‌اید. همچنین C++ از نسخه‌های عملگرهای غیرباینری جمع (+) و منفی (-) پشتیبانی می‌کند، از اینرو برنامه‌نویس می‌تواند عبارتی مثل `7- یا 5+` بنویسد. عملگر `cast` از سایر عملگرهای غیرباینری همانند + و - از تقدم بالاتری برخوردار است. این تقدم بالاتر از عملگرهای `*`، `/` و `%` و پایین‌تر از پرانتز است. در جدول شکل ۲۲-۴ این عملگر را با نماد `static_cast<type>()` عرضه کرده‌ایم.



قالب بندی اعداد اعشاری

قالب بندی بکار رفته در برنامه شکل ۱۳-۴ را بطور خلاصه در این بخش و بطور دقیق تر در فصل پانزدهم توضیح خواهیم داد. فراخوانی تابع `setprecision` در خط 86 (با آرگومان 2) بر این نکته دلالت دارد که متغیر `average` از نوع `double` بایستی با دو رقم معنی دار در سمت راست نقطه اعشار چاپ شود (مثلاً 97.37) به اینحالت کنترل کننده جریان پارامتری شده (استریم) می گویند (بدلیل وجود 2 در درون پرانتز). برنامه هایی که از این فراخوانی استفاده می کنند باید حاوی رهنمود دستور دهنده زیر باشند (خط 10)

```
#include <iomanip>
```

خط 11 تصریح کننده نام فایل سرآیند `<iomanip>` است که در این برنامه بکار گرفته خواهد شد. دقت کنید که `endl` یک کنترل کننده جریان پارامتری نشده است (چرا که پس از آن مقدار یا عبارتی در درون پرانتزها وجود ندارد) و نیازمند فایل سرآیند `<iomanip>` نیست. اگر دقت تعیین نشود، معمولاً اعداد اعشاری با شش رقم معنی دار چاپ می شوند (دقت پیش فرض در اکثر سیستم های 32 بیتی). کنترل کننده جریان `fixed` بر این نکته دلالت دارد که مقادیر اعشاری بایستی با خروجی که فرمت نقطه ثابت نامیده می شوند چاپ شوند، که متضاد نماد علمی می باشد. نماد علمی روشی برای نمایش یک عدد بصورت، عدد اعشاری مابین مقدار 1 الی 10 است که در توانی از 10 ضرب می شود. برای مثال، مقدار 3100 را می توان در نماد علمی بصورت 3.1×10^3 به نمایش در آورد. به هنگام نمایش مقادیری که بسیار بزرگ یا بسیار کوچک هستند، نماد علمی می تواند ابزار مناسبی برای اینکار باشد در فصل پانزدهم با قالب بندی نماد علمی آشنا خواهید شد. در طرف مقابل، قالب بندی نقطه ثابت قرار دارد که یک عدد اعشاری را مجبور می کند تا به تعداد مشخص شده مبادرت به نمایش ارقام کند. همچنین این فرمت نقطه اعشار و دنباله صفرها در چاپ را کنترل می کند، حتی اگر عدد یک عدد صحیح باشد، همانند 88.00، بدون قالب بندی نقطه ثابت چنین عددی در ++C بصورت 88 چاپ می شود، بدون دنباله صفرها و نقطه اعشار. زمانیکه از کنترل کننده های جریان `fixed` و `setprecision` در برنامه ای استفاده می شود، مقادیر چاپ شده به تعداد نقاط دسیمال که توسط مقدار ارسالی به `setprecision` مشخص می شود، گرد می شوند (همانند مقدار 2 در خط 86)، اگرچه مقدار موجود در حافظه بدون تغییر باقی می ماند. برای مثال، مقادیر 87.946 و 67.543 بصورت 87.95 و 67.54 چاپ می شوند. توجه کنید که می توان نقطه اعشار را با استفاده از کنترل کننده جریان `showpoint` به نمایش در آورد. اگر `showpoint` بدون `fixed` بکار گرفته شود، دنباله صفرها چاپ نخواهد شد. همانند `endl`، کنترل کننده های جریان `fixed` و `showpoint`



عبارات کنترلی: بخش ۱ فصل چهارم ۱۱

پارامتری شده نبوده و نیازی به سرآیند فایل `<iomanip>` ندارند. هر دو آنها را می‌توان در سرآیند `<iostream>` پیدا کرد.

خط 86 و 87 از شکل ۴-۱۳ خروجی میانگین کلاس هستند. در این مثال میانگین کلاس گرد شده به نزدیکترین صدم و دقیقاً با دو رقم در سمت راست نقطه اعشار به نمایش درآمده‌اند. کنترل‌کننده جریان پارامتری شده (خط 86) نشان می‌دهد که مقدار متغیر `average` بایستی با دقت دو رقم در سمت راست نقطه اعشار به نمایش درآید (`setprecision(2)`). در اجرای نمونه‌ای برنامه سه نمره وارد برنامه ۴-۱۴ شده که مجموع آنها 257 شده است و میانگین حاصل از این رقم عدد 85.666666 است. کنترل‌کننده جریان پارامتری شده `setprecision` سبب می‌شود تا مقدار به تعداد رقم مشخص گرد شود. در این برنامه، میانگین به 85.67 گرد شده است.

۱-۴ فرموله کردن الگوریتم‌ها: عبارات کنترلی تودرتو

اجازه دهید تا به بررسی مسئله دیگری پردازیم. مجدداً الگوریتم را با استفاده از شبه‌کد و از بالا به پایین، اصلاح گام به گام فرموله کرده و سپس برنامه C++ مربوط به آنرا خواهیم نوشت. در مثال‌های قبلی مشاهده کردید که عبارتهای کنترلی همانند یک پشته یکی بر روی دیگری و به ترتیب قرار داده می‌شدند. در این مرحله، به معرفی روشی خواهیم پرداخت که عبارتهای کنترلی در آن را می‌توان با یکدیگر ترکیب کرد، بطوریکه عبارتی در درون عبارت دیگر جای می‌گیرد.

به صورت مسئله توجه نمائید:

یک کالج با برگزاری دوره‌ای دانشجویان را آماده امتحان پایان ترم می‌کند. سال گذشته، ۱۰ تن از دانشجویان که این دوره را گذرانده بودند در امتحان پایان ترم شرکت کردند. مدیریت کالج می‌خواهد از وضعیت دانشجویان شرکت کرده در امتحان مطلع شود. از شما خواسته شده تا برنامه‌ای بنویسید تا خلاصه‌ای از نتایج آزمون ارائه دهد. لیستی از ۱۰ دانشجو دریافت کرده و سپس در کنار نام کسانی که در آزمون قبول شده‌اند 1 و کسانی که در آزمون مردود شده‌اند 2 چاپ شود.

این برنامه باید بصورت زیر نتایج آزمون را تحلیل نماید:

۱- وارد کردن نتیجه هر آزمون (برای مثال 1 یا 2). نمایش پیغام "Enter result" در هر بار که برنامه درخواست نتیجه آزمون می‌کند.

۲- شمارش تعداد قبولی‌ها و مردودی‌ها.

۳- نمایش خلاصه‌ای از نتایج آزمون، شامل تعداد دانشجویان که موفق به گذراندن آزمون شده‌اند و تعدادی که مردود شده‌اند.

۴- اگر بیش از ۸ دانشجو از آزمون با موفقیت عبور کرده‌اند، پیغام "Raise tuition" به نمایش درآید.

پس از مطالعه صورت مسئله، تصمیمات زیر را برای حل آن اتخاذ می‌کنیم:



۱۱۲ فصل چهارم عبارات کنترلی: بخش ۱

۱- برنامه باید بر روی نتایج آزمون 10 دانشجو کار کند، از اینرو حلقه شمارنده - کنترل می‌تواند بکار گرفته شود.

۲- نتیجه هر آزمون عدد 1 یا 2 است. هر بار که برنامه اقدام به خواندن نتیجه یک آزمون می‌کند، برنامه باید یک 1 یا 2 دریافت نماید.

۳- دو شمارنده به ذخیره‌سازی نتایج آزمون می‌پردازند. یکی برای شمارش تعداد دانشجویان که از آزمون با موفقیت عبور کرده‌اند و دیگری برای شمارش تعدادی که در آزمون مردود شده‌اند.

۴- پس از اینکه برنامه تمام نتایج را مورد پردازش قرار داد، باید تعیین کند که آیا تعداد قبولی‌ها بیش از هشت نفر است یا خیر.

