فهرست

۱ استفاده از const و enum و inline ها نسبت به define کردن ارجحیت دارد

بهتر بود نامگذاری این قسمت به این صورت بود: ***ترجیح دادن کامپایلر به پیش پردازنده***، چرا چنین چیزی رو میگیم؟ چون ممکنه با define# به عنوان یک بخش از زبان برخورد نشه. این تنها یکی از مشکلات استفاده از دستورات پیش پردازنده هست. هنگامی که شما تکه کد زیر رو می‌نویسید:

```
#define ASPECT_RATIO 1.653
```

در این مورد اسمی که تحت عنوان ASPECT_RATIO مشخص کرده‌اید، ممکن است هیچگاه توسط کامپایلر دیده نشه، یعنی قبل از این که کد تحویل کامپایلر بشه، توسط پیش پردازنده این اسم حذف بشه. در این صورت، نام ASPECT_RATIO ممکنه هیچگاه وارد symbol table نشه.

نکته: **symbol table چیست؟** symbol table یک ساختمان داده بسیار مهم هست که توسط کامپایلر ساخته شده و نگه‌داری میشود، این امر به منظور پیگیری رفتار داده‌ها انجام میشود یعنی کامپایلر اطلاعاتی در مورد scope و اطلاعات نام‌ها، اطلاعاتی در مورد نمونه‌های موجود مثل متغیرها و نام کلاس‌ها و توابع و اشیاء و غیره را ذخیره می‌کند.

در این صورت، نام ASPECT_RATIO هیچگاه وارد symbolic table نخواهد شد. در این صورت اگر شما هنگام کامپایل کردن به اروری در مورد استفاده از مقدار constant برخورد کنید و اشاره به مقدار ۱.۶۵۳ کنه شما نخواهید توانست بفهمید منظور کامپایلر همون ASPECT_RATIO هستش. اگر ASPECT_RATIO در فایل هدر و توسط یک شخص دیگر نوشته شده باشد، در این صورت شما هرگز نمی‌توانید بفهمید که این مقدار ۱.۶۵۳ از کجا اومده، و این موضوع تنها اتلاف وقت خواهد بود. این موضوع حتی موقع استفاده از دیباگر نیز دردسر ساز خواهد شد، چرا که، ممکنه اسمی که شما دارید استفاده می‌کنید در symbol table نباشه. در این صورت راه حل استفاده از یک مقدار constant به جای استفاده از ماکرو خواهد بود.

```
const double AspectRatio=1.653;
```

این مقدار ثابت بوده و متعلق به زبان می‌باشد و همواره توسط compiler دیده می‌شود و قطعا وارد symbol table نیز می‌شود. همچنین در مورد متغیرهای ممیز شناور مثل همین مثال خودمون استفاده از constant موجب تولید کد کمتری نسبت به نمونه‌ی مشابه با define# میشود. این مورد به این دلیل رخ میدهد که وقتی از define# استفاده می‌کنیم، پیش پردازنده هر جا که از ASPECT_RATIO استفاده شده را با مقدار ۱.۶۵۳ جایگزین می‌کند و به همین دلیل چندین کپی از مقدار ۱.۶۵۳ در object code شما تولید میشه، اما اگر AspectRatio به صورت constant استفاده بشه در این صورت یک کپی تنها در برنامه خواهد بود.

وقتی ما define# هارو با مقادیر constant جایگزین می‌کنیم، دو نکته پیش میآید که باید گفته شود. اول تعریف مقادیر constant به صورت اشاره‌گری است. چرا که معمولا تعریف constant در فایل هدر انجام

می‌پذیرد، این مهم است که پوینتری که استفاده می‌شود نیز به صورت const تعریف شود. بـرای تعریـف یک مقدار constant از نوع *char در هدر فایل می‌بایست دوبار از const استفاده شود.

```
const char* const str="Saeed Masoomi";
```

برای بررسی معنا و مفهوم کامل استفاده از const ، به خصوص در مورد استفاده با اشاره‌گرها، باید تا آیتم بعدی منتظر بمانیم، اما، لازم به ذکر است که اسـتفاده از اشـیاء string نسـبت بـه *char هـای ارجحیت دارند، در این صورت رشته‌ی پیشین که نوشتیم را می‌توانیم به سادگی به صورت زیر بنویسیم.

```
const std::string str("Saeed Masoomi");
```

دومین موردی که نیاز به بررسی دارد، استفاده از constantها در کلاس‌ها است. برای محدود کردن scope یک مقدار constant به یک کلاس، شما باید آن را به عنوان یک عضو کلاس تعریف کنید، و برای این کـه اطمینان پیدا کنید که تنها یک کپی از آن مقدار constant وجود دارد، مجبوریـد آن عضـو را بـه صـورت static دربیاورید.

```
class GamePlayer{
  private:
    static const int numTurns =5;
    int scores[numTurns];
};
```

آنچه که شما در کد بالا میبینید یک declartion(اعلان) از NumTurns بوده، و نه یک definition . در واقع در declare کردن شما به کامپایلر در مـورد size ،type اطلاعـات را میدهیـد ولی در declare کـردن هیچ مقداری در حافظه رزرو نمی‌شود. اما در define کردن علاوه بر این موارد شما رزرو حافظه نیز داریـد. بـه صورت معمول، در C++ شما برای هر چیزی که استفاده می‌کنید باید یک definition انجام بدیـد، امـا در مـورد constant هـایی کـه مربـوط بـه class هسـتند و بـه صـورت static درآمده‌انـد و از نـوع integralای هستند(یعنی typeهایی مثل integer، char و bool و غیره) یک استثنا محسوب می‌شوند. تا وقتی که شما آدرسی برای آن‌ها تعیین نکرده باشید می‌توانید declare شون کنید و بدون این که definitionای براشـون تعیین کرده باشید از آن‌ها استفاده بکنید. اگر آدرس یک مقدار constant مربوط به کلاس را نگیریـد، یـا این که compiler شما به صورت اشتباه اصرار بر definition داشته باشید (با این وجود که شما آدرس آن را نگرفته باشید) می‌توانید به صورت زیر یک تعریف مجزا برای آن فراهم کنید.

```
const int GamePlayer::numTurns;       //definition of numTurns
```

کد بالا که برای define کردن استفاده می‌شود، می‌بایست در فایل implementation باشد، نه در هدر فایل. برای این که مقدار اولیه‌ی ثابت کلاس وقتی فـراهم می‌شـود کـه مقـدار ثـابت declare می‌شـود(یعـنی numTurns مقدار ۵ را وقتی declare می‌شود میگیرد، و مقدار اولیه‌ای در هنگـام define کـردن نمی‌توانـد بگیرد.

دقت کنید که، نمی‌توان constant مربوط به یک class را با استفاده از #define ایجاد کرد، چرا که #define اهمیتی به scopeهای ما نمیدهد. زمانی که یک ماکرو تعریف شود، برای همه‌ی قسمت‌های کامپایل آن ماکرو صحیح و معتبر است(مگر این که شما در جایی در بین خطوط کد آن را #undefed کنید). که این بدین معنی است که نه تنها نمی‌توان از #define برای مقادیر constant مربوط به classها استفاده کرد، همچنین نمی‌توان برای هیچگونه encapsulation از آن استفاده کرد، یعنی، وقتی ما از #define استفاده می‌کنیم دیگر چیزی به شکل private نداریم. در نظر داشته باشید که داده‌های const را می‌توان کپسوله کرد.

کامپایلرهای قدیمی‌تر ممکن است که شکل کد بالا را نپذیرند، چرا که فراهم کردن مقدار اولیه برای یک عضو static در هنگام declare کردن درست نیست. در نتیجه، کامپایلرهای قدیمی‌تر به شما اجازه میدهند که مقداردهی اولیه درون کلاسی داشته باشید آن هم تنها برای نوع‌های integralای و تنها برای constant ها. در مواردی که syntax بالا نامعتبر باشد و نتوانیم از آن استفاده کنیم، شما باید مقداردهی اولیه را هنگامی که در حال define کردن هستید انجام دهید.

```
class CostEstimate
{
public:
   static const double FudgeFactor;
};
//in the implementation file
const double CostEstimate::FudgeFactor=1.35;
```

این تقریبا همه‌ی چیزی که شما نیاز دارید را رفع می‌کند. تنها یک استثناء وجود دارد و آن هم وقتی است که شما مقدار ثابت یک کلاس را در هنگام کامپایل تایم نیاز داشته باشید، مثل declartion یک آرایه که کامپایلر نیاز به دانستن سایز آرایه داشته باشد و کامپایلرهای قدیمی چنین چیزی را پشتیبانی نمی‌کردند. در این صورت راه حل پذیرفته شده استفاده از enum hack بود که به صورت زیر از آن استفاده می‌شد.

```
class Bunch {
  enum { size = 1000 };
  int i[size];
};
```

بهتره یک سری اطلاعات بیشتر در مورد enum hack رو با همدیگه ببینیم. اول این‌که، روش enum hack بیشتر از اون که شبیه const رفتار کند، رفتاری شبیه به #define دارد، و در برخی موارد شما چنین چیزی را می‌خواهید. به طور مثال، مشکلی وجود ندارد که ما آدرس یک const را بگیریم، اما ما

نمی‌توانیم آدرس یک enum را بگیریم که در مورد #define نیز دقیقا به همین‌گونه می‌باشد. اگر شما بخواهید که دیگران نتوانند اشاره‌گر و یا رفرنسی رو بر روی مقدار ثابت integralای شما بگیرند، استفاده از enum همچین چیزی رو برای شما مرتفع می‌کند.(برای کسب اطلاعات بیشتر می‌توانید آیتم ۱۸ را ببینید). همچنین، کامپایلرهای خوب حافظه‌ی جداگانه‌ای برای اشیاء const کنار نمیگذارند(مگر این‌که شما یک اشاره‌گر و یا رفرنس به شیء بسازید)، اما کامپایلرهای متوسط ممکنه این کارو بکنند، و شما قطعا دوست دارید که حافظه‌ی جداگانه‌ای برای چنین اشیایی ساخته نشه. مثل #define، استفاده از enum ها از چنین هدر رفت حافظه اضافه جلوگیری می‌شود.

علت دوم برای آشنایی با enum hack کاملا یک چیز عملی است. خیلی از کدها از آن استفاده می‌کنند،بنابراین لازمه که وقتی چنین چیزی رو دیدیم بشناسیمش. در حقیقت، enum hack پایه‌ی تکنیک template metaprogramming هست.

بگذارید به بحث اصلی این قسمت برگردیم، یعنی دستورات پیش پردازنده، یک استفاده نادرست از #define برای پیاده‌سازیه macro ها می‌باشد که شبیه توابع هستند اما سربار فراخوانی تابع را ندارند. در اینجا یک ماکرو را با هم می‌بینیم که یک تابع مثل f را فراخوانی می‌کند.

گویا در C++ جدید نمی‌توانیم از توابع ماکرو به همون صورتی که دیدیم استفاده کنیم.

ما از توابع ماکرو به دو دلیل استفاده می‌کردیم یکی این که هر تایپی را می‌پذیرفتند و دیگر این که سربار فراخوانی نداشتند، خوشبختانه ما می‌توانیم همه‌ی این مزیت‌ها را بعلاوه‌ی رفتارهای قابل پیش بینی و امنیت تایپ خروجی را با استفاده از توابع عادی داشته باشیم، همه‌ی چیزی که نیاز داریم استفاده از template و inline function می‌باشد.(در کد زیر f یک تابع دیگر می‌باشد).

```
template<typename T>
inline void callWithMax(const T&a,const T&b)
{
   f(a>b?a:b);
}
```

در کد بالا چون نوع متغیر T را نمیدانیم، آن را به صورت refrence به const پاس میدهیم.