اجازه دهید تا با روش از بالا به پایین، اصلاح گام به گام کار را دنبال کنیم. عبارت شبه کد زیر در بالاترین سطح (top) قرار دارد:

Analyze exam result and decide if tuition should be raised

مجدداً یادآوری می‌کنیم که عبارت top توصیف کلی در مورد برنامه است و قبل از اینکه بتوان شبه کد را به فرم یک برنامه ++C نوشت انجام چندین مرحله اصلاح گام به گام ضروری است. اولین اصلاح عبارت است از:

Initialize variables

Input the 10 exam grades and count passes and failures

Print a summary of the exam result and decide if tuition should be raised

حتی زمانی که یک تصور کامل از کل برنامه بدست آورده باشیم، انجام اصلاحات بعدی مورد نیاز است. باید به دقت به بررسی و مشخص کردن متغیرها پرداخت. شمارنده‌ها به منظور ثبت قبولی‌ها و مردودی‌ها مورد نیاز هستند. یک شمارنده، کنترل کننده حلقه بوده و یک متغیر، ورودی کاربر را ذخیره می‌کند. عبارت شبه کد زیر

Initialize variables

می‌تواند بصورت زیر اصلاح شود:

Initialize passes to zero

Initialize failures to zero

Initialize student counter to one

فقط شمارنده‌های، تعداد قبولی‌ها و مردودی‌ها و تعداد دانش‌آموزان مقاردهی اولیه می‌شود. عبارت شبه کد

Input the 10 quiz grades and count passes and failures

مستلزم یک حلقه برای وارد کردن نتیجه هر آزمون است. در این برنامه بدلیل اینکه از همان ابتدا تعداد نتایج آزمون مشخص است (۱۰)، از اینرو می‌توان از روش شمارنده-کنترل تکرار استفاده کرد. در درون



عبارات کنترلی: بخش ۱ فصل چهارم ۱۱

حلقه یک عبارت انتخابی دو گانه تعیین می کند که نتیجه آزمون قبولی است یا مردودی و شمارنده مربوطه یک واحد افزایش می یابد. اصلاح عبارت شبه کد قبلی می تواند بصورت زیر انجام شود:

```
While student counter is less than or equal to 10
  Prompt the user to enter the next exam result
  Input the next exam result
  If the student passed
    Add one to passes
  Else
    Add one to failures
  Add one to student counter
```

به نحوه استفاده از خطوط خالی در میان مجموعه *if..else* دقت کنید که باعث افزایش خوانایی برنامه شده است. عبارت شبه کد

```
Print a summary of the exam results and decide if tuition should be raised
```

می تواند بصورت زیر اصلاح شود:

```
Print the number of passes
Print the number of failures
If more than eight student passed
  Print "Raise tuition"
```

در شکل ۴-۱۵ دومین مرحله اصلاح بصورت کامل نشان داده شده است. به کاربرد خطوط خالی در میان ساختار **while** توجه کنید، که باعث افزایش خوانایی برنامه می شوند. اکنون این شبه کد بقدر کافی برای تبدیل به یک برنامه C++ آماده شده است.

```
Initialize passes to zero
Initialize failures to zero
Initialize student to zero
While student counter is less than or equal to ten
  Input the next exam result
  If the student passed
    Add one to passes
  Else
    Add one to failures
  Add one to student counter

Print the number of passes
Print the number of failures
If more than eight students passed
  Print "Raise tuition"
```

شکل ۴-۱۵ | شبه کد برنامه نتیجه آزمون.

تبدیل به کلاس *Analysis*



کلاس C++ که مبادرت به پیاده‌سازی الگوریتم شبه‌کد کرده است در شکل‌های ۴-۱۶ و ۴-۱۷ و دو اجرای نمونه در شکل ۴-۱۸ نشان داده است.

```
1 // Fig. 4.16: Analysis.h
2 // Definition of class Analysis that analyzes examination results.
3 // Member function is defined in Analysis.cpp
4
5 // Analysis class definition
6 class Analysis
7 {
8 public:
9     void processExamResults(); // process 10 students' examination results
10 }; // end class Analysis
```

شکل ۴-۱۶ | برنامه بررسی نتیجه آزمون: فایل سرآیند Analysis.

```
1 // Fig. 4.17: Analysis.cpp
2 // Member-function definitions for class Analysis that
3 // analyzes examination results.
4 #include <iostream>
5 using std::cout;
6 using std::cin;
7 using std::endl;
8
9 // include definition of class Analysis from Analysis.h
10 #include "Analysis.h"
11
12 // process the examination results of 10 students
13 void Analysis::processExamResults()
14 {
15     // initializing variables in declarations
16     int passes = 0; // number of passes
17     int failures = 0; // number of failures
18     int studentCounter = 1; // student counter
19     int result; // one exam result (1 = pass, 2 = fail)
20
21     // process 10 students using counter-controlled loop
22     while ( studentCounter <= 10 )
23     {
24         // prompt user for input and obtain value from user
25         cout << "Enter result (1 = pass, 2 = fail): ";
26         cin >> result; // input result
27
28         // if...else nested in while
29         if ( result == 1 ) // if result is 1,
30             passes = passes + 1; // increment passes;
31         else // else result is not 1, so
32             failures = failures + 1; // increment failures
33
34         // increment studentCounter so loop eventually terminates
35         studentCounter = studentCounter + 1;
36     } // end while
37
38     // termination phase; display number of passes and failures
39     cout << "Passed " << passes << "\nFailed " << failures << endl;
40
41     // determine whether more than eight students passed
```



عبارات کنترلی: بخش ۱ فصل چهارم ۱۱

```
42 if ( passes > 8 )
43     cout << "Raise tuition " << endl;
44 } // end function processExamResults
```

شکل ۱۷-۴ برنامه بررسی نتیجه آزمون: عبارات کنترلی تودرتو در فایل کد منبع Analysis

```
1 // Fig. 4.18: fig04_18.cpp
2 // Test program for class Analysis.
3 #include "Analysis.h" // include definition of class Analysis
4
5 int main()
6 {
7     Analysis application; // create Analysis object
8     application.processExamResults(); // call function to process results
9     return 0; // indicate successful termination
10 } // end main
```

```
Enter result (1 = pass, 2 = fail): 1
Enter result (1 = pass, 2 = fail): 2
Enter result (1 = pass, 2 = fail): 1
Enter result (1 = pass, 2 = fail): 1
Enter result (1 = pass, 2 = fail): 1
Enter result (1 = pass, 2 = fail): 1
Enter result (1 = pass, 2 = fail): 1
Enter result (1 = pass, 2 = fail): 1
Enter result (1 = pass, 2 = fail): 1
Enter result (1 = pass, 2 = fail): 1
Enter result (1 = pass, 2 = fail): 1
Passed: 9
Failed: 1
Raise Tuition
```

```
Enter result (1 = pass, 2 = fail): 1
Enter result (1 = pass, 2 = fail): 2
Enter result (1 = pass, 2 = fail): 2
Enter result (1 = pass, 2 = fail): 1
Enter result (1 = pass, 2 = fail): 1
Enter result (1 = pass, 2 = fail): 1
Enter result (1 = pass, 2 = fail): 2
Enter result (1 = pass, 2 = fail): 1
Enter result (1 = pass, 2 = fail): 1
Enter result (1 = pass, 2 = fail): 1
Enter result (1 = pass, 2 = fail): 2
Passed: 6
Failed: 4
```

شکل ۱۸-۴ | برنامه تست کننده کلاس Analysis

خطوط 16-18 از برنامه ۱۷-۴ متغیرهای اعلان کرده‌اند که تابع عضو `processExamResults` از کلاس `Analysis` از آنها برای پردازش نتایج آزمون استفاده می‌کند. توجه کنید که از یکی از ویژگی‌های زبان C++ استفاده کرده‌ایم که به مقداردهی اولیه متغیر امکان می‌دهد تا با بخش اعلان یکی شود (`passes` با صفر، `failures` با صفر و `studentCounter` با 1 مقداردهی اولیه شده‌اند). امکان مقداردهی در ابتدای تکرار هر حلقه وجود دارد، معمولاً چنین مقداردهی‌های مجددی توسط عبارات تخصیصی بجای اعلان‌ها یا انتقال اعلان‌ها بدرون بدنه حلقه صورت می‌گیرند.



۱۱۶ فصل چهارم عبارات کنترلی: بخش ۱

حلقه while ده بار تکرار می‌شود (خطوط 22-36). در هر تکرار، حلقه یک نتیجه آزمون دریافت و آن را پردازش می‌کند. دقت کنید که عبارت **if..else** در خطوط 29-32 برای پردازش هر نتیجه در عبارت **while** بصورت تودرتو قرار گرفته است. اگر **result** برابر 1 باشد، عبارت **if..else** یک واحد به **passes** اضافه می‌کند و در غیر اینصورت فرض می‌کند که **result** برابر 2 بوده و یک واحد به **failures** اضافه می‌نماید. خط 35 مبادرت به افزایش **studentCounter** قبل از اینکه شرط تست حلقه در خط 22 صورت گیرد می‌کند. پس دریافت 10 مقدار، حلقه پایان یافته و خط 39 تعداد قبولی‌ها (**passes**) و مردودی‌ها (**failures**) را به نمایش در می‌آورد. عبارت **if** در خطوط 42-43 تعیین می‌کند که آیا تعداد دانشجویان قبول شده بیش از هشت نفر است یا خیر. اگر چنین باشد پیغام "Raise Tuition" به نمایش در می‌آید.

بررسی کلاس Analysis

در برنامه ۴-۱۸ یک شی **Analysis** ایجاد (خط 7) و تابع عضو **processExamResults** فراخوانی می‌شود (خط 8) تا مجموع نتایج آزمون وارد شده توسط کاربر پردازش شود. دو اجرای نمونه از برنامه ۴-۱۸ در خروجی نشان داده شده است. در انتهای اولین اجرا، شرط موجود در خط 42 تابع عضو **processExamResults** در شکل ۴-۱۷ برقرار شده (بیش از هشت دانشجو قبول شده‌اند) و از اینرو پیغام "Raise Tuition" به نمایش درآمده است.

۴-۱۱ عملگرهای تخصیص دهنده

C++ دارای چندین عملگر تخصیص دهنده برای کاستن از طول عبارات تخصیصی است. برای مثال، عبارت

$$c = c + 3;$$

می‌تواند بصورت زیر و با استفاده از عملگر += نوشته شود

$$c += 3;$$

عملگر += مقدار عملوند قرار گرفته در سمت راست را به مقدار عملوند سمت چپ اضافه کرده و

نتیجه آنرا در متغیر عملوند سمت چپ ذخیره می‌کند. هر عبارتی به فرم زیر را

عبارت عملگر متغیر = متغیر

می‌توان به فرم زیر نوشت:

عبارت = عملگر متغیر

عملگر یکی از عملگرهای باینری +، -، *، / یا % و متغیر یک مقدار سمت چپ (lvalue) است. مقدار

سمت چپ، متغیری است که در سمت چپ یک عبارت تخصیصی جای می‌گیرد. جدول شکل ۴-۱۹ حاوی

عملگرهای تخصیص دهنده محاسباتی و عبارات نمونه‌ای است که از این عملگرها استفاده می‌کنند.

تخصیص

معادل

عبارت نمونه

عملگر تخصیص دهنده

با فرض $c = 3, d = 5, e = 4, f = 6, g = 12$



عبارات کنترلی: بخش ۱ فصل چهارم ۱۱

c به 10	$c = c + 7$	$c += 7$	$+=$
d به 1	$d = d - 4$	$d -= 4$	$-=$
e به 20	$e = e * 5$	$e *= 5$	$*=$
f به 2	$f = f / 2$	$f /= 3$	$/=$
g به 3	$g = g \% 9$	$g \% = 9$	$\% =$

شکل ۱۹-۴ | عملگرهای تخصیص دهنده.

۱۲-۴ عملگرهای افزایش و کاهنده

علاوه بر عملگرهای محاسباتی تخصیص دهنده، زبان C++ دارای عملگر افزایشی غیرباینری ++ و عملگر کاهنده غیرباینری -- است. این عملگرها در جدول شکل ۲۰-۴ توضیح داده شده‌اند. اگر متغیر c بخواهد یک واحد افزایش پیدا کند، عملگر افزایشی ++ را می‌توان بجای استفاده از عبارت $c = c + 1$ یا $c += 1$ بکار گرفت. اگر عملگر افزایشی یا کاهنده قبل از یک متغیر قرار داده شود، به مفهوم پیش‌افزایش یافته یا پیش‌کاهش یافته خواهد بود. اگر عملگر افزایشی یا کاهنده پس از یک متغیر بکار گرفته شود، به مفهوم پس‌افزایشی یا پس‌کاهش خواهد بود. در هر دو حالت افزایشی یا کاهشی مقدار متغیر یک واحد افزایش یا کاهش پیدا می‌کند. پس از انجام کار، مقدار جدید متغیر در عبارتی که حاوی آن است بکار گرفته می‌شود.

عنوان	عبارت نمونه	عملگر	توضیح
پیش‌افزایشی	$++a$	$++$	a یک واحد افزایش می‌یابد، سپس مقدار جدید a در عبارتی که حاوی a است بکار گرفته می‌شود.
پس‌افزایشی	$a++$	$++$	از مقدار جاری a در عبارتی که حاوی آن است استفاده شده، سپس مقدار a یک واحد افزایش می‌یابد.
پیش‌کاهش	$--b$	$--$	b یک واحد کاهش می‌یابد، سپس مقدار جدید b در عبارتی که حاوی b است بکار گرفته می‌شود.
پس‌کاهش	$b--$	$--$	از مقدار جاری b در عبارتی که حاوی آن است استفاده شده، سپس مقدار b یک واحد کاهش می‌یابد.

شکل ۲۰-۴ | عملگرهای افزایشی و کاهنده.

برنامه شکل ۲۱-۴ به توصیف تفاوت موجود مابین نسخه‌های پیش‌افزایش و پس‌افزایش عملگر افزایشی ++ می‌پردازد. عملگر کاهنده -- نیز به طریق مشابهی کار می‌کند. توجه کنید که این مثال حاوی کلاس نمی‌باشد، اما فایل کد منبع با `main` تمام برنامه‌ها کار می‌کند. در این فصل و فصل سوم شاهد مثال‌های بوده‌اید که حاوی یک کلاس (شامل سرآیند و فایل‌های کد منبع برای این کلاس بوده‌اند) به همراه فایل کد منبع دیگری برای تست کلاس بودند. این فایل کد منبع حاوی تابع `main` است که یک شی از کلاس ایجاد و توابع عضو خود را فراخوانی می‌کند. در این مثال، فقط خواسته‌ایم تا مکانیزم عملگر ++ را به نمایش در آوریم، از اینرو فقط از یک فایل کد منبع با تابع `main` استفاده کرده‌ایم. خط 12 مبادرت به



۱۱۸ فصل چهارم عبارات کنترلی: بخش ۱

مقداردهی اولیه متغیر c با ۵ و خط ۱۳ مقدار اولیه c را به نمایش در می آورد. خط ۱۴ مقدار عبارت $c++$ را چاپ می کند. این عبارت سبب پس افزایش متغیر c شده و در نتیجه مقدار اولیه c یعنی ۵ چاپ می گردد، سپس مقدار c افزایش می یابد. از اینرو، خط ۱۴ مقدار اولیه c یعنی ۵ را مجدداً چاپ می کند. خط ۱۵ مقدار جدید c یعنی ۶ را برای تأکید بر این نکته که مقدار متغیر برآستی در خط ۱۴ افزایش یافته است چاپ می نماید.

```
1 // Fig. 4.21: fig04_21.cpp
2 // Preincrementing and postincrementing.
3 #include <iostream>
4 using std::cout;
5 using std::endl;
6
7 int main()
8 {
9     int c;
10
11     // demonstrate postincrement
12     c = 5; // assign 5 to c
13     cout << c << endl; // print 5
14     cout << c++ << endl; // print 5 then postincrement
15     cout << c << endl; // print 6
16
17     cout << endl; // skip a line
18
19     // demonstrate preincrement
20     c = 5; // assign 5 to c
21     cout << c << endl; // print 5
22     cout << ++c << endl; // preincrement then print 6
23     cout << c << endl; // print 6
24     return 0; // indicate successful termination
25 } // end main
```

```
5
5
6
5
6
6
```

شکل ۲۱-۴ تفاوت مابین عملگرهای پیش افزایشی و پس افزایشی.

خط ۲۰ مقدار متغیر c را به ۵ باز می گرداند و خط ۲۱ مقدار c را چاپ می کند. خط ۲۲ مبادرت به چاپ مقدار عبارت $c++$ را می کند. این عبارت سبب پیش افزایش c شده است، از اینرو مقدار آن افزایش یافته و سپس مقدار جدید یعنی ۶ چاپ می شود. خط ۲۳ مجدداً مقدار c را به نمایش در می آورد تا نشان دهد که مقدار c هنوز پس از اجرای خط ۲۲ برابر ۶ است.

عملگرهای تخصیص ریاضی و عملگرهای افزایشی و کاهنده می توانند عبارات برنامه نویسی را ساده تر

کنند. سه عبارت تخصیصی در برنامه ۱۷-۴

```
passes = passes + 1;
failures = failures + 1;
studentCounter = studentCounter + 1;
```



عبارات کنترلی: بخش ۱ فصل چهارم ۱۱

را می‌توان با استفاده از عملگرهای تخصیصی بصورت زیر هم نوشت

```
passes += 1;
failures += 1;
student += 1;
```

با عملگرهای پیش‌افزایشی بصورت زیر

```
++passes;
++failures;
++studentCounter;
```

با عملگرهای پس‌افزایشی بصورت زیر نوشت

```
passes++;
failures++;
studentCounter++;
```

خطای برنامه‌نویسی



مبادرت به استفاده از عملگر افزایشنده یا کاهنده بر روی عبارتی بجز نام یک متغیر، همانند $++(x + 1)$ خطای نحوی خواهد بود.