با توجه به موجود بودن enum، const و inline نیاز شما به دستورات پیش پردازنده به خصوص #define کاهش پیدا می‌کند، اما واقعا نمیتوان دستورات پیش پردازنده را حذف کرد. #Include کماکان ضروری است، و دستورات #ifdef و #ifndef کماکان نقش مهمی در کنترل کردن کامپایل دارند. هنوز نمی‌توانیم از دست دستورات پیش پردازنده خلاصی پیدا کنیم، اما شما باید از پیش پردازنده کمتر استفاده کنید.

۲ نکات مبهم

۱- چطور نمی‌توانیم آدرس یک enum را بگیریم؟ مگر آن‌ها در حافظه نیستند؟

برای پاسخ به این سوال enum زیر را در نظر بگیرید:

```
enum example{
   first_value,
   second_value
};
```

در این حالت گرفتن آدرس first_value ممکن نیست چون در واقع first_value در حافظه مقداری را به خود اختصاص نداده است، بلکه صرفا یک مقدار ثابت در حافظه است، و یک نام دیگر برای حافظه‌ی صفرم(جایی که nullptr ها به آن اشاره می‌کنند) که البته شما نمی‌توانید آدرس آن را بگیرید.

اما در حالتی که شما یک enum رو declare کرده باشید(یک نمونه از این enum ساخته باشید) در این صورت می‌تونید حافظه آن را بگیرید مثال زیر می‌تواند یک مثال از enum بالا باشد.

```
enum example ex;
enum example *pointer=&ex;
```

۲- منظور از آدرس صفر چیست؟

آدرس صفر به جایی اشاره دارد که nullptr به آن اشاره دارد. مثال زیر را در این مورد ببینید.

```
int* pointer=nullptr;
cout<<pointer<<endl;
```

در مثال بالا خروجی pointer برابر با صفر است. در واقع nullptr به این اشاره دارد که پوینتری که ساخته شده فعلا به شیء خاصی اشاره ندارد، مگر این که آدرس آن را عوض کنیم.

۳- symbol table چیست؟

symbol table یک ساختمان داده برای استفاده توسط کامپایلر می‌باشد، که در آن هر شناسه‌ی کد در سورس برنامه به همراه اطلاعات الحاق شده و همچنین تعاریف مربوط ذخیره می‌شوند. در symbol table هر شناسه به همراه type، scope و خطی که آن اتفاق افتاده ذخیره می‌شود.

Symbol table می‌تواند توسط الگوریتم‌های LinkedList و HashTable و یا Tree ها پیاده‌سازی شود. معمولا از اپراتورهای زیر برای تعریف یک symbol table استفاده می‌شود.

Operation	Function
allocate	to allocate a new empty symbol table
free	to remove all entries and free storage of symbol table
lookup	to search for a name and return pointer to its entry
insert	to insert a name in a symbol table and return a pointer to its entry
set_attribute	to associate an attribute with a given entry
get_attribute	to get an attribute associated with a given entry

کد زیر را در C++ در نظر بگیرید.

```
// Define a global function
int add(int a, int b)
{
    int sum = 0;
    sum = a + b;
    return sum;
}
```

symbol table مربوطه برای کد بالا به صورت زیر خواهد بود.

NAME	TYPE	SCOPE
add	function	global
a	int	function parameter
b	int	function parameter
sum	int	local

۳ هر جا موقعیتش وجود داشت از const استفاده کنید.

یک نکته‌ی جالب در مورد const این است که شما می‌توانید یک محدودیت معنایی به این صورت تعریف کنید که یک شیء خاص نمی‌تواند در طول برنامه تغییر کند- و کامپایلر این محدودیت را اعمال خواهد کرد. این موضوع به شما اجازه میدهد که هم به کامپایلر و هم به دیگر برنامه‌نویس‌ها بگویید که یک متغیر می‌بایست در طول برنامه بدون تغییر باقی بماند. هر موقع دوست داشتید که چنین اتفاقی برای یک شیء بیفته، باید حتما از const استفاده کنید، چرا که تنها در این صورت می‌باشد که می‌توانید روی کمک کامپایلر حساب کنید تا چنین محدودیتی هیچگاه نقض نشه.

می‌توان گفت که کلمه‌ی کلیدی const یک کلمه‌ی کلیدی چند کاره است. در بیرون از کلاس‌ها، می‌توانید از const برای متغیرهای global و یا namaspaceها استفاده کنید، همچنین برای آبجکت‌هایی که به صورت static در function, file و یا block scope تعریف شده‌اند می‌توانید از آن استفاده کنید.در داخل کلاس‌ها، می‌توانید هم به صورت static و هم به صورت non-static از const استفاده کنید. برای اشاره‌گرها، می‌توانید در مورد const بودن دو چیز تصمیم بگیرید، یکی این که خود pointer به صورت const باشه، و یا این که داده‌هایی که به آن اشاره می‌شود به صورت const باشد.

```
char greeting[] = "hello";

char* p = greeting;                 //non-const pointer,
                                    //non-const data

const char *p = greeting;           //non-const pointer,
                                    //const data

char * const p = greeting;          //const pointer,
                                    //non-const data

const char * const p = greeting;    //const pointer,
                                    //const data
```

در نگاه اول syntax استفاده شده پیچیده به نظر میرسد. اگر const سمت چپ * دیده بشه در این صورت data ای که اشاره‌گر بهش اشاره میکنه به صورت const هستش، اما اگر const سمت راست * دیده بشه در این صورت خود اشاره‌گر به صورت ثابت تعریف می‌شود، و اگر const در هر دو سمت دیده شود در این صورت هر دو ثابت خواهند شد.

بعضی از برنامه‌نویس‌ها به خاطر قاعده‌ی بالا ممکن است که const رو قبل از type بیارن که تغییری در معنای کد نخواهد داشت. در این صورت هر دو تابع زیر ممکن است در دنیای واقعی وجود داشته باشند.

```
void f1(const int *pw);   // f1 takes a pointer to a constant int

void f2(int const *pw);   //f2 does so
```

از اونجایی که هر دو فرم در دنیای واقعی وجود دارند، باید با این فرمت‌ها آشنا بشید.

iteratorهای STL بر اساس اشاره‌گرها مدل شده‌اند، بنابراین یک iterator خیلی شبیه به T* رفتار می‌کند. تعریف یک iterator به عنوان const به مثابه‌ی تعریف یک pointer const هستش(یعنی، تعریف به صورت T* const): در این صورت iterator قادر نخواهد بود که به چیز دیگری اشاره کند و تغییر کند، اما چیزی که به آن اشاره می‌کند می‌تواند تغییر کند یعنی دیتا می‌تواند تغییر کند. اگر شما نیاز به یک

iteratorای دارید که چیزی که بهش اشاره میشه به صورت const باشه و قابل تغییر نباشه (یعنی const* T)، در این صورت شما نیاز به یک **const_iterator** دارید:

```
std::vector<int> vec;

const std::vector<int>::iterator iter=vec.begin();
*iter=10;  //OK, changes what iter points to
++iter;  //error,iter is const

std::vector<int>::const_iterator citer=vec.begin();
*citer=10;  //error! *citer is const
++citer;   //fine,changes citer
```

یکی از قویترین کاربردهای استفاده از const، کاربردی است که در تعریف توابع دارند. در تعریف تابع، const می‌تواند اشاره به متغیر برگردان شده از تابع، پارامترهای تکی و یا عضو تابع داشته باشند و یا به کل تابع اشاره داشته باشند.

این که تابعی داشته باشیم که یک مقدار ثابت را برگرداند این امکان را در اختیار برنامه‌نویس میگذارد که خطاهایی که سمت مشتری گرفته می‌شود را بدون این که امنیت و یا کارآیی کد کاهش پیدا کند، کاهش دهد. به طور مثال، operator (*) را در نظر داشته باشید که برای اعداد rational که در بخش ۲۴ بررسی خواهید کرد استفاده می‌شوند.

```
class Rational{...};
const Rational operator*(const Rational& lhs,const Rational& rhs);
```

بسیاری از برنامه‌نویس‌ها وقتی این کد رو میبینند دچار اشتباه می‌شوند(ترسناکه:)) . چرا باید خروجی operator* به صورت یک آبجکت const باشه؟ چون اگه همچین چیزی نبود ممکن بود کسی که از این کد استفاده می‌کنه دچار یک اشتباه بزرگی مثل این بشه:

```
Rational a,b,c;
(a*b)=c;
```

نمی‌دونم دقیقا چرا یک برنامه‌نویس دوست داره که حاصلضرب دو تا عدد را برابر با یک مقداری قرار بده، ولی می‌دونم برنامه‌نویس‌های زیادی وجود دارند که بدون این‌که بخواند، این اشتباه رو مرتکب می‌شوند. به عنوان یک مثال حالت زیر رو ببینید.

```
if(a*b=c)
```

مثلا در کد بالا برنامه‌نویس هدفش مقایسه دو مقدار بوده ولی اشتباها داره عمل انتساب رو انجام میده.چنین کدی در مورد متغیرهای built-in منجر به خطا می‌شود و کامپایل نمی‌شود. یکی از

نشانه‌های این که یک متغیر که توسط user تعریف شده خوبه یا نه این هست که بتونن با متغیرهای built-in ترکیب شوند و همچنین عملکرد یکسانی داشته باشند.(برای اطلاعات بیشتر بخش ۱۸ رو ببینید)، این که اجازه بدیم که حاصلضرب دو تا مقدار برابر با یک عبارت قرار بگیره به اندازه‌ی کافی برای من عذاب آوره. تعریف اپراتور ضرب (*) به صورت const می‌تونه از چنین چیزی جلوگیری کنه، و دقیقا به همین دلیل هست که در اینجا از const استفاده کردیم.

در مورد پارامتر const چیز جدید وجود ندارد، اونا دقیقا مثل اشیاء const محلی رفتار می‌کنند.

۴ توابع عضو const

هدف استفاده از const بر روی توابع عضو این است که مشخص کنیم چه توابعی بر روی اشیاء const باید صدا زده شوند. چنین توابعی به دو دلیل اهمیت دارند، **اول** این که، باعث میشند که ماهیت کلاس به راحتی فهمیده بشه، این خیلی مهمه که بدونیم چه تابعی ممکنه یک شیء رو تغییر بده و چه تابعی نمی‌تونه. **دوم** این که، اون‌ها به ما اجازه می‌دهند که با اشیاء const کار کنیم. این مورد خیلی در نوشتن کد سریع مهمه، در این مورد در آیتم ۲۰ بیشتر خواهیم دید، اما یکی از راه‌های ابتدایی برای بهبود بخشیدن به کارآیی برنامه پاس دادن آبجکت‌ها به صورت refrence-to-const هست.این تکنیک وقتی قابل دسترسی دارد که توابع عضو const وجود داشته باشند.

خیلی از مردم این حقیقت رو نادیده میگیرند که می‌توننند برای اشیاء const توابع overload مربوطه‌ش رو بنویسند، اما این یک ویژگی‌مهم در زبان C++ است.

یک کلاس را که به منظور مدیریت یک تکه متن نوشته شده را در نظر بگیرید:

```
class TextBlock{

public:
    TextBlock(const char* in){text=in;}

   const char& operator[](std::size_t position) const
   {return text[position];}

   char& operator[](std::size_t position)
   {return text[position];}

private:
```

```
    std::string text;
};
```

اپراتور [] مربوط به TextBlock رو می‌تونیم به صورت‌های زیر استفاده کنیم.

```
TextBlock tb("Hello");
std::cout<<tb[0]<<endl;

const TextBlock ctb("World");
std::cout<<ctb[0]<<endl;
```

در مورد کد بالا وقتی tb[0] رو صدا می‌زنیم تابع non-cost صدا زده میشه چون شیء tb به صورت const تعریف نشده ولی در مورد فراخوانی ctb[0] تابع const صدا زده میشه.

همچنین توجه داشته باشید که مقدار برگردان شده از اپراتور [] از شیء non-const ، یک رفرنس به char است-یعنی خود char برگردان نخواهد شد. اگر اپراتور[] یک char ساده را برگردان میکرد، عبارتی مثل حالت زیر کامپایل نمیشد.

```
tb[0]='x';
```

این به این دلیل است که نمی‌توان مقدار برگردان شده از یک تابع را در صورتی که type به صورت built-in باشد را تغییر داد. حتی اگر انجام چنین کاری انجام شدنی بود، این حقیقت که C++ اشیاء را by value برگردان می‌کند(آیتم شماره ۲۰ را برای این مورد ببینید)، این معنی را خواهد داشت که یک کپی از tb.text[0] تغییر پیدا خواهد کرد، نه خود tb.text[0]، و این رفتاری نیست که شما بخواهید.

اجازه بدهید یک نگاه مختصری به فلسفه این موضوع بپردازیم. این که تابع عضو به صورت const باشد چه معنی‌ای خواهد داشت؟ دو فلسفه در این مورد وجود دارد: bitwise constness (که همچنین به عنوان physical constness شناخته می‌شود) و همچنین logical constness.

فلسفه bitwise const باور دارد که تابع عضو به صورت const است اگر و تنها اگر، هیچ دیتای عضو کلاس را تغییر ندهد(حتی آن‌هایی که به صورت static هستند)، یعنی هیچ تغییری در آبجکت ندهد. یک چیز خوب در مورد bitwise constness این است که پیدا کردن violation در این فلسفه خیلی آسان است : در این حالت کامپایلر تنها به این نگاه می‌کند که assignmentای روی داده‌ی عضو کلاس رخ داده یا نه. در حقیقت، bitwise constness تعریف C++ از constness هست، و یک تابع عضو const اجازه‌ی تغییر دادن اعضای داده‌ای non-static را از شیءای که invoke شده ندارد.

متاسفانه، بسیاری از توابع عضو که این فلسفه const را تا حدودی رعایت می‌کنند، تست bitwise رو قبول میشند. به طور مشخص، یک تابع عضو که تنها پوینتری که به چیزی اشاره می‌کند را تغییر میدهد، مثل یک تابع عضو const عمل نمی‌کند. اما اگر تنها اشاره‌گر درون شیء باشد، تابع const bitwise بوده، و کامپایلر ایرادی به آن نمیگیرد. این موضوع می‌تواند باعث رخ دادن یک رویه غیرعادی در برنامه شود. به طور مثال فرض کنید که ما یک کلاس مثل TextBlock که قبلا دیدیم، در نظر بگیریم که در آن دیتا به

صورت char* ذخیره شده(به صورت string نیست)، به این دلیل که در این مورد نیاز به ارتباط با C API داریم، چیزی در مورد اشیاء string نخواهد دانست.

```
class TextBlock{
public:
   TextBlock(char* in){pText=in;}

   char& operator[](std::size_t position) const
   {return pText[position];}

private:
   char *pText;
};
```

این کلاس به طور نامناسبی اپراتور [] را به عنوان یک تابع عضو const تعریف کرده است، این تعریف با توجه به این که خود تابع یک رفرنس به داده‌ی درونی شیء را برمیگرداند درست نیست(این موضوع به صورت گسترده تری در بخش ۲۸ مورد بررسی قرار خواهد گرفت). صرف نظر از این مشکل، اپراتور [] هیچگونه تغییری نمی‌تواند در pText اعمال کند. در نتیجه، کامپایلر بدون دردسر و با خوشحالی برای اپراتور [] کد رو تولید خواهد کرد، چون تمام چیزی که کامپایلر در این مورد بررسی می‌کند، این است که bitwise const درست باشه، اما بیایید نگاه کنیم ببینیم این کد می‌تونه باعث چه اتفاقی بشه:

اگر یک برنامه به صورت زیر بنویسیم ممکنه بتونیم مقدار char* pText رو تغییر بدیم.

```
   const TextBlock cctb("Hello");
   char *pc=& cctb[0];
   *pc='r';
```

اما در خاطر داشته باشید که چون این const یک bitwise-const هست ممکنه بتونید مقدار رو تغییر بدید و ممکنه هم نتونید این کار رو انجام بدید. در واقع در این مورد خاص کامپایلر ایرادی به کد شما نمیگیرد و کد را برای شما کامپایل می‌کند ولی موقع اجرا ممکنه برنامه crash کند.

مطمعنا هر کسی می‌تونه به کد قبلی ایراد بگیره که چرا تنها تابع عضو const را برای آن ساخته‌ایم و در عین حال می‌خواهیم یک مقدار non-static رو تغییر بدهیم؟در واقع این مشکل در مورد استفاده از توابع const وجود داره، ما دوست داریم که توابع const رو داشته باشیم در عین حال متغیرهایی نیز جزو کلاس وجود داشته باشند که بتونیم اون‌هارو درون تابع const تغییر بدهیم.

این مشکل ما رو به سمت logical constness رهنمون می‌کنه. کد زیر را ببینید:

```
class TextBlock{
public:
```

```
    std::size_t length() const;
private:
    char *pText;
    std::size_t textLength;
    bool lengthIsValid;
};
std::size_t TextBlock::length() const
{
    if(!lengthIsValid)
    {
        textLength=strlen(pText);
        lengthIsValid=true;
    }
    return textLength;
}
```

در این کد ما در تابع length() قصد داریم که مشتری هر موقع درخواست داد مقـدار txtLength برگـردان بشه، که همون اندازه‌ی text ورودی است. چنین پیاده‌سازی‌ای قطعا نمی‌تواند یـک bitwise const باشـد، چرا که همانطور که در کد مشخص اسـت هم txtLength و هم lengthIsValid ممکن اسـت مقدارشـان در طول برنامه تغییر کند. اما کامپایلرها بر روی bitwise constness پافشاری می‌کنند و اجازه نمیدهند درون یک تابع const شما یک دیتای عضو را تغییر بدهید. در این صورت شما چکار می‌کنید؟

راه حل خیلی ساده است: در این مورد از mutable استفاده خواهیم کرد. Mutable داده‌ی non-static عضـو را از محدودیت bitwise آزاد می‌کنند. در این صورت کد به صورت زیر خواهد شد.

```
class TextBlock{
public:
    std::size_t length() const;
private:
    char *pText;
    mutable std::size_t textLength;
    mutable bool lengthIsValid;
};
std::size_t TextBlock::length() const
{
    if(!lengthIsValid)
    {
        textLength=strlen(pText);
        lengthIsValid=true;
```

```
    }
    return textLength;
}
```

جلوگیری از دوبار استفاده کردن تابع عضو const و non-const

استفاده از mutable یک راه حل خوب برای مساله‌ی bitwise-constness هست، اما mutable نمی‌تونه همه‌ی مشکلات مربوط به مشکلات مربوط به const رو حل و فصل کنه. به طور مثال، اپراتور [] را در کلاس TextBlock در نظر بگیرید که نه تنها مشکل برگرداندن رفرنس به character رو داره، بلکه مشکل bounds checking و یه سری مشکلات دیگه رو هم داره. قرار دادن همه‌ی این مشکلات در توابع اپراتور const و non-const ممکنه چنین مشکلاتی رو برای ما ایجاد بکنه:

```
class TextBlock{
public:
    const char& operator[](std::size_t position) const
    {
        //...
        //do bound checking, log access data
        // and verify data integrity
        //...
        return text[position];
    }
    char& operator[](std::size_t position)
    {
        //...
        //do bounds checking
        //log access data
        //verify data integrity
        //...
        return text[position];
    }
private:
    std::string text;
};
```

اوپس، می‌تونید ببینید که کد رو دوبار داریم تکرار می‌کنیم، که باعث میشه کامپایل تایم کد بالا بره، نگه‌داری کد سخت‌تر بشه، و همچنین موجب code-bloat بشه. قطعا میشه که یه چیزایی مثل bound checking و بقیه موارد رو به توابع دیگه انتقال دید(طبیعتا باید private باشه) که هر دو ورژن operator[] بتونن صداش بزنند، اما بازم شما دارید دوبار یک کد رو استفاده می‌کنید.

تمام اون چیزی که ما نیاز داریم این هست که اپراتور [] را یک بار تعریف کنیم و دو کاربرد برای آن داشته باشیم، در این صورت شما نیاز دارید که یک ورژن از اپراتور [] داشته باشید که دیگری رو صدا بزنه. و این مورد نیاز به این داره که constness رو کنار بگذاریم.

به عنوان یک قاعده کلی، cast کردن یک ایده بد به شمار میآید، در واقع ما یک آیتم برای همین مورد اختصاص دادیم که بگیم cast کردن ایده خوبی نیست که در آیتم ۲۷ خواهیم دید، اما این که کد رو دوبار بنویسیم از اون هم بدتره. در این مورد، ورژن const اپراتور [] دقیقا همان کاری را انجام میدهد که ورژن non-const انجام میدهد. کنار گذاشتن const بودن یک شیء در هنگام برگردان کردن یک کار امن به حساب میآید. در این مورد، چون کسی که اپراتور non-const رو صدا میزنه در ابتدا باید یک شیء به صورت non-const داشته باشه، در این صورت کنار گذاشتن const بودن مقدار برگردان شده امن هستش. در غیر این صورت نمیتوان آن شیء را صدا زد. در این صورت داشتن یک اپرتور non-const، که ورژن const رو صدا میزنه یک راه مطمعن برای جلوگیری از دوباره نویسی کد هست، اگر چه در این مورد مجبوریم از cast استفاده کنیم. در اینجا کد این مورد را خواهیم دید ولی برای این که کد و چیزی که الان گفتیم براتون مشخصتر بشه بهتره که توضیحاتی که در ادامه میدیم رو هم با دقت بخونید.

```
class TextBlock{
public:
   const char& operator[](std::size_t position) const   //same as before
   {
      //...
      //...
      //...
      return text[position];
   }
   char& operator[](std::size_t position)
   {
      return
            const_cast<char&>(                        //  cast away const on [] operation
               static_cast<const TextBlock&>(*this)   //; add const to * this's type;
               [position]                             //  call const version of op[]
               );
   }
private:
   std::string text;
};
```

همانطور که می‌توانید ببینید، کد دو تا cast داره، نه یکی. ما می‌خواهیم که اپراتور non-const فرم const رو فراخوانی بکنه، اما اگه ما داخل اپراتور non-const، اپراتور[] رو صدا بزنیم، در این صورت بصورت برگشتی فقط خودمون رو صدا خواهیم زد و تو لوپ میفیتیم. برای جلوگیری از یک لوپ بینیهایت، ما باید مشخص کنیم که می‌خواهیم اپراتور[] را از نوع const صدا بزنیم، اما راه مستقیمی برای این کار وجود نداره. بجای این کار، ما تایپ طبیعیه this* را از TextBlock& به const& TextBlock تغییر میدهیم یا همان cast می‌کنیم. بله ما از cast برای اضافه کردن const استفاده کردیم! در این صورت ما دو تا cast خواهیم داشت: یکی برای اضافه کردن const به this*(برای این که بگیم اپراتور[] ورژن const رو صدا بزنه)، و دیگری برای حذف کردن const از اپراتور[] برای مقداری که برگردان شده.