جدول شکل ۲۲-۴ نمایشی از تقدم و ارتباط عملگرهای مطرح شده تا بدین‌جا را عرضه کرده است. نمایش عملگرها با تقدم آنها از بالا به پایین است. ستون دوم توصیف‌کننده ارتباط عملگرها در هر سطح تقدم است. دقت کنید که عملگر شرطی ($?:$)، عملگر غیرباینری پس‌افزایشی ($++$)، پس‌کاهشی ($--$)، جمع ($+$)، تفریق ($-$)، و عملگرهای $=$ ، $+=$ ، $*=$ ، $/=$ و $\%=$ از چپ به راست ارزشیابی می‌شوند. مابقی عملگرهای جدول شکل ۲۲-۴ از راست به چپ می‌باشند. ستون سوم اسامی عملگرها را نشان می‌دهد.

عملگر	ارتباط	نوع
$()$	چپ به راست	پرانتر
$static_cast< type >()$	چپ به راست	غیرباینری
$++$ $--$ $+$ $-$	راست به چپ	غیرباینری
$*$ $/$ $\%$	چپ به راست	تعددی
$+$ $-$	چپ به راست	افزاینده/کاهنده
$<<$ $>>$	چپ به راست	درج/استخراج
$<$ $<=$ $>$ $>=$	چپ به راست	رابطه‌ای
$==$ $!=$	چپ به راست	برابری
$?:$	راست به چپ	شرطی
$=$ $+=$ $-=$ $*=$ $/=$ $\%=$	راست به چپ	تخصیصی

شکل ۲۲-۴ | تقدم و رابطه عملگرهای مطرح شده تا این مرحله.

۱۳-۴ مبحث آموزشی مهندسی نرم‌افزار: شناسایی صفات کلاس در سیستم ATM



در بخش ۱۱-۳ اولین مرحله از طراحی شی گرا (OOD) را برای سیستم ATM انجام دادیم. تحلیل مستند نیازها و شناسایی کلاس‌های مورد نیاز در پیاده‌سازی سیستم. همچنین اسامی و کلمات کلیدی موجود در مستند نیازها را مشخص و کلاس‌ها را مجزا کرده و نقشی که هر یک در سیستم ATM بازی می‌کنند را شناسایی کردیم. سپس کلاس‌ها و روابط آنها را توسط دیاگرام کلاس UML مدل‌سازی کردیم (شکل ۲۳-۳). کلاس‌ها دارای صفات (داده) و عملیات (رفتار) هستند. صفات کلاس در برنامه‌های ++C بعنوان عضوهای داده و عملیات کلاس توسط توابع عضو پیاده‌سازی می‌شوند. در این بخش، به تعیین برخی از صفات مورد نیاز در سیستم ATM می‌پردازیم. در فصل پنجم، بررسی می‌کنیم چگونه این صفات در تعیین وضعیت یک شی نقش دارند. در فصل ششم، به تعیین عملیات کلاس‌ها خواهیم پرداخت.

شناسایی صفات

به صفات برخی از شی‌ها در جهان واقعی توجه کنید: هر فردی دارای قد، وزن بوده و می‌تواند چپ‌دست، راست‌دست یا قادر به نوشتن با هر دو دست باشد. صفات یک رادیو شامل تنظیم ایستگاه، تنظیم صدا و تنظیمات AM یا FM است. صفات یک اتومبیل شامل دور موتور، حجم مخزن سوخت و نوع جعبه‌دنده است. صفات یک کامپیوتر شخصی شامل سازنده آن (همانند Sun، Dell، Apple یا IBM)، نوع صفحه نمایش (مثلاً LCD یا CRT)، میزان حافظه اصلی و سائز دیسک سخت است.

می‌توانیم صفات بسیار زیادی برای کلاس‌ها را در سیستم با دقت در کلمات توصیف‌کننده و عبارات موجود در مستند نیازها پیدا کنیم. برای هر صفتی که نقشی در سیستم بازی می‌کند یک صفت ایجاد کرده و آن را به یک یا چند کلاس شناسایی شده در بخش ۱۱-۳ تخصیص می‌دهیم. همچنین صفات را برای نمایش داده‌های اضافی که ممکن است کلاس نیاز داشته باشد یا داده‌های که می‌توانند فرآیند طراحی را مشخص‌تر سازند، ایجاد می‌کنیم.

در جدول شکل ۲۳-۴ کلمات و عبارت بدست آمده از مستند نیازها را که توصیف‌کننده کلاس هستند، لیست شده‌اند. ترتیب دستیابی به این کلاس بر اساس ظاهر شدن آنها در مستند نیازها است.

کلاس	کلمات و جملات توصیفی
ATM	تایید هویت کاربر
BalanceInquiry	شماره حساب
Withdrawal	شماره حساب



عبارات کنترلی: بخش ۱ _____ فصل چهارم ۱۲

موجودی

Deposit شماره حساب

موجودی

BankDatabase [کلمه یا جمله توصیف کننده وجود ندارد.]

Account شماره حساب

PIN

مانده حساب

Screen [کلمه یا جمله توصیف کننده وجود ندارد.]

keypad [کلمه یا جمله توصیف کننده وجود ندارد.]

CashDispenser هر روز با 500 عدد اسکناس 20 دلاری شروع بکار می کند.

DepositSlot [کلمه یا جمله توصیف کننده وجود ندارد.]

شکل ۲۳-۴ | کلمات و عبارات توصیف کننده از مستند نیازهای ATM.

جدول ۲۳-۴ ما را به سمت ایجاد یک صفت کلاس ATM سوق می دهد. کلاس ATM مسئول نگهداری اطلاعاتی در ارتباط با وضعیت ATM است. عبارت «تایید هویت کاربر» توصیف کننده وضعیتی از ATM است (در بخش ۱۱-۵ به معرفی وضعیت ها خواهیم پرداخت)، از اینرو **userAuthenticated** را بعنوان یک صفت بولی در نظر گرفته ایم (صفتی که دارای یک مقدار **true** یا **false** است). نوع **Boolean** در UML معادل نوع **bool** در زبان C++ است. این صفت بر این نکته دلالت دارد که آیا ATM با موفقیت هویت کاربر جاری را تایید کرده است یا خیر، برای اینکه سیستم به کاربر اجازه انجام تراکنش و دسترسی به اطلاعات حساب را فراهم آورد بایستی ابتدا **userAuthenticated** برابر **true** باشد. این صفت در حفظ امنیت داده ها در سیستم نقش مهمی ایفا می کند.

کلاس های **Withdrawal**, **BalanceInquiry** و **Deposit** یک صفت را به اشتراک می گذارند. هر تراکنشی مستلزم یک «شماره حساب» است که متناظر با حساب کاربری است که تراکنش را انجام می دهد. یک صفت صحیح **accountNumber** به هر کلاس تراکنش برای شناسایی حساب اهدا می کنیم.



کلمات و جملات توصیفی در مستند نیازها پیشنهاد برخی از صفات متفاوت و مورد نیاز برای هر کلاس ترکنش را می‌کنند. مستند نیازها بر این نکته دلالت دارد که برای برداشت پول نقد یا سپرده‌گذاری، باید کاربر یک «مقدار» مشخص از پول را برای برداشت یا سپرده‌گذاری مشخص کند. از اینرو، به کلاس‌های **Deposit** و **Withdrawal** یک صفت بنام **amount** تخصیص می‌دهیم تا مقدار مشخص شده از سوی کاربر را در خود ذخیره سازد. میزان پول مرتبط با برداشت پول و سپرده‌گذاری، تعریف‌کننده مشخصه این تراکنش‌ها است که سیستم نیازمند آنها می‌باشد. کلاس **BalanceInquiry** نیازی به داده‌های اضافی برای انجام وظیفه خود ندارد. تنها نیاز این کلاس یک شماره حساب است تا براساس آن موجودی حساب را بازیابی کند.