آن castای که const بودن رو اضافه می‌کنه تنها برای این هست که تبدیل امنی ایجاد بشه(نه این که طوری بشه که یک شیء non-const به فرمت const ارسال بشه)، در این صورت ما از static_cast برای این مورد استفاده کردیم. و castای که const بودن رو حذف می‌کنه، با استفاده از const_cast قابل انجام هست، بنابراین در این مورد ما راه حل دیگری نداشتیم(به صورت تکنیکال، داریم، C-style cast می‌تونه در این مورد به ما کمک کنه، اما طبق توضیحاتی که در آیتم ۲۷ خواهیم داد، چنین castای در موارد خیلی کمی باید مورد استفاده قرار بگیرد، اگر شما در حال حاظر با static_cast و const_cast آشنایی دارید در این صورت آیتم ۲۷ یک مرور کلی بر دانسته‌های شما خواهد بود).

سوای هر چیز دیگری، ما در این مثال یک اپراتور را فراخوانی کرده‌ایم، بنابراین یه مقداری syntax استفاده شده عجیب شد. نتیجه ممکنه یک کد زیبا نباشه، اما نتیجه خوبی بر روی جلوگیری از دوباره نویسی کد داره. ما به نتیجه‌ای که می‌خواستیم رسیدیم، اما این که این کار ارزشش رو داره چیزی هست که شما می‌تونید خودتون تعیینش کنید، دوبار یک کد رو بنویسید و یا این که به این syntax ترسناک اکتفا کنید، اما این تکنیک ارزش گفتن رو داشت.

۵ خطای Over loading * operator - must take either zero or one arguments

در برخی موارد یک برنامه‌نویس ممکن است برای overload کردن اپراتورهای * + - / به صورت زیر کار کند.

```
const Complex operator*(const Complex& rhs1,const Complex& rhs2);
```

همانطور که مشاهده می‌کنید برنامه‌نویس دو ورودی برای اپراتور در نظر گرفته است، rhs1 و rhs2 ، اما سوالی که پیش میآید این هست که پس خود کلاس در کجا قرار میگیرد، در واقع داخل اپراتور * ما می‌توانیم به اطلاعات سه شیء دسترسی پیدا کنیم، rhs1,rhs2 و خود کلاس. بنابراین در C++ برای

جلوگیری از چنین مشکلی overload این اپراتور نمی‌تواند بیشتر از یک ورودی را بگیرد، چرا که با یک ورودی نیز انگار که اطلاعات هر دو کلاس نیز وجود دارد. برای نوشتن overload با استفاده از یک ورودی می‌توانیم به صورت زیر عمل کنیم.

```
class Complex
{
public:
   Complex(double real,double imag):r(real),i(imag){}
   Complex operator+(const Complex& rhs);
   double r,i;
};
Complex Complex::operator+(const Complex& rhs)
{
   Complex output;
   output.i=rhs.i+this->i;
   output.r=rhs.r+this->r;
   return output;
}
```

۶ فانکشن‌های C++ چه چیزی را مینویسند و فراخوانی می‌کنند.

چه موقع یک کلاس خالی یک کلاس خالی نیست؟ وقتی که C++ وارد میدان می‌شود. وقتی شما چیزی رو تعریف نکنید، خود کامپایلر ورژن خودش رو از کپی سازنده، اپراتور انتساب، و destructor رو اعلان می‌کنه، اگر شما کلا هیچ constructorای رو اعلان نکرده باشید در این صورت کامپایلر یک سازنده پیش‌فرض برای شما ایجاد می‌کنه. همه‌ی این توابع به صورت public و inline خواهند بود. در نتیجه، اگر شما یک همچین چیزی رو بنویسید:

```
class empty
{

};
```

این در واقع مشابه این هست که شما کد رو به صورت زیر می‌نوشتید:

```
class Empty
{
public:
   Empty(){}              //default constructor
```

```
    Empty(const Empty& rhs){}     //copy constructor
    ~Empty(){}                    //destructor
    Empty& operator =(const Empty& rhs){}  //copy assignment operator
};
```

این توابع در صورت نیاز بهشون تولید میشند، اما این کـه بهشـون نیـاز داشـته باشـیم خیلی سادهسـت، کدهای زیر باعث تولید هر کدام از توابع بالا میشند:

```
    Empty e1;  //default constructor
    Empty e2(e1);  // copy constructor
    e2=e1;  //copy assignment
```

این که اجازه بدهیم که کامپایلر توابع را برای ما بنویسد، در این صورت توابع دقیقا چـه کـاری بـرای مـا انجام خواهند داد؟ سازنده پیش فرض و یک نابودگر اولیه در واقع توسـط کامپـایلر جاگـذاری میشـود. توجه داشته باشید که نابودکننده به صـورت non-virtual میباشـد(آیتم ۷ رو ببینیـد)، مگـر این کـه این کلاس از یک کلاس دیگر ارث بری کرده باشد که در اون کلاس یک destructor به صورت virtual تعریـف شده باشد.

همچنین برای copy constructor و اپراتور copy assignment ، کامپایلر تمام دادههای عضو non-static رو در سورس مربوط به شیء نهایی کپی میکنه. به طور مثال، یک template به نـام NamedObject رو در نظر بگیرید که به شما اجازه میده که با اشیاء نوع T کار کنید:

```
template<typename T>
class NamedObject{
  public:
    NamedObject(const char* name,const T& value);
    NamedObject(const std::string& name,const T& value);
private:
    std::string nameValue;
    T objectValue;
};
```

چون یک سازنده در namedObject اعلان شده، کامپـایلر constructor پیشفـرض رو در این مـورد تولیـد نمیکنه. این خیلی مهمه. این یعنی که اگر شما با دقت بیشتری یک کلاس رو طراحی کنید، که در اون سازندهای وجود داشته باشه که آرگومان بگیره، در این صورت نیاز نیست نگران این باشـیم کـه کامپـایلر دوباره بخواد سازنده کلاس رو دوباره بسازه، که حتی هیچ آرگومانی هم نپذیره.

NamedObject نه کپی سازنده و نه اپراتور انتساب رو اعلان کرده، در این صورت خود کامپایلر دسـت بـه کار میشه و این توابع رو تولید میکنه(البته یادتون باشه که در صورتی که نیـاز باشـه این کـار رو انجـام

میده). به کد کپی سازنده زیر نگاه کنید. نحوه‌ی تعریف سازنده کلاس در پیاده سازی به صورت زیر خواهد بود.

```
template<typename T>
NamedObject<T>::NamedObject(const char *name, const T &value)
{
   nameValue=name;
   objectValue=value;
}
```

```
   NamedObject<int> no1("Smallest Prime number",2);
   NamedObject<int> no2(no1);   //calls copy constructor
```

کپی سازنده‌ای که توسط کامپایلر تولید میشود، می‌بایست no2.nameValue و no2.ObjectValue را توسط no1.nameValue و no1.ObjectValue آغازدهی کند. نوع nameValue رشته خواهد بود، و نوع رشته استاندارد کپی سازنده دارد، در این صورت no2.nameValue با فراخوانی کپی سازنده string آغازدهی یا initialize می‌شود، دقت کنید آرگومان کپی سازنده string همان no1.nameValue خواهد بود. از طرف دیگه، نوع NamedObject<int>::ObjectValue مشخصا int خواهد بود، و int یک نوع built-in هست، در این صورت no2.ObjectValue با کپی کردن بیتی no1.ObjectValue شروع به کار و یا initialize خواهد شد.

۷ صریحا می‌توانید اجازه ندهید از توابعی که کامپایلر تولید می‌کند استفاده شود

فرض کنید که یک سیستم مدیریت املاک داریم که کارش فروختن خانه هست، و نرم افزاری که چنین چیزی را مدیریت می‌کند طبیعتا دارای یک کلاس هست که خانه‌های برای فروش را ارایه می‌کند:

```
class HomeForSale
{
};
```

همچنان که هر مشاور املاکی در این سیستم به سادگی قابل دسترسی است، هر ویژگی نیز یکتا هست؟ نه ممکنه چند ملک در چند املاکی به ثبت رسیده باشه. این موردی است که، ایده‌ی کپی کردن HomeForSale منطقی به نظر میرسد. چطور می‌تونیم چیزی رو کپی کنیم که از یک کلاس یونیک ارث بری کرده؟ بنابراین احتمالا شما دوست خواهید داشت که چنین کدهایی برایتان کامپایل نشوند.

```
   HomeForSale h1;
   HomeForSale h2;
   HomeForSale h3(h1);  // we want to not compile
```

```
h1=h2;   //we want to not compile
```

در هر صورت، جلوگیری از کامپایل این کدها خیلی هم آسان نیست. معمولا، وقتی شما می‌خواهید که یک کلاس خاص از یک کاربرد خاص پشتیبانی نداشته باشه، به صورت ساده اون رو کلا تعریف نمی‌کنید ولی همونطور که در آیتم ۵ دیدیم، این استراتژی برای **کپی سازنده** و **اپراتور انتساب** عمل نمی‌کند. چون اگه اون‌ها رو تعریف نکنیم کامپایلر در صورت لزوم ورژن دلخواه خودش از این‌هارا برایمان می‌سازد.

همچین چیزی شمارو توی تنگنا قرار میده، چرا که اگر کپی سازنده و یا اپراتور انتساب رو اعلان نکرده باشید، کامپایلر خودش این توابع رو برای شما خواهد ساخت. بنابراین کلاس، قابلیت کپی کردن رو پیدا می‌کنه. و اگر خودتون این توابع رو اعلان کرده باشید در این صورت هم دوباره کلاس از این توابع پشتیبانی داره!! . ولی هدف ما در این بخش این هست که از انجام چنین کاری ممانعت به عمل بیاوریم.

و اما راه حل چیست؟ کامپایلر این توابع رو به صورت public تولید می‌کنه و برای این که جلوی تولید کردن دوباره این توابع رو بگیریم، مجبوریم اون‌هارو خودمون تعریف کنیم، اما نیازی نیست که این توابع رو به صورت عمومی تعریف کنیم. بنابراین کپی سازنده و اپراتور انتساب رو به صورت خصوصی تعریف می‌کنیم. با اعلان کردن یک تابع عضو از این که کامپایلر دوباره کاری کنه و اون توابع رو بسازه جلوگیری کردیم، و با خصوصی اعلان کردنش می‌تونیم مطمعن بشیم که کسی نمی‌تونه بیرون از کلاس این توابع رو صدا بزنه.

این روش خیلی روش مطمعن و جامعی نیست(بعدها در C++ مدرن روش کامل‌تر را خواهیم دید). چرا این روش کاملی نیست؟ چرا که توابع عضو و توابع دوست همچنان می‌توننـد توابع خصوصی رو صدا بزنند. مگراین که شما به اندازه‌ی کافی باهوش باشید که اون‌ها رو کلا تعریف نکنید. حال اگر کسی کد شمارو داشته باشه و بخواهد که این چنین چیزی رو صدا بزنه، در موقع link-time به ارور خواهد خورد. این کلک که توابع عضو رو به صورت خصوصی تعریف کنیم و حواسمون جمع باشه که از اون‌ها خودمون استفاده نکنیم، در یک کتابخانه‌ی خیلی معروف مثلا کتابخانه iostream انجام شده.

به عنوان مثال می‌تونید یک نگاهی به نحوه‌ی پیاده‌سازی basic_ios, ios_base و sentry توی پیاده‌سازی standat library داشته باشید. وقتی که این پیاده‌سازی‌هارو نگاه کنید متوجه می‌شوید که هم copy constructor و هم copy assignment operator به صورت خصوصی اعلان شده و هیچوقت تعریف یا define نشده‌اند. اعمال این کلک روی کلاس خودمون خیلی ساده است ببینید:

```
class HomeForSale
{
public:
   HomeForSale();    //declare constructor
private:
   HomeForSale(const HomeForSale&);          //declare but not defined
   HomeForSale& operator=(const HomeForSale&);  //declare but not defined
```

```
};
HomeForSale::HomeForSale()   //define constructor
{
}
```

شاید در کدهای بالا این نظرتون رو به خودش جلب کرده باشه که چرا نام پارامترهای توابع رو اصلا نیاورده‌ایم!!. در واقع نیازی به ذکر کردن این اسامی نیز نیست، این یک توافق عمومی توی زبان هست. چون این توابع اصلا قرار نیست که پیاده‌سازی بشن، پس چه نیازی به ذکر کردن اسامی پارامترها هست؟

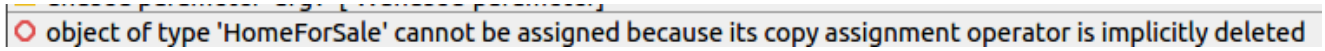
با پیاده سازی بالا، کامپایلر هیچ دسترسی‌ای به مشتری نمیده که بتونه شیء HomeForSale رو کپی کنه، و حتی اگه شما بخواین توی تابع عضو و یا یک تابع دوست از این توابع ممنوعه استفاده کنید، linker بهتون ارور میده. در خاطر داشته باشید که ما می‌تونیم خطایی که موقع link-time میگیریم رو به compile time ببریم(انجام این کار خیلی توصیه میشه، چون این که ارور رو زودتر بگیریم بهتر از این هست که بعدا بخواهیم خطارو ببینیم)، این کار رو می‌تونیم با اعلان کپی سازنده و اپراتور انتساب به صورت خصوصی انجام بدیم، اما نه در خود کلاس بلکه در کلاس base باید این کار انجام بشه، فرض کنید کلاس base ما یک کلاس به صورت زیر باشه:

```
class unCopyable
{
protected:
   unCopyable() {}
   ~unCopyable() {}
private:
   unCopyable(const unCopyable&);
   unCopyable& operator=(const unCopyable&);
};
```

در این صورت کلاس HomeForSale رو از این کلاس ارث بری می‌کنیم.

```
class HomeForSale :private unCopyable
{
};
```

در این صورت اگه بخواهیم، مثلا اپراتور انتساب رو استفاده کنیم به همچین اروری برخورد خواهیم کرد.



چرا این کد درست کار می‌کنه؟ چرا که کامپایلر تلاش می‌کنه تا کپی سازنده و اپراتور انتساب رو برای هر کسی که تلاش می‌کنه تا شیء HomeForSale رو کپی کنه، بسازه، حتی اگه تابع عضو و یا تابع دوست باشه. همانطور که در آیتم ۱۲ خواهیم دید، تابعی که کامپایلر برای این‌ها تولید می‌کنه، سعی می‌کنه تا همتای این توابع رو از کلاس base صدا بزنه، و چنین فراخوانی reject میشه، چرا که این توابع در کلاس base به صورت خصوصی تعریف شده.

پیاده‌سازی و استفاده از Uncopyable ظرافت خاص خودش رو داره، مثل این مورد که ارث‌بری از Uncopyable نیازی نیست به صورت public باشه(آیتم ۳۲ و ۳۹ رو ببینید)، و این که مخرب Uncopyable نیازی نیست به صورت virtual باشه(آیتم ۷ رو ببینید). چرا که Uncopyable هیچ نوع دیتایی نداره، در این صورت مستعد بهینه‌سازی کلاس خالی base هست که در آیتم ۳۹ خواهیم دید، استفاده از این تکنیک ممکنه منجر به ارث‌بری چندگانه بشه(آیتم چهلم رو ببینید). ارث‌بری چندگانه، در عوض، ممکنه بهینه‌سازی کلاس خالی رو کنسل کنه(آیتم ۳۹ رو ببینید). در حالت کلی، شما می‌تونید این ظرافت‌های طراحی رو نادیده بگیرید و همانطوری که Uncopyable رو دیدیم ازش استفاده کنید. همچنین شما می‌تونید از ورژنی که توی Boost هست استفاده کنید (آیتم ۵۵ رو ببینید). اسم اون کلاس noncopyable . این کلاس، کلاس مناسبیه فقط اسمش یه خورده غیر عادی بود که من عوضش کردم.

۸ در کلاس‌های والد چندریختی ، مخرب را به صورت virtual تعریف کنید.

روش‌های زیادی وجود داره که بتونیم حساب کتاب زمان رو داشته باشیم، اما یک روش معقول این هست که یک کلاس base مثل TimeKeeper به همراه کلاس‌های مشتق شده ایجاد کنیم. در تکه کد زیر همچین موردی رو نوشتیم:

```
class TimeKeeper
{
public:
   TimeKeeper() {}
   ~TimeKeeper() {}
};
class AtmoicClock: public TimeKeeper{};
class WaterClock: public TimeKeeper{};
class WristWatch: public TimeKeeper{};
```

کد باید به صورتی نوشته بشه که مشتری‌ها هر وقت دوست داشتند به زمان دسترسی داشته باشند و نگران این نباشند که جزییات پیاده‌سازی به چه صورت است، در این صورت یک factory function (تابعی که اشاره‌گری از کلاس base به کلاس جدید مشتق شده رو برمیگردونه در واقع همون) می‌تونه برای برگرداندن یک اشاره‌گر به شیء timekeeping استفاده بشه(پس دقت کنید که getTimeKeeper یک factory function بود).

```
TimeKeeper* getTimeKeeper();  // returns a pointer to a dynamically allocated
                              // object of a class derived from TimeKeeper
```

همانطور که می‌دانید چون آبجکت به صورت داینامیک تعریف شده، شیءای که از getTimeKeeper برگشت داده شده روی heap بوده، بنابراین برای این که از نشت حافظه و هدر رفت سایر منابع جلوگیری کنیم، این خیلی مهمه که هر شیء که به این شکل هست delete بشه:

```
TimeKeeper *ptk=getTimeKeeper();  //get dynamically allocated object from TimeKeeper
                        //hierachy
//.... use it


delete ptk;  //release it to avoid resource leak
```

آیتم ۱۳ نشان میدهد که انتظار delete کردن همچین چیزایی از مشتری خیلی خطرناکه:)، و آیتم ۱۸ نشان میدهد که چطور رابط factory function رو می‌توان تغییر داد تا از خطاهای رایجی که مشتری میگیرد جلوگیری شود، اما چنین چیزی الان اولویت نداره، توی این آیتم ما به دنبال پیدا کردن یک راه حل برای یک ضعف بنیادی از کد بالا هستیم: حتی اگه مشتری همه چیز رو درست انجام بده، هیچ تضمینی وجود نداره که بدونیم برنامه چطور کار خواهد کرد.

مشکل اینجاست که getTimeKeeper یک پوینتر به شیء کلاس مشتق شده برمیگرداند(مثلا AtmicClock)، که این شیء توسط اشاره‌گر کلاس base می‌تواند delete شود (یعنی اشاره‌گر **TimeKeeper**)، و کلاس base (یعنی **TimeKeeper**) مخرب non-virtual ندارد. این شرایط باعث بروز یک فاجعه خواهد شد، چون در C++ وقتی کلاس فرزند رو از طریق اشاره‌گر به کلاس والد delete می‌کنیم، و مخرب کلاس والد نیز به صورت non-virtual باشد، نتیجه اجرای کد نامشخص خواهد بود. عموما در صورت داشتن شرایط قبلی، در هنگام اجرای برنامه، قسمت مشتق شده از حافظه پاک نمیشه. اگر getTimeKeeper یک اشاره‌گر به شیء AtmoicClock برگردونه، قسمت AtmoicClock از شیء(یعنی، داده‌ی عضو که در کلاس AtmoicClock اعلان شده) احتمالا destroy نخواهد شد، یا اصلا مخرب AtmoicClock هرگز اجرا نخواهد شد. اگر چه، قسمت base class (یعنی قسمتی که به TimeKeeper مربوطه)معمولا destroy میشه، بنابراین منجر به حذف قسمتی از داده‌های یک شیء میشه. این یک روش خیلی عالی توی نشت منابع هست، از بین رفتن ساختمان داده، و در نتیجه کلی زمان برای دیباگ کردن کد از شما خواهد گرفت. راه حل رفع کردن این مشکل خیلی ساده است: توی کلاس base یک مخرب virtual اضافه کنیم. در این صورت حذف کردن شیء از کلاس مشتق شده دقیقا همان چیزی

خواهد بود که شما می‌خواهید. در این صورت همه‌ی شیء حذف خواهد شد، که شامل همه‌ی قسمت‌های کلاس مشتق شده نیز خواهد شد.

```
class TimeKeeper
{
public:
   TimeKeeper() {}
   virtual ~TimeKeeper() {}
};



   TimeKeeper *ptk = getTimeKeeper();
   delete ptk; //now behaves correctly
```

کلاس‌های base ای مانند TimeKeeper عموما دارای توابع virtual دیگری غیر این مخربی که گفتیم هستند، چرا که هدف توابع virtual این هست که اجازه‌ی سفارشی سازی به کلاس‌های مشتق شده رو بدیم(برای جزییات بیشتر آیتم ۳۴ رو ببینید). به طور مثال، TimeKeeper ممکن است تابع virtual ای به نام getCurrentTime داشته باشد، که توی کلاس‌های مشتق شده ممکن است پیاده‌سازی‌های متفاوتی داشته باشد. هر کلاس با توابع virtual حتما باید مخرب virtual نیز داشته باشد.

اگر یک کلاس حاوی توابع virtual نباشد، معمولا نشانه‌ی این است که قرار نیست این کلاس به عنوان کلاس base استفاده شود. وقتی یک کلاس قرار نیست به عنوان کلاس base استفاده شود، این که مخرب رو به صورت virtual استفاده کنیم معمولا ایده‌ی بدی است. یک کلاس را در نظر بگیرید که برای بیان نقاط در دو بعد استفاده می‌شود:

```
class Point
{
public:
   Point(int xCoord,int yCoord);
   ~Point();

private:
   int x, y;
};
```

اگر int به اندازه‌ی 32bit حافظه اشغال کند، شیء Point می‌تواند عموما روی یک رجیستر ۶۴ بیتی جا بگیرد. علاوه بر این، چنین شیء می‌تواند به عنوان یک حافظه ۶۴ بیتی به توابع در سایز کلاس‌ها پاس داده شود، مثل C و FORTRAN . اگر مخرب Point به صورت Virtual بود، شرایط کاملا تغییر پیدا می‌کرد.