کلاس **Account** دارای چندین صفت است. مستند نیازها مشخص می‌کند که هر حساب بانکی دارای یک «شماره حساب» و "PIN" است، که سیستم با استفاده از آن مبادرت به شناسایی حساب و هویت کاربران می‌کند. به کلاس **Account** دو صفت صحیح تخصیص داده‌ایم: **accountNumber** و **PIN**. همچنین مستند نیازها تصریح می‌کند که هر حسابی مبادرت به نگهداری «موجودی» از میزان پولی که در حساب وجود دارد و مقدار پولی که کاربر بعنوان سپرده در پاکت وارد سیستم **ATM** وارد کرده ولی هنوز توسط مامور بانک تایید نشده و چک‌هایی که وارد حساب نشده‌اند، می‌کند. با این همه، باید حساب، میزان موجودی که کاربر سپرده‌گذاری کرده است را ثبت کند. بنابر این، تصمیم گرفته‌ایم که یک حساب باید قادر به نمایش میزان موجودی با استفاده از دو صفت **UML** از نوع **Double** باشد: **availableBalance** و **totalBalance**. صفت **availableBalance** تعیین‌کننده میزان پولی است که کاربر می‌تواند بصورت نقد از حساب خود برداشت کند. صفت **totalBalance** به کل موجودی اشاره دارد که شامل سپرده‌گذاری نیز می‌شود. برای مثال، فرض کنید یک کاربر **ATM** مبلغ 50.00 دلار در یک حساب خالی سپرده‌گذاری کرده است. در اینحالت صفت **totalBalance** به 50.00 دلار افزایش می‌یابد تا میزان سپرده ثبت گردد، اما مقدار صفت **availableBalance** هنوز در صفر دلار باقی می‌ماند.

کلاس **CashDispenser** دارای یک صفت است. مستند نیازها مشخص می‌کند که تحویل‌دار خودکار «هر روز کار خود را با 500 قطعه اسکناس 20 دلاری شروع می‌کند». این تحویل‌دار باید مراقب تعداد اسکناس‌ها موجود باشد تا بتواند تعیین کند که آیا به میزان کافی اسکناس برای پرداخت به تقاضای صورت گرفته در اختیار دارد یا خیر. به کلاس **CashDispenser** یک صفت صحیح به نام **count** تخصیص می‌دهیم. که در ابتدای کار با 500 تنظیم شده است.



عبارات کنترلی: بخش ۱ فصل چهارم ۱۲۳

در برنامه‌های واقعی هیچ تضمینی وجود ندارد که مستند نیازها به قدر کافی غنی، دقیق و گویا برای طراحان سیستم‌های شی گرا باشد تا آنها هم بتوانند تمام صفات یا حتی تمام کلاس‌ها را تعیین کنند. نیاز به کلاس‌ها، صفات و رفتارهای اضافی در فرآیند طراحی خود را آشکار می‌کنند. همانطوری که در این مبحث آموزشی پیش می‌رویم، مبادرت به افزودن، اصلاح و حذف اطلاعاتی در ارتباط با کلاس‌ها در سیستم خود خواهیم کرد.

مدل کردن صفات

در دیاگرام کلاس شکل ۲۴-۴ برخی از صفات کلاس‌های موجود در سیستم ATM به نمایش درآمده‌اند. جدول شکل ۲۳-۴ در شناسایی این صفات به ما کمک کرده است. برای سادگی کار، شکل ۲۴-۴ نمایشگر وابستگی موجود مابین کلاس‌ها نیست که آنها را در شکل ۲۳-۳ قبلاً عرضه کرده بودیم. از بخش‌های قبل بخاطر دارید که در UML، صفات کلاس در بخش میانی دیاگرام کلاس قرار داده می‌شوند. نام هر صفت و نوع آن توسط یک کولن از هم جدا شده و سپس در برخی از موارد یک علامت تساوی و مقدار اولیه هم بعد از آنها آورده می‌شود.

به صفت `userAuthenticated` از کلاس ATM توجه کنید:

```
userAuthenticated : Boolean = false
```

در اعلان این صفت سه نوع داده در ارتباط با آن وجود دارد. نام صفت `userAuthenticated` است. نوع صفت `Boolean` است. در C++، یک صفت را می‌توان توسط یک نوع بنیادین همانند `bool`، `int` یا `double` یا یک نوع کلاس عرضه کرد. در شکل ۲۴-۴ از نوع‌های بنیادین برای صفات استفاده کرده‌ایم. همچنین مقدار اولیه صفت را هم مشخص کرده‌ایم. صفت `userAuthenticated` در کلاس ATM دارای مقدار اولیه `false` است. به این معنی که سیستم در ابتدای کار کاربر را تایید نمی‌کند. اگر صفتی دارای مقدار اولیه مشخص شده‌ای نباشد، فقط نام و نوع صفت به نمایش در می‌آیند. برای مثال صفت `accountNumber` از کلاس `BalanceInquiry` از نوع `Integer` است که مقدار اولیه هم ندارد چرا که مقدار این صفت عددی است که هنوز از آن اطلاعی نداریم. این عدد در زمان اجرای برنامه و براساس شماره حساب وارد شده توسط کاربر جاری ATM تعیین می‌شود.

شکل ۲۴-۴ | کلاس‌ها همراه با صفات.

شکل ۲۴-۴ حاوی صفاتی برای کلاس‌های `Keypad`، `Screen` و `DepositSlot` نیست. این اجزاء جزء کامپوننت‌های مهم در سیستم هستند که هنوز طراحی ما قادر به تعیین صفات آنها نشده است. با این



وجود در ادامه روند طراحی یا به هنگام پیاده‌سازی این کلاس‌ها در C++ می‌توان به بررسی آنها پرداخت. چنین حالتی در فرآیند مهندسی نرم‌افزار کاملاً طبیعی است.

مهندسی نرم‌افزار



در مراحل اولیه فرآیند طراحی، برخی از کلاس‌ها فاقد صفات (و عملیات) هستند. با این وجود، چنین کلاس‌هایی نباید از نظر دور نگه داشته شوند، چرا که این صفات (و عملیات) می‌توانند خود را در مراحل بعدی طراحی و پیاده‌سازی نشان دهند.

همچنین توجه کنید که در شکل ۲۴-۴ صفتی برای کلاس **BankDatabase** در نظر گرفته نشده است. از فصل سوم بخاطر دارید که در C++، صفات را می‌توان با نوع‌های بنیادین یا نوع‌های کلاس عرضه کرد. چون در مدل کردن دیاگرام‌های کلاس این شکل تصمیم بر استفاده از نوع‌های بنیادین برای صفات گرفته‌ایم، این کلاس فعلاً صفتی ندارد. مدل کردن صفت از نوع کلاس بسیار واضح بوده و همانند یک رابطه (در عمل یک ترکیب) مابین کلاس با صفت است. برای مثال، دیاگرام کلاس در شکل ۲۳-۳ نشان می‌دهد که کلاس **BankDatabase** در یک رابطه ترکیبی با صفر یا چند شی **Account** شرکت دارد. از این ترکیب، می‌توانیم تعیین کنیم که به هنگام پیاده‌سازی سیستم ATM در C++، ملزم به ایجاد صفتی از کلاس **BankDatabase** هستیم که صفر یا بیشتر شی **Account** در خود نگهداری کند. به همین ترتیب با کلاس‌های **Screen**، **Keypad**، **CashDispenser** و **DepositSlot** رفتار می‌کنیم. مدل کردن این صفات مبتنی بر ترکیب می‌تواند سبب افزونگی در شکل ۲۴-۴ شود، چرا که ترکیب‌های مدل شده در شکل ۲۳-۳ بر این واقعیت تاکید دارند که پایگاه داده حاوی اطلاعاتی در ارتباط با صفر یا بیشتر حساب بوده و ATM مرکب از صفحه‌نمایش، صفحه‌کلید، پرداخت‌کننده پول و شکاف سپرده‌گذاری است. معمولاً طراحان نرم‌افزاری چنین روابط کامل / بخش را بصورت ترکیبی بجای صفات مدل‌سازی می‌کنند.

دیاگرام کلاس در شکل ۲۴-۴ ساختار پایه‌ای مدل ما را نشان می‌دهد، اما کامل نیست. در بخش ۱۱-۵ مبادرت به شناسایی وضعیت و فعالیت شی‌ها در مدل کرده و در بخش ۲۲-۶ به بررسی عملیاتی که شی‌ها انجام می‌دهند می‌پردازیم.

تمرینات خودآزمایی مبحث مهندسی نرم‌افزار

۴-۱ عموماً شناسایی صفات کلاس‌ها در سیستم با تحلیل _____ در مستند نیازها صورت می‌گیرد.

(a) اسامی و جملات

(b) کلمات و جملات توصیفی

(c) افعال



عبارات کنترلی: بخش ۱ فصل چهارم ۱۲

(d) همه گزینه‌های فوق

۴-۲ کدامیک از موارد زیر نشان‌دهنده صفتی از یک هواپیما نیستند؟

(a) طول

(b) طول بال هواپیما

(c) پرواز

(d) تعداد صندلی‌ها

۴-۳ به توضیح مفهوم اعلان صفت کلاس `CashDispenser` در دیاگرام کلاس شکل ۴-۲۴ پردازید:

`count : Integer = 500`

پاسخ خودآزمایی مبحث آموزشی مهندسی نرم‌افزار

b ۴-۱

۴-۲ c. پرواز یک عمل یا رفتار در هواپیما است و نشان‌دهنده صفت نمی‌باشد.