نحوه‌ی پیاده‌سازی توابع virtual باعث میشه که شیء نیازمند حمل اطلاعات در هنگام runtime بشه تا بشه تعیین کرد کدوم تابع virtual توی runtime قراره invoke بشه. این اطلاعات معمولا به فرم یک اشاره‌گر به نام vptr هستند(virtual table pointer). اشاره‌گر vptr به یک آرایه از فانکشن‌ها اشاره می‌کند که vtbl نامیده می‌شود(virtual table). هر کلاس با توابع virtual دارای vtbl همراه خواهد بود. وقتی یک تابع virtual بر روی یک شیء invoke میشه، تابعی که واقعا صدا زده میشه توسط دنبال کردن vptr به vtbl و سپس جستجوی اشاره‌گر تابع مناسب در vtbl پیدا میشه.

جزییات نحوه‌ی پیاده‌سازی توابع virtual واقعا مهم نیست. چیزی که مهمه این هست که اگه کلاس Point تو خودش توابع virtual داشته باشه، شیء از نوع Point افزایش سایز خواهد داشت. روی یک معماری ۳۲ بیتی، این اشیاء از ۶۴ بیت هم عبور خواهند کرد(۶۴ بیت به خاطر وجود دو تا int) و به ۹۶ بیت خواهند رسید(چون یک int یعنی vptr اضافه شده است)، اما بر روی یک معماری ۶۴ بیتی ممکن است که از ۶۴ بیت به ۱۲۸ بیت برسند، چون که اشاره‌گر روی چنین سیستم‌هایی ۶۴ بیتی است. با اضافه شدن vptr به Point اندازه‌ی شیء ۱۰۰ درصد اضافه شد. در این صورت دیگه یک Point نمی‌تونه روی یک رجیستر ۶۴ بیتی جا بگیره. علاوه بر این، دیگه شیء C++ شبیه ساختار structure اعلان شده در یک زبان دیگر مثل C نخواهد بود، چون زبان‌های دیگر فاقد vptr هستند. در نتیجه، دیگه قادر نخواهیم بود که Point رو برای زبان‌های دیگه ارسال کنیم.

ذکر این نکته خالی از لطف نیست که اعلان همه‌ی مخرب‌گرها به صورت virtual به همان اندازه‌ی اعلان به صورت non-virtual اشتباهه. در حقیقت: " وقتی باید از virtual destructor استفاده شود که کلاس دارای حداقل یک تابع به صورت virtual باشد" .

این امکان وجود داره که مساله‌ی استفاده از non-virtual destructor حتی در صورتی که هیچ فانکشن virtual ای نداشته باشید هم گریبان‌تون رو بگیره. به طور مثال، string استاندارد هیچ تابع virtualای ندارد، ولی برخی برنامه‌نویسان گمراه شده ممکنه از این کلاس به عنوان کلاس base استفاده کنند.

```
class SpecialString: public std::string // bad idea!
                    //has a non-virtual destructor
{
};
```

در نگاه اول، کد بالا ممکنه هیچ مشکلی نداشته باشه، ولی اگر یک جایی از برنامه یک اشاره‌گر به SpecialString رو به اشاره‌گری به string تبدیل کنید و اشاره‌گر string رو delete کنید، معلوم نخواهد بود که کد چطور رفتار خواهد کرد.

```
SpecialString *pss=new SpecialString("Impending Doom");
std::string *ps;
ps=pss;              //SpecialString* --> std::string*
delete ps;   //undefined! in practice,*ps's Special resources
```

```
// will be leaked, becuase the SpeciaString destructor
// won't be called.
```

همین تحلیل در مورد همه‌ی کلاس‌های که virtual destructor ندارند درست است، که شامل همه‌ی container های STL مانند vector,list,set,tr1::unordered_map نیز هست. هر گاه شما مشتاق شدید که از این نگه‌دارنده‌ها و یا هر کلاس دیگری ارث‌بری کنید در صورتی که non-virtual destructor داشت، در مقابل خواسته‌تون مقاومت کنید.(متاسفانه ، در C++ هیچگونه مکانیزمی برای مقابله با این چنین مشتقاتی وجود ندارد که در جاوا و C# وجود دارد).

در برخی مواقع، نیاز داریم تا به کلاس یک pure virtual destructor بدیم. به یاد بیاورید که pure virtual function در نتیجه‌ی کلاس‌های abstract بود(کلاس‌هایی که نمی‌توانند instnatiate بشن(یعنی نمی‌تونید ازشون شیء بسازید)). ولی در برخی مواقع، شما کلاسی دارید که دوست دارید که abstract بشه، ولی شما هیچ تابع pure virtual ای ندارید. در این صورت چیکار می‌کنید؟ خب، از اونجایی که هدف کلاس abstract این بوده که به عنوان یک کلاس base استفاده بشه، و چون حتما یک کلاس base باید virtual destructor داشته باشه، و چون یک pure virtual function منجر به یک abstract class میشه راه حل ساده است: یک pure virtual destructor در کلاسی که می‌خواید abstract بشه اعلان کنید. در اینجا یک مثال در این مورد خواهیم دید.

```
class AWOV{    //AWOV="Abstract w/o virtuals
public:
   virtual ~AWOV()=0;   //declare pure virtual destructor
};
```

این کلاس یک pure virtual function داره، پس یک abstract می‌باشد، و یک virtual destructor هم داره، در این صورت نیازی نیست نگران مشکلات مربوط به non-virtual destructor باشیم. فقط یک نکته وجود داره، شما باید یک تعریف برای pure virtual destructor داشته باشید.

```
AWOV::~AWOV(){}   //definition of pure virtual
```

destructor به این صورت کار می‌کند که destructor آخرین کلاس مشتق شده اول فراخوانی می‌شود، و سپس destructor مربوط به کلاس‌های base فراخوانی می‌شود. کامپایلرها یک فراخوانی به AWOW~ از مخرب‌های کلاس‌های مشتق شده تولید می‌کنند، در این صورت باید اطمینان حاصل کنید که یک بدنه برای این تابع در نظر گرفته‌اید. اگر این کار رو انجام ندید، linker در این مورد خطا میده. قانونی که میگه باید برای کلاس‌های base یک virtual destructor بدید تنها در مورد کلاس‌های چندریختی base استفاده داره(کلاس‌های base ای که برای این طراحی شده‌اند که به عنوان رابط برای کلاس‌های دیگر استفاده شود). به طور مثال TimeKeeper یک کلاس چندریختی base هست، چرا که ما انتظار داریم که بتونیم اشیاء AtomicClock و WaterClock رو تغییر بدیم، چرا که ما تنها TimeKeeper رو برای اشاره به اون‌ها در اختیار داریم.

توجه شود که تمام کلاس‌های base برای این طراحی شده‌اند که به عنوان یک کلاس چندریختی استفاده شوند. بنابراین string و نگه‌دارنده‌های STL برای این طراحی نشده‌اند که به عنوان کلاس base استفاده شوند. برخی کلاس‌ها برای این طراحی شده‌اند که به عنوان کلاس base استفاده شوند، و به صورت چندریختی نیستند. چنین کلاس‌هایی مثل Uncopyable از آیتم ۶ و input_iterator_tag از STL (آیتم ۴۷ را ببینید)، که به صورتی طراحی نشده‌اند که اجازه‌ی تغییر دادن در کلاس‌های مشتق شده را از طریق رابط داشته باشند. در نتیجه آن‌ها دارای مخرب virtual نیستند.

۹ Factory چیست؟

طراحی factory در شرایطی مفید است که نیاز به ساخت اشیاء زیاد با تایپ‌های متفاوت هستیم، همه‌ی کلاس‌های مشتق شده از یک base هستند. متد factory یک متد برای ساختن اشیاء تعریف می‌کند که در آن یک زیر کلاس می‌تواند نوع کلاس ساخته شده را مشخص کند. بنابراین، در روش factory در لحظه اجرای کد، اطلاعاتی که هر شیء می‌خواهد را بهش پاس میدهد(به طور مثال، رشته‌ای که توسط کاربر گرفته می‌شود) و یک اشاره‌گر از کلاس base به نمونه‌ی جدید ساخته شده برمیگرداند. این روش در موقعیتی بهترین خروجی را میدهد که رابط base class به بهترین نحو طراحی شده باشد، بنابراین نیازی به case شیء برگردان شده نخواهیم داشت.

مشکلی که برای طراحی خواهیم داشت چیست؟

ما می‌خواهیم که در هنگام اجرای برنامه تصمیم بگیریم که بر اساس اطلاعات برنامه و یا user چه شیءای باید ساخته شود. خب در هنگام نوشتن کد ما که نمی‌دونیم که user چه اطلاعاتی را وارد خواهد کرد در این صورت چطور باید کد این را بنویسیم.

راه حل!!

یک رابط برای ساخت شیء طراحی می‌کنیم، و اجازه میدهیم که رابط تصمیم بگیرد که کدوم کلاس باید ساخته شود.

در مثالی که در ادامه آورده‌ایم، روش factory برای ساخت شیء laptop و desktop در runtime استفاده می‌شود. اجازه بدهید یک کلاس base به نام computer تعریف کنیم، که یک کلاس تجریدی base هست(به عنوان رابط) و کلاس‌های مشتق شده Laptop و Desktop هستند.

```
class Computer
{
public:
   virtual void run()=0;
   virtual void stop()=0;
```

```
    virtual ~Computer(){}
};
class Laptop: public Computer
{
public:
    void run() override  {m_Hibernating = false;}
    void stop() override {m_Hibernating = true;}
    virtual ~Laptop(){}      // becuase we have virtual functions, we need virtual destructor
private:
    bool m_Hibernating;
};
class Desktop : public Computer
{
public:
    void run() override {m_ON=true;}
    void stop() override{m_ON=false;}
    virtual ~Desktop(){}
private:
    bool m_ON;
};
```

کلاس زیر برای تصمیم گیری در این مورد ساخته شده است.

```
class ComputerFactory
{
public:
    static Computer *NewComputer(const std::string &description)
    {
        if(description=="laptop")
            return new Laptop;
        if(description=="desktop")
            return new Desktop;
        return nullptr;
    }
};
```

بیایید مزیت این طراحی را با همدیگه آنالیز کنیم. اول این که، چنین طراحی‌ای مزیت کامپایلی داره. اگر ما رابط Computer و factory را به هدر فایل دیگری منتقل کنیم، می‌توانیم پیاده‌سازی NewComputer را به یک فایل پیاده‌سازی دیگر منتقل کنیم. در این صورت پیاده‌سازی تابع NewComputer() تنها

کلاسی است که نیاز به اطلاعات در مورد کلاس‌های مشتق شده دارد. بنابراین، اگر هر تغییری بر روی کلاس‌های مشتق شده از Computer انجام پذیرد، تنها فایلی که نیاز به کامپایل دوباره دارد NewComputer است. هر کسی که از factory استفاده می‌کند تنها باید نگران رابط باشد، که در طول اجرای برنامه هم ثابت است.

همچنین، اگر نیازی به اضافه کردن یک کلاس داشته باشیم، و کاربر برای اشیایی که می‌خواد از رابط استفاده کنه، کدی که factory رو فراخوانی می‌کنه نیازی به تغییر نداره. کدی که از factory استفاده می‌کنه تنها یک رشته به رابط میده و شیء رو پس میگیره، و این موضوع اجازه میده که تایپ‌های جدید رو توسط همین factory پیاده‌سازی کنیم.

۱۰ Abstract class چیست؟

یک کلاس abstract کلاسی است که برای این طراحی شده که به عنوان base class استفاده شود. یک abstract class حداقل یک pure virtual function خواهد داشت. شما می‌توانید چنین تابعی را با استفاده از pure specifier(=0) در اعلان عضو virtual ایجاد کنید.

```
class AB{
public:
   virtual void f()=0;
};
```

در اینجا، AB::f یک pure virtual function خواهد بود. یک فانشکن pure نمی‌تواند هم اعلان داشته باشد هم تعریف. به طور مثال، کامپایلر هرگز اجازه‌ی کامپایل کد زیر را نخواهد داد.

```
struct A{
   virtual void g(){}=0;
};
```

کاربرد استفاده از abstract class چیست؟

همانطور که قبلا بیان شد برای طراحی interface استفاده می‌شود.

۱۱ مثال از abstract class

```
// Base class
class Shape {
public:
   // pure virtual function providing interface framework.
   virtual int getArea() = 0;
   void setWidth(int w) {
      width = w;
   }
   void setHeight(int h) {
      height = h;
   }
protected:
   int width;
   int height;
};
// Derived classes
class Rectangle: public Shape {
public:
   int getArea() {
      return (width * height);
   }
};
class Triangle: public Shape {
```

```
public:
   int getArea() {
      return (width * height)/2;
   }
};
int main(void) {
   Rectangle Rect;
   Triangle  Tri;
   Rect.setWidth(5);
   Rect.setHeight(7);
   // Print the area of the object.
   cout << "Total Rectangle area: " << Rect.getArea() << endl;
   Tri.setWidth(5);
   Tri.setHeight(7);
   // Print the area of the object.
   cout << "Total Triangle area: " << Tri.getArea() << endl;
   return 0;
}
```

12 Prevent exceptions from leaving destructors

C++ رخ دادن exceptions رو توی مخرب‌هارو منع نکرده، ولی قطعا استفاده ازش دلسرد کننده خواهد بود. برای این موضوع دلایل خوبی را خواهیم آورد، مثال زیر رو ببینید:

```
class Widget
{
public:
   ~Widget() {}   //assume this might emit an exception
};
void so_something()
{
   std::vector<Widget> v;
}                  // v automatically destroyed here
```

وقتی که بردار v نابود میشه، مسوول این هستش که هر چیزی که Widget داره رو هم نابود کنه. در نظر بگیرید که v دارای ده تا Widget باشه، و در طی destruction شیء اول، یک exception رخ بده. در این

صورت همه‌ی Widget های دیگر هنوز نابود نشده‌اند(در غیر این صورت منابعی که نگه داشته‌اند به عنوان leak شناخته می‌شود)، بنابراین v باید destructor نه تای باقی مانده را invoke کند. حال فرض کنید که در طی فراخوانی دومی هم یک exception رخ بده. در این صورت دو تا exception فعال توی برنامه مون داریم و همین یه دونه اضافه هم برای C++ خیلی به حساب میاد. بر اساس این که دقیقا تحت چه شرایطی این دو تا استثنا به وجود اومده ممکنه برنامه terminate بشه و یا رفتار نامشخص داشته باشه. در مورد مثال خودمون رفتار نامشخص نتیجه‌ی همچین چیزی خواهد بود. در مورد نگه‌دارنده‌های STL رفتار نامشخص را خواهیم گرفت و در مورد نگه دارنده‌های TR1 (آیتم ۵۴ رو ببینید) و یا حتی array نیز به همین صورت است. در این صورت C++ قرار دادن exception رو توی destructor رو به هیچ وجه دوست نداره.

فهم مفهومی که گفتیم سخت نیست، ولی چطور یک مخرب بسازیم که نیاز به اجرای یک عملیات داره و ممکنه این عملیات نیز fail بشه؟ به طور مثال فرض کنید که شما دارید روی یک کلاس برای ارتباط دیتابیس کار می‌کنید:

```
class DBConnection{
public:

   static DBConnection create();  //function to return DBConnection
                                  //objects; params ommited for simplicity
   void close(); //close connection;throw an exception if closing fails
};
```

برای این که مطمعن بشیم که که مشتری‌های کد، فراموش نمی‌کنند که یک شیء Dbconnection رو close کنند، یک روش عقلانی این است که یک مدیریت منابع برای DBConnection بنویسیم که متد close رو توی مخرب کلاس فراخوانی کنه. چنین مدیریت منابعی به طور مفصل در فصل سوم مورد بررسی خواهد گرفت، اما در اینجا، ما صرفا به بررسی مخرب برای چنین کلاسی خواهیم پرداخت:

```
class DBconn{       //class to manage DBConnection
public:             //objects
   ~DBconn()        //make sure database connections
   {                //are always closed
      db.close();
   }
private:
   DBConnection db;
```

```
};
```

این به برنامه‌نویس اجازه میده که یک کد مثل زیر رو بنویسه.

```
{                                                    //open a block
   DBconn dbc(DBConnection::create());       // create DBConnection object
                                                    //and turn it over to a DBCon object to manage
                                                    //use the DBConnection object via the DBconn interface


}                                  //at the end of block, the DBconn object is destroyed, thus automatically
                                   // calling close on the DBConnection object
```

این کد در صورتی که close با موفقیت انجام بشه، مشکلی نداره، اما فرض کنید که در این کد یک استثناء رخ بده، در این صورت ما توی مخرب این کلاس مشکل داریم. دو روش برای جلوگیری کردن از این مشکل وجود داره.

یکی این که وقتی close به ما استثناء داد برنامه رو terminate کنیم، که این کار معمولا با فراخوانی abort انجام میشه

```
        try{db.close();}
        catch(...)
        {
           //make log entry that the call to close failed;
           std::abort();
        }
```

این کاری که کردیم در صورتی که برنامه نتونه بعد از این اجرا بشه منطقیه. و این مزیت رو داره که، اگه اجازه بدیم که یک exception از مخرب صادر بشه ممکنه که به یک رفتار undefined برخورد کنیم، که این کار از این مشکل جلوگیری می‌کنه. در این صورت فراخوانی کردن abort ممکنه از undefined behavior جلوگیری کنه.

روش دوم بلعیدن exception در هنگام فراخوانی کردن close است.

```
        try{db.close();}
        catch(...)
        {
           //make log entry that the call to close failed;
        }
```

عموما، بلعیدن exception ایده بدی است، چون در این مورد اطلاعات مفید رو از دست میدیم – یه چیزی اشتباهه، اما بلعیدن exception به این که برنامه terminate بشه و یا دچار undefined behavior بشه ارجحیت داره. برای این که این راه حل یک راه حل قابل اعتماد باشه، باید اطمینان داشته باشیم که برنامه پس از این که وارد exception میشه حتما بتونه ادامه‌ی برنامه رو بره.

مشکلی که در مورد این دوتا روش گفته شده داریم این است که راهی برای برخورد با این شرایط وجود ندارد که close منجر به exception میشه.

یک استراتژی بهتر این است که رابط DBConn رو به نحوی طراحی کنیم که مشتری این امکان رو داشته باشه که بر اساس مشکلی که وجود داره یکی رو انتخاب کنه. به طور مثال، DBConn می‌تونه یک تابع رو پیشنهاد بده که، که به مشتری این شانس رو میده که بتونه استثناء به وجود اومده رو تصحیح کنه. این تابع می‌تونه بفهمه که مشکل از کجا بوده، خودش رو توی destructor ببنده یا نبنده. این به ما این اجازه میده رو که ارتباط leak نداشته باشه. در هر صورت اگر close به ما دوباره یک استثنا بده می‌تونیم برنامه رو terminate کنیم و یا این که اون رو ببلعیم.

```
class DBconn{
public:
   DBconn(DBConnection){}
   void close()
   {
      db.close();
      closed=true;
   }
   ~DBconn()
   {
      if(!closed)
      {
         try {
            db.close();
         } catch (...) {
            //make log entry that call to close friend
         }
      }
   }
private:
```

```
    DBConnection db;
    bool closed;
};
```

Moving the responsibility for calling close from DBConn 's destructor to DBConn 's client (with DBConn 's destructor containing a “backup” call) may strike you as an unscrupulous shift of burden. You might even view it as a violation of Item 18's advice to make interfaces easy to use correctly. In fact, it's neither. If an operation may fail by throwing an exception and there may be a need to handle that exception, the exception has to come from some non-destructor function. That's because destructors that emit exceptions are dangerous, always running the risk of premature program termination or undefined behavior. In this example, telling clients to call close themselves doesn't impose a burden on them; it gives them an opportunity to deal with errors they would otherwise have no chance to react to. If they don't find that opportunity useful (perhaps because they believe that no error will really occur), they can ignore it, relying on DBConn 's destructor to call close for them. If an error occurs at that point — if close does throw — they're in no position to complain if DBConn swallows the exception or terminates the program. After all, they had first crack at dealing with the problem, and they chose not to use it.

13 Item 9: Never call virtual functions during construction or destruction

نباید توابع virtual رو طی construction و یا destruction فراخوانی کنیم، چرا کـه نمیشـه فهمیـد منظـور شما از این فراخوانی چی بوده، و حتی اگر این کارو بتونه انجام بده، باز هم از نتیجه ناراضی خواهیم بود.

فرض کنید که شما یک مدل برای تراکنش‌های انبارداری نوشتید، یعنی سفارشات خرید، سفارشات فروش و غیره. این خیلی مهمه که چنین تراکنشاتی قابل حسابرسی باشه، بنابراین هر زمان که یک شیء تراکنش ایجاد میشه، یک log مناسب باید برای حسابرسی ساخته بشه. در این صورت یک روش معقول برای انجام این کار کد زیر است:

```
class Transaction
{
public:
   Transaction();
   virtual void logTransaction() const=0;  //make type-dependent log entry
};
Transaction::Transaction()
{
   logTransaction();
}
class BuyTransaction: public Transaction{   //derived class
public:
   virtual void logTransaction() const;  //how to log transactions of this type
};
class SellTransaction: public Transaction{   //derived class
public:
   virtual void logTranstion() const;   //how to log transactions of this type
};
```

ببینید چه اتفاقی میفتد وقتی کد زیر رو اجرا می‌کنید.

```
BuyTransaction b;
```

مشخصا سازنده‌ی کلاس BuyTransaction در این مورد فراخوانی خواهد شد، اما قبل از اون، باید سازنده کلاس **Transaction** صدا زده شود. قاعده‌ی کلی به این صورت است که قسمت‌های base class مربوط به کلاس‌های مشتق شده زودتر فراخوانی می‌شوند. خط آخر از سازنده کلاس **Transaction** منجر به فراخوانی ***logTransaction*** خواهد شد که virtual هست، اینجا جایی است که ممکنه در موردش تعجب کنید.

ورژن logTransaction ای که فراخوانی می‌شود مربوط به کلاس Transaction می‌باشد نه ورژنی که در BuyTransaction هست(حتی اگه شیء از Buytransaction ساخته شده باشه). طی ایجاد کلاس base ، توابع virtual هرگز وارد کلاس‌های مشتق شده نمی‌شوند. به جای این کار، شیء به نحوی رفتار می‌کند که انگار همان کلاس base هست. به بیان ساده‌تر، وقتی که کلاس base در حال ایجاد و ساخته شدن هست، توابع virtual وجود ندارند.