۴-۳ به این معنی است که `count` از نوع `Integer` بوده و مقدار اولیه آن 500 می‌باشد. این صفت تعداد اسکناس‌های که هر روز در `CashDispenser` قرار داده می‌شود را کنترل می‌کند.

خودآزمایی

۴-۱ جاهای خالی را در عبارات زیر با کلمات مناسب پر کنید.

(a) تمام برنامه‌ها در سه نوع عبارت کنترلی:، و نوشته شوند.

(b) عبارت انتخاب در صورت برقرار بودن شرط عملی را به اجرا درآورده و در صورت برقرار نبودن عمل دیگری را به اجرا در می‌آورد.

(c) تکرار مجموعه‌ای از دستورالعمل‌ها به دفعات مشخص، تکرار نامیده می‌شود.

(d) زمانیکه از همان ابتدا تعداد تکرار عبارت مشخص نباشد، یک مقدار می‌تواند به کار گرفته شده و به تکرار خاتمه دهد.

(e) مشخص کردن ترتیب اجرای عبارت در یک برنامه کامپیوتری، برنامه نامیده می‌شود.

(f) یک زبان مصنوعی و فرمال است که به برنامه‌نویسان در ایجاد الگوریتم‌ها کمک می‌کند.

(g) توسط زبان ++C به منظور پیاده‌سازی ویژگی‌های متفاوتی، نظیر عبارتهای کنترل، رزرو شده‌اند.

(h) عبارت انتخابی عبارت چند انتخابی نامیده می‌شود چرا که از میان موارد متفاوت انتخاب خود را انجام می‌دهد.

۴-۲ چهار عبارت متفاوت ++C بنویسید که I را به متغیر x از نوع صحیح اضافه کند.

۴-۳ عبارت یا مجموعه‌ای از عبارات را برای انجام موارد خواسته شده زیر بنویسید:



۱۲۶ فصل چهارم عبارات کنترلی: بخش ۱

(a) تخصیص مقدار x و y به z و سپس افزایش x به میزان یک واحد پس از انجام محاسبات. فقط با استفاده از یک عبارت.

(b) بزرگتر بودن مقدار متغیر **count** را از 10 بررسی کنید. اگر چنین باشد، عبارت "Count is greater than 10" چاپ گردد.

(c) متغیر x را از 1 کم کنید. سپس آنرا از متغیر **total** تفریق نمایید. فقط از یک عبارت استفاده کنید.

۴-۴ یک عبارت C++ برای انجام موارد خواسته شده زیر بنویسید:

(a) اعلان متغیرهای **sum** و x از نوع **int**.

(b) تخصیص 1 به متغیر x .

(c) تخصیص 0 به متغیر **sum**.

(d) محاسبه مجموع متغیرهای x و **sum** و تخصیص نتیجه به متغیر **sum**.

(e) چاپ عبارت "The sum is:" که بدنبال آن مقدار متغیر **sum** آمده باشد.

۴-۵ با ترکیب عبارات نوشته شده در تمرین ۴-۴ آنرا به فرم برنامه‌ای در آورید که مجموع اعداد از 1 تا 10 را محاسبه و چاپ کند. از یک عبارت **while** برای ایجاد حلقه استفاده کنید. زمانیکه مقدار متغیر x به 11 رسید، حلقه پایان پذیرد.

۴-۶ مقدار هر متغیر را پس از هر محاسبه تعیین کنید. فرض کنید تمام متغیرها در ابتدای کار مقدار 5 دارند.

(a) `product *= x++;`

(b) `quotient /= ++x;`

۴-۷ عباراتی در C++ بنویسید که موارد خواسته شده زیر را انجام دهند.

(a) وارد کردن متغیر صحیح x با **cin** و `>>`

(b) وارد کردن متغیر صحیح y با **cin** و `>>`

(c) مقداردهی متغیر صحیح i با 1.

(d) مقداردهی متغیر صحیح **power** با 1.

(e) ضرب متغیر **power** در x و تخصیص نتیجه به **power**.

(f) پس افزایشی کردن متغیر i به میزان 1 واحد.

(g) تعیین اینکه آیا i کوچکتر یا مساوی y است یا خیر.

(h) چاپ متغیر صحیح **power** با **cin** و `>>`

۴-۸ برنامه‌ای در C++ بنویسید که از عبارت تمرین ۴-۷ استفاده کرده و x را به توان y برساند. این برنامه باید از حلقه تکرار **while** استفاده کند.

۴-۹ خطا یا خطاهای موجود در عبارات زیر را تشخیص داده و اصلاح کنید.

(a)

```
while (c <= 5)
{
```



فصل چهارم ۱۲

عبارات کنترلی: بخش ۱

```
product *= c;  
c++;
```

(b)

```
cin<< value
```

(c)

```
if (gender == 1)  
    cout<<"Woman"<<endl;  
else;  
    cout<<"Man"<<endl;
```

۱۰-۴ در حلقه تکرار **while** عبارت زیر چه اشتباهی وجود دارد؟

```
while( z>= 0)  
    sum +=z;
```

پاسخ خودآزمایی

۱-۴ (a) توالی، انتخاب، تکرار. (b) **if..else** (c) مشخص شده یا تعریف شده. (d) مراقبتی، سیگنال یا پرچم. (e) کنترل. (f) شبه کد. (g) کلمات کلیدی. (h) **switch**

۲-۴

```
x = x + 1;  
x += 1;  
++x;  
x++;
```

۳-۴

```
z = x++ + y; (a)  
if (count > 10) (b)  
    cout<<"Count is greater than 10"<<endl;  
total -= --x; (c)
```

۴-۴

```
int sum;int x; (a)  
x = 1; (b)  
sum = 0; (c)  
sum += x یا sum = sum + x; (d)  
cout<<"The sum is:" <<sum << endl; (e)
```

۵-۴

```
// Exercise 4.5 Solution: ex04_05.cpp  
// Calculate the sum of the integers from 1 to 10.  
#include <iostream>  
using std::cout;  
using std::endl;
```



عبارات کنترلي: بخش ۱

۲۸ فصل چهارم

```
int main()
{
    int sum; // stores sum of integers 1 to 10
    int x; // counter

    x = 1; // count from 1
    sum = 0; // initialize sum

    while ( x <= 10 ) // loop 10 times
    {
        sum += x; // add x to sum
        x++; // increment x
    } // end while

    cout << "The sum is: " << sum << endl;
    return 0; // indicate successful termination
} // end main
```

۴-۶

product = 25, x = 6; (a)

quotient = 0, x = 6; (b)

```
// Exercise 4.6 Solution: ex04_06.cpp
// Calculate the value of product and quotient.
#include <iostream>
using std::cout;
using std::endl;
```

```
int main()
{
    int x = 5;
    int product = 5;
    int quotient = 5;

    // part a
    product *= x++; // part a statement
    cout << "Value of product after calculation: " << product << endl;
    cout << "Value of x after calculation: " << x << endl << endl;

    // part b
    x = 5; // reset value of x
    quotient /= ++x; // part b statement
    cout << "Value of quotient after calculation: " << quotient << endl;
    cout << "Value of x after calculation: " << x << endl << endl;
    return 0; // indicate successful termination
} // end main
```

۴-۷

- a) cin >>x;
- b) cin >>y;
- c) i = 1;
- d) power = 1;
- e) power *=x ; or power = power * x ;
- f) i++;
- g) if (i<=y)
- h) cout << power << endl;



```
// Exercise 4.8 Solution: ex04_08.cpp
// Raise x to the y power.
#include <iostream>
using std::cout;
using std::cin;
using std::endl;

int main()
{
    int x; // base
    int y; // exponent
    int i; // counts from 1 to y
    int power; // used to calculate x raised to power y

    i = 1; // initialize i to begin counting from 1
    power = 1; // initialize power

    cout << "Enter base as an integer: "; // prompt for base
    cin >> x; // input base

    cout << "Enter exponent as an integer: "; // prompt for exponent
    cin >> y; // input exponent

    // count from 1 to y and multiply power by x each time
    while ( i <= y )
    {
        power *= x;
        i++;
    } // end while

    cout << power << endl; // display result
    return 0; // indicate successful termination
} // end main
```

(a) خطا: فاقد براکت راست (}) در بدنه **while** است.

اصلاح: افزودن براکت راست پس از عبارت **C++**;

(b) خطا: استفاده از عملگر درج بجای عملگر استخراج.

اصلاح: تغییر << به >>

(c) خطا: سیمکولن پس از **else** یک خطای منطقی است. عبارت خروجی دوم همیشه اجرا خواهد شد.

اصلاح: حذف سیمکولن پس از **else**.

۱۰-۴ مقدار متغیر **z** هرگز در حلقه **while** تغییر نمی‌کند. از اینرو اگر شرط تکرار حلقه ($z \geq 0$) در بدو امر برقرار باشد (**true**)، یک حلقه بی‌نهایت بوجود خواهد آمد. برای اجتناب از حلقه بی‌نهایت، بایستی **z** کاهش یابد تا سرانجام از صفر کمتر شود.

تمرینات



۱۳۰ فصل چهارم _____ عبارات کنترلی: بخش ۱

۴-۱۱ خطا یا خطاهای موجود در عبارت زیر را تشخیص داده و اصلاح کنید:

- a)

```
if (age >= 65);
    cout << "Age is greater than or equal to 65" << endl;
else
    cout << "Age is less than to 65 << endl;"
```
- b)

```
if ( age >= 65);
    cout << "Age is greater than or equal to 65" << endl;
else;
    cout << "Age is less than to 65" << endl;"
```
- c)

```
int x = 1, total;

while ( x <= 10)
{
    total +=x;
    x++;
}
```
- d)

```
while ( x <= 100 )
    total += x;
    x++;
```
- e)

```
while ( y > 0 )
{
    cout << y << endl;
    y++;
}
```

۴-۱۲ برنامه زیر چه عبارتی را چاپ می کند؟

```
// Exercise 4.12: ex04_12.cpp
// What does this program print?
#include <iostream>
using std::cout;
using std::endl;

int main()
{
    int y; // declare y
    int x = 1; // initialize x
    int total = 0; // initialize total

    while ( x <= 10 ) // loop 10 times
    {
        y = x * x; // perform calculation
        cout << y << endl; // output result
        total += y; // add y to total
        x++; // increment counter x
    } // end while

    cout << "Total is " << total << endl; // display result
    return 0; // indicate successful termination
} // end main
```

برای تمرینات ۱۳-۴ تا ۱۶-۴ هر یک از مراحل زیر را انجام دهید:

(a) خواندن صورت مسئله.

(b) فرموله کردن الگوریتم با شبه کد و مرحله اصلاح گام به گام از بالا به پایین.

(c) نوشتن برنامه به زبان C++.



عبارات کنترلی: بخش ۱ فصل چهارم ۱۳

(d) تست خطایابی و اجرای برنامه.

۴-۱۳ راننده‌گان علاقه‌مند به دانستن مسافت طی شده توسط اتومبیل خود هستند. راننده‌ای مبادرت به ثبت تعداد دفعات سوخت‌گیری، میزان سوخت و مسافت پیموده شده می‌کند. برنامه‌ای در C++ بنویسد که با استفاده از یک حلقه while مبادرت به دریافت مسافت طی شده و تعداد گالون‌های زده شده در هر بار سوخت‌گیری کند. برنامه باید مسافت طی شده (مایل طی شده) بر حسب هر گالون را محاسبه کرده و نمایش در آورد. خروجی برنامه می‌تواند شبیه عبارات زیر باشد.

```
Enter the miles used(-1 to quit):287
Enter gallons:13
MPG this tankful:22.076923
Total MPG:2.0769923
```

```
Enter the miles used(-1 to quit):200
Enter gallons:10
MPG this tankful:20.000000
Total MPG:21.173913
```

```
Enter the miles used(-1 to quit):-1
(MPG: Miles Per Gallon)
```

۴-۱۴ برنامه‌ای بنویسید که اگر مشتری یک فروشگاه بیش از موجودی خود در کارت اعتباری سفارش دهد، مشخص گردد. برای هر مشتری اطلاعات زیر موجود هستند:

۱- شماره حساب

۲- میزان موجودی در ابتدای ماه

۳- مجموع سفارشات از طرف مشتری در این ماه

۴- مجموع اعتبارات بکار برده شده توسط مشتری در این ماه.

۵- حد اعتبار

برنامه باید هر کدامیک از موارد فوق را دریافت و اعتبار جدید مشتری را محاسبه کند (= میزان موجودی + سفارشات - اعتبار) و مشخص نماید که آیا سفارش مشتری بیش از اعتبارش است یا خیر. در صورت سفارش بیش از حد پیغام "Credit limit exceeded" چاپ شود. خروجی برنامه می‌تواند همانند عبارات زیر باشد.

```
Enter account number(-1 to end):100
Enter beginning balance:5394.78
Enter total credits:500.00
Enter credit limit:5500.00
New balance is 5894.78
Account:100
Credit limit:5500.00
Balance:5894.78
```

**Credit Limit Exceeded**

Enter account number(-1 to end):200
Enter beginning balance:1000.00
Enter total charges:123.45
Enter credit limit:1500.00
New balance is 802.45

Enter account number(-1 to end):300
Enter beginning balance:500.00
Enter total charges:274.73
Enter total credits:100.00
Enter credit limit:800.00
New balance is 674.73

۱۵-۴ یک شرکت بزرگ شیمیایی بر اساس کمیسیون، حقوق فروشندگان خود را پرداخت می کند. هر فروشنده ای، در هفته 200 دلار به همراه 9 درصد از فروش هفته دریافت می کند. برای مثال، فروشنده ای که 5000 دلار در هفته فروش داشته، 200 دلار به همراه 9 درصد از 5000 دلار یا مجموع 650 دلار دریافت می کند. برنامه ای بنویسید که از یک عبارت **while** برای دریافت فروش هفتگی هر فروشنده استفاده کرده و دریافتی وی را به نمایش در آورد. در هر بار، حقوق یک فروشنده را محاسبه نماید.

Enter sales in dollars(-1 to end):5000.00
Salary is:\$650.00
Enter sales in dollars(-1 to end):6000.00
Salary is:\$740.00
Enter sales in dollars(-1 to end):-1

۱۶-۴ برنامه ای در ++C بنویسید که با استفاده از یک عبارت **while** حقوق دریافتی چند کارمند را محاسبه کند. شرکت بر اساس 40 ساعت کار در هفته حقوق مستقیم پرداخت می کند و اگر بیش از 40 ساعت کار صورت گرفته باشد، نصف آن زمان به حقوق 40 ساعته افزوده می شود. برنامه اطلاعات هر کارمند را که شامل ساعت کار کرده در هفته بوده به همراه نرخ دستمزد ساعته را دریافت کرده و حقوق وی را محاسبه می کند. خروجی برنامه می تواند همانند عبارات زیر باشد.

Enter hours worked(-1 to end):39
Enter hourly rate of the worker(\$00.00):10.00
Salary is \$390.00

Enter hours worked(-1 to end):40
Enter hourly rate of the worker(\$00.00):10.00
Salary is \$400.00

Enter hours worked(-1 to end):41
Enter hourly rate of the worker(\$00.00):10.00
Salary is \$415.00

Enter hours worked(-1 to end):-1

۱۷-۴ فرآیند یافتن بزرگترین عدد از جمله برنامه های پر کاربرد است. برای مثال، برنامه ای می تواند بهترین فروشنده را بر اساس میزان فروش تعیین کند. کسی که بیشترین فروش را داشته است، به عنوان برنده انتخاب می شود.



عبارات کنترلی: بخش ۱ فصل چهارم ۱۳

شبه کدی نوشته، سپس برنامه C++ آنرا ایجاد کنید که با استفاده از عبارت **while** مبادرت به تعیین و چاپ بزرگترین عدد از بین 10 عدد وارد شده توسط کاربر کند. برنامه باید از سه متغیر به شرح زیر استفاده نماید:

counter: یک شمارنده برای شمارش تا 10

number: عدد جاری وارد شده به برنامه.

largest: بزرگترین عدد دریافت شده تا بدین جا.

۴-۱۸ برنامه‌ای بنویسید که با استفاده از عبارت **while** اقدام به چاپ مقادیر جدول زیر کند:

N	10*N	100*N	1000*N
1	10	100	1000
2	20	200	2000
3	20	300	3000
4	40	400	4000
5	50	500	5000

۴-۱۹ با استفاده از روش بکار رفته در تمرین ۴-۱۷، دو عدد بزرگ را در میان 10 عدد پیدا کنید (نکته: باید هر عدد را یک بار وارد کنید).

۴-۲۰ برنامه بررسی نتایج آزمون در شکل‌های ۴-۱۶ الی ۴-۱۸ فرض می‌کند که هر مقدار ورودی که توسط کاربر وارد می‌شود اگر 1 نباشد پس 2 است. برنامه را برای اعتبارسنجی ورودی‌ها اصلاح کنید. اگر مقدار وارد شده 1 یا 2 نباشد، حلقه تا دریافت مقدار صحیح تکرار شود.

۴-۲۱ برنامه زیر چه عبارتی را چاپ می‌کند؟

```
// Exercise 4.21: ex04_21.cpp
// What does this program print?
#include <iostream>
using std::cout;
using std::endl;

int main()
{
    int count = 1; // initialize count

    while ( count <= 10 ) // loop 10 times
    {
        // output line of text
        cout << ( count % 2 ? "****" : "+++++" ) << endl;
        count++; // increment count
    } // end while

    return 0; // indicate successful termination
} // end main
```



۴-۲۲ برنامه زیر چه عبارتی را چاپ می کند؟

```
// Exercise 4.22: ex04_22.cpp
// What does this program print?
#include <iostream>
using std::cout;
using std::endl;

int main()
{
    int row = 10; // initialize row
    int column; // declare column

    while ( row >= 1 ) // loop until row < 1
    {
        column = 1; // set column to 1 as iteration begins

        while ( column <= 10 ) // loop 10 times
        {
            cout << ( row % 2 ? "<" : ">" ); // output
            column++; // increment column
        } // end inner while

        row--; // decrement row
        cout << endl; // begin new output line
    } // end outer while

    return 0; // indicate successful termination
} // end main
```

۴-۲۳ مشکل Dangling-Else. خروجی هر یک از عبارات زیر را با فرض زمانیکه x برابر ۹، y برابر ۱۱ و زمانیکه x برابر ۱۱ و y برابر ۹ است را تعیین کنید. توجه کنید که کامپایلر دندانان گذاری موجود در یک برنامه C++ را نادیده می گیرد. کامپایلر C++ همیشه یک `else` را با `if` قبلی در نظر می گیرد مگر اینکه با قرار دادن براکت ها `{ }` غیر این را حکم کنید. در نگاه اول، برنامه نویس نمی تواند مطمئن باشد که کدام `if` و `else` با هم هستند، از اینرو این مشکل Dangling-else شناخته می شود. برای اینکه حل مسئله کمی مشکل تر شود، دندانان گذاری را در این عبارات اعمال نکرده ایم.

```
a)
if (x<10)
if (y>10)
cout << "*****"<<endl;
else
cout << "#####"<<endl;
cout << "$$$$"<<endl;
```

```
b)
if (x<10)
{
if (y>10)
cout << "*****"<<endl;
}
else
{
```



عبارات کنترلی: بخش ۱ فصل چهارم ۱۳

```
cout << "####" << endl;
cout << "$$$$" << endl;
}
```

۴-۲۴ (مشکل Dangling-Else) کد زیر را برای تولید خروجی به نمایش در آمده اصلاح کنید. از دندانه گذاری مناسب استفاده کنید. هیچ تغییری بجز اعمال براکت نباید در کد وجود آورد.

```
if (y == 8)
if (x == 5)
cout << "####" << endl;
else
cout << "####" << endl;
cout << "$$$$" << endl;
cout << "####" << endl;
```

(a) با فرض $x=5$ و $y=8$ ، خروجی زیر تولید شود:

```
####
$$$$
####
```

(b) با فرض $x=5$ و $y=8$ ، خروجی زیر تولید شود:

```
####
```

(c) با فرض $x=5$ و $y=8$ ، خروجی زیر تولید شود:

```
####
$$$$
```

(d) با فرض $x=5$ و $y=7$ ، خروجی زیر تولید شود:

```
####
$$$$
####
```

۴-۲۵ برنامه‌ای بنویسید که سایز یک ضلع چهارگوش را دریافت و یک چهارگوش توخالی براساس آن سایز از ستاره‌ها (*) و فاصله‌ها چاپ کند. برنامه باید برای ترسیم چهارگوش‌های با سایز 1 تا 20 عمل کند. برای مثال، اگر سایز 5 وارد برنامه شود، بایستی خروجی زیر چاپ شود.

```
*****
*   *
*   *
*   *
*****
```

۴-۲۶ پالندروم، عدد یا عبارتی است که خواندن آن از هر دو جهت یکسان است. برای مثال، اعداد پنج رقمی و از نوع صحیح زیر همگی پالندروم هستند: 12321، 55555، 45554، 11611. برنامه‌ای بنویسید که پنج رقم از نوع صحیح دریافت کرده و تعیین کند که آیا پالندروم است یا خیر.

۴-۲۷ یک عدد صحیح فقط حاوی صفرها و یک‌ها (یعنی باینری) دریافت کرده و معادل دیسمال آنرا چاپ کنید. از عملگر باقیمانده و تقسیم برای انتخاب ارقام باینری از سمت راست به چپ استفاده کنید (در هر بار یک رقم). با توجه به اینکه در سیستم عددی دیسمال، سمت راست‌ترین رقم دارای ارزش مکانی 1، رقم بعدی دارای ارزش مکانی 10، سپس 100، سپس 1000 و الی آخر است. در سیستم عددی باینری، سمت راست‌ترین رقم دارای ارزش مکانی 1، رقم بعدی دارای ارزش مکانی 2، سپس 4، سپس 8 و الی آخر است. از اینرو عدد دیسمال 234 می‌تواند



۱۳۶ فصل چهارم عبارات کنترلی: بخش ۱

بصورت $1*1 + 0*2 + 1*4 + 2*100 + 3*10 + 4*1$ تفسیر شود. معادل دسیمال عدد باینری 1101 است که بصورت $1*8 + 1*4 + 0 + 8 + 1$ یا $1 + 0 + 4 + 8 + 13$ است.

۴-۲۸ برنامه بنویسید که الگوی زیر را به نمایش در آورد. برنامه باید از سه عبارت خروجی استفاده کرده باشد، یکی از عبارات می تواند بفرم زیر باشد:

```
cout << " " ;
cout << ' ' ;
cout << endl ;
*****
*****
*****
*****
*****
*****
*****
*****
```

۴-۲۹ برنامه ای بنویسید که توالی هایی از 2 را بصورت 2,4,8,16,32,64 الی آخر تولید کرده و چاپ نماید. حلقه **while** نباید خاتمه یابد (یعنی یک حلقه بی نهایت ایجاد کنید). برای انجام اینکار، کفایت در شرط عبارت **while** کلمه کلیدی **true** را قرار دهید. با انجام اینکار چه اتفاقی رخ خواهد داد؟

۴-۳۰ برنامه ای بنویسید که شعاع یک دایره را دریافت (از نوع **double**) و قطر، مساحت و محیط آن را محاسبه کنید. از مقدار 3.14159 برای π استفاده کنید.

۴-۳۱ در عبارت زیر چه اشتباهی وجود دارد؟ عبارت زیر را به نحوی اصلاح کنید که خواسته برنامه نویس را برآورده سازد.

```
cout << ++(x+y) ;
```

۴-۳۲ برنامه ای بنویسید که مقدار **double** غیر صفر خوانده و تعیین کند که این مقادیر می توانند نشان دهنده اضلاع یک مثلث باشند یا خیر.

۴-۳۳ برنامه ای بنویسید که مقدار صحیح غیر صفر خوانده و تعیین کند که این مقادیر می توانند نشان دهنده یک مثلث راست گوشه باشند یا خیر.

۴-۳۴ شرکتی می خواهد داده های خود را از طریق خط تلفن منتقل نماید. تمام داده های انتقالی از چهار رقم صحیح تشکیل شده اند. برنامه ای بنویسید که داده های انتقالی این شرکت را بصورت کد در آورد. ابتدا برنامه یک عدد چهار رقمی صحیح را خوانده و سپس بطریق زیر آنرا کد گذاری نماید: هر رقم را با باقیمانده تقسیم بر 10 جایگزین سازد. سپس مکان رقم اول را با رقم سوم و رقم چهارم را با رقم دوم عوض کند. در پایان عدد کد گذاری شده را چاپ کند. در ادامه برنامه ای بنویسید که عدد کد گذاری شده را دریافت و آنرا کد گشایی نماید.

۴-۳۵ فاکتوریل n عدد صحیح غیر منفی بصورت $n!$ نوشته می شود و بصورت زیر تعریف می گردد:

$$n! = n \cdot (n - 1) \cdot (n - 2) \cdot \dots \cdot 1 \quad (1 = \text{مقادیر بزرگتر یا مساوی } 1)$$

و



عبارات کنترلی: بخش ۱ _____ فصل چهارم ۱۳۴

$$n! = 1 \quad (n = 0 \text{ برای})$$

برای مثال $5! = 5.4.3.2.1 = 120$ است.

(a) برنامه‌ای بنویسید که یک مقدار صحیح غیرمنفی را دریافت (از طریق کادر تبادلی) و فاکتوریل آنرا محاسبه و چاپ کند.

(b) برنامه‌ای بنویسید که مقدار ثابت ریاضی e را با استفاده از فرمول زیر تخمین بزند:

$$e = 1 + \frac{1}{1!} + \frac{1}{2!} + \frac{1}{3!} + \dots$$

(c) برنامه‌ای بنویسید که مقدار e^x را با استفاده از فرمول زیر محاسبه کند:

$$e^x = 1 + \frac{x}{1!} + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \dots$$