دلیل این رفتار هم خیلی منطقی به نظر میرسه چون سازنده کلاس base قبل از سازنده کلاس‌های مشتق شده اجرا می‌شود، در این صورت وقتی که سازنده‌ی کلاس base در حال اجرا هست داده‌های عضو مربوط به کلاس‌های مشتق شده هنوز مقداردهی اولیه نشده‌اند. اگر هنگام اجرای سازنده‌ی کلاس base یک تابع virtual اجرا بشه، در این صورت ما نمی‌توانیم وارد کلاس‌های مشتق شده بشیم، چون اگر این کار رو بکنیم داریم به اعضای داده‌ی کلاس نیز اشاره می‌کنیم در حالی که این اعضاء هنوز initialized نشده‌اند. اگر چنین اشتباهی را انجام بدید، ممکنه ساعت‌ها صرف دیباگ کردن کدتون بکنید. در این صورت، فراخوانی اعضای پایین دستی از یک شیء که هنوز initialized نشده‌اند عمل خیلی خطرناکیه، به همین خاطر C++ راهی برای انجام دادن چنین کاری رو پیشنهاد نداده.

در واقع این موضوع بنیادی‌تر از این حرفاست. در طی ساختن کلاس base از یک کلاس مشتق شده، نوع شیء همان کلاس base هست. در واقع این نقطه نظر تنها از دیدگاه توابع virtual نیست، بلکه برخی از قسمت‌های زبان که از اطلاعات runtime استفاده می‌کنند مثل dynamic_cast (آیتم ۲۷) و tipeid شیء را از نوع کلاس base می‌بینند. در مورد مثال ما، وقتی که سازنده کلاس Transaction در حال اجرا برای initialize کردن قسمت buytransaction ، نوع شیء همان Transaction می‌باشد. این نحوه‌ی برخورد زبان C++ با آن است که منطقی هم به نظر میرسد: چرا که هنوز قسمت‌هایی از BuyTransaction هنوز initialize نشده‌اند، پس امن‌ترین راه برای برخورد با چنین موردی این هست که فرض کنیم اصلا چنین چیزی وجود خارجی ندارد. یک شیء تا وقتی که سازنده‌ی کلاس مشتق شده اجرا نشود به کلاس مشتق شده تبدیل نمی‌شود و base کلاس محسوب می‌شود.

همین منطق در هنگام اجرای مخرب کلاس نیز پا برجاست. وقتی که مخرب یک کلاس مشتق شده اجرا می‌شود، عضو داده شیءای که از یک کلاس مشتق شده ساخته شده، تعریف نشده فرض می‌شوند، بنابراین C++ به نحوی با آن‌ها برخورد می‌کند که انگار وجود ندارند. و به محض این‌که وارد مخرب کلاس base می‌شوند، شیء تبدیل به شیء کلاس base شده، و همه‌ی قسمت‌های مختلف زبان C++ (توابع virtual و dynamic_cast و غیره) به همین نحو برخورد می‌کنند.

در مثال بالا، سازنده کلاس Transaction یک فراخوانی مستقیم به تابع virtual خواهد داشت، که مشاهده‌ی اشتباهی که انجام شده در این مثال نیز ساده هست، برخی از کامپایلرها در این مورد به ما یک هشدار میدهند(و برخی دیگر این هشدار را نمیدهند، آیتم ۵۳ رو برای این موضوع ببینید). حتی اگه چنین خطایی را نمیگیرفتیم، مشکل قبل از runtime نیز قطعی است، چرا که تابع logTransaction یک تابع pure هست. مگر این که تعریفش کرده باشیم(بله می‌تونیم حتی چنین کاری رو نیز انجام بدهیم آیتم ۳۴ رو ببینید)، در این صورت برنامه نمیتونه link بشه، چون که لینکر نمی‌تونه پیاده سازی مناسب رو برای Transaction::logTransaction پیدا کنه.

در برخی مواقع تشخیص فراخوانی به توابع virtual هنگام تخریب و یا اجـرای سـازنده چنـدان هم سـاده نیست. اگر Transaction چندین سازنده داشته باشد، که هر کدام میبایست یک کاری رو انجام بدهند، بـه لحاظ طراحی بهتره کد رو طوری بنویسیم که از دوباره کاری توی کد بپرهیزیم، این کار رو می‌تـونیم بـا کد یکسان initialization و موارد دیگر مرتفع کنیم، فرض کنید برای این مورد یک تابع به نام init نوشـته باشیم:

```
class Transaction
{
public:
   Transaction()
   {
      init();   //call to non-virtual
   }
   virtual void logTransaction() const=0;
private:
   void init()
   {
      logTransaction();   //that calls a virtual
   }
};
```

این کد به لحاظ مفهومی مشابه همون کد اول هست، ولی یه مقدار پیچیده تره، چـون معمـولا کامپایـل میشـه و بـدون مشـکلی link میشـه. در این مـورد، چـون logTransaction یـک virtual pure در کلاس Transaction هست، بیشتر runtime system ها برنامه را هنگام فراخوانی virtual pure متوقـف و یـا abort خواهند کرد. خطایی که در سیستم عامل linux به من داده به این صورت هست.

```
pure virtual method called
terminate called without an active exception
```

حالا اگر logTransaction یک تـابع virtual عـادی بـود(یعـنی pure نبـود) کـه یـک پیـاده سـازی هم در Transaction داشت، این ورژن فراخوانی میشد.(در کامپایلرهای جدید اجازه‌ی چنین کامپایلی به مـا داده نمیشه). تنها راه برای حل این مشکل این هست که اطمینـان پیـدا کـنیم کـه هیچکـدام از سـازنده‌ها و مخرب‌های شما نمی‌توانند توابع virtual رو فراخوانی بکنند.

ولی چطور می‌تونید اطمینان حاصل کنید کـه ورژن درسـتی از logTransaction در موقـع سـاخت شـیء فراخوانی شده است یا نه؟ واضح است که فراخوانی یـک تـابع virtual بـر روی شـیء از سـازنده‌ی کلاس Transaction یک راه اشتباه برای انجام این کار است.

راه‌های متفاوتی برای مرتفع کردن این مشکل وجود دارد. یک راه تبدیل logTransaction به یک تابع non-virtual در Transaction هست، سپس نیازه که سازنده‌ی کلاس‌های مشتق شده اطلاعات لازم log رو برای سازنده‌ی Transaction بفرستند. این تابع می‌تواند به صورت امنی logTransaction non-virtual رو فراخوانی کنه. مثل این مورد:

```
class Transaction
{
public:
   explicit Transaction(const std::string& logInfo);
   void logTransaction(const std::string& logInfo) const; //now a non-virtual function

};
Transaction::Transaction(const std::string& logInfo)
{
   logTransaction(logInfo);
}
class BuyTransaction: public Transaction
{
public:
   BuyTransaction(parameters)
      :Transaction(createLogString(parameters))
private:
   static std::string createLogString(parameters);
};
```

به عبارت دیگر، از اونجایی که شما نمی‌تونید از توابع virtual پایین دستی در کلاس base استفاده کنید(در هنگام ساختن کلاس base)، در این صورت می‌تونید این مورد رو این طوری جبران کنید که اطلاعات لازم رو از کلاس‌های مشتق شده به کلاس base بفرستید.

در این مثال، به استفاده از تابع createLogString که به صورت private static هست توجه کنید. استفاده از یک تابع کمکی برای ساخت و فرستادن مقدار به کلاس سازنده معمولا راه حل مناسب‌تری است. با static کردن تابع، دیگر خطر اشاره به اشیاء BuyTransaction که هنوز initalize نشده‌اند وجود ندارد. این خیلی مهم است، به خاطر این واقعیت که این اعضاء داده‌ای در حالت undefined قرار دارند، و این همان دلیلی است که چرا فراخوانی یک تابع virtual در سازنده‌ی کلاس base نمی‌تواند وارد کلاس‌های مشتق شده شود.

14 Item 10: Have assignment operators return a reference to *this

یکی از جالب توجه‌ترین ویژگی‌های assignment این است که شما می‌توانید زنجیره‌ای از آن‌ها را داشته باشید.

```
int x,y,z;
x=y=z=15;
```

همچنین در نظر داشته باشید که انتساب یک عمل راست به چپ هست، بنابراین انتساب‌های بالا به صورت زیر parse خواهند شد:

```
x=(y=(z=15));
```

در اینجا ۱۵ به z انتساب داده می‌شود، سپس نتیجه این انتساب به y انتساب می‌شود و نتیجه‌ی آن هم به x انتساب داده می‌شود.

راهی که این انتساب پیاده‌سازی شده این است که انتساب یک رفرنس به آرگومان سمت چپ برمیگرداند، و این رویه رو هم شما بهتره برای پیاده‌سازی کلاس‌هاتون در نظر بگیرید.

```
class Widget{
public:
   Widget& operator=(const Widget& rhs)  //return type is a refrence to the current class
   {
      return *this;   //return the left-hand object
   }
};
```

چنین رویکردی برای همه‌ی اپراتورهای انتساب قابل تعمیم هست، نه فقط اپراتوری که در بالا دیدیم.

```
class Widget{
public:
   Widget& operator+=(const Widget& rhs) //the convention applies to +=,-=,*=,etc.
   {
      return *this;
   }
   Widget& operator=(int rhs)
   {
      return *this;
   }
};
```

در C++ این یک اجماع نظر است، کدی که از این رویه طبعیت نکند نیز کامپایل خواهد شد. اگر چه، این رویکرد برای همه‌ی تایپ‌های built-in رعایت شده، برای stl ها نیز همینطور هست. مگر این که شما دلیل بهتری برای یک رویکرد متفاوت داشته باشید.

آیتم ۱۳ از فصل ۳

منابع یا resource چیزی است که، وقتی که نیازی بهشون ندارید باید آزادشون کنید و به سیستم برشون گردونید. اگر این کار رو نکنید، اتفاقات بدی میفته. در برنامه‌های C++ ، معمول‌ترین منبعی که وجود داره، اختصاص حافظه به صورت داینامیک هست(اگر حافظه‌ای را اختصاص دهید و هرگز آن را deallocate نکنید، در این صورت نشت حافظه خواهید داشت)،توجه داشته باشید که حافظه تنها یکی از منابعی است که شما باید مدیریت کنید. برخی منابع رایج از سیستم عبارتند از mutex ، file descriptors ، fonts ، locks و brush ها در رابط کاربری، ارتباط دیتابیس و سوکت‌های شبکه می‌باشد. صرف نظر از این که منبع چه باشد، این مهمه که وقتی دیگر با آن منبعی کاری نداریم آن را آزاد کنیم.

تلاش برای اطمینان از این موارد در هر شرایطی سخت می‌باشد، حال فرض کنید مواردی دیگری وجود داشته باشند که این شرایط را برایمان سخت تر کنند مانند exceptions ، توابع با چندین مسیر return ، و نگه‌داری تغییرات برنامه‌نویسان بر روی نرم‌افزار بدون این که درک مناسبی از تغییراتی که داده اند داشته باشیم، واضح هست که روش‌های این چنینی برای برخورد با مدیریت منابع کافی نخواهد بود.

در این فصل ما یک رویکرد مستقیم بر اساس **شیء** برای مدیریت منابع بر روی سازنده، مخرب و اپراتورهای کپی C++ خواهیم داشت.

1 Item 13: Use objects to manage resources.

فرض کنید که ما روی یک کتابخانه به منظور مدل کردن یک سرمایه‌گذاری کار می‌کنیم، که در آن سرمایه‌گذاری های مختلف از یک کلاس base به نام Investment ارث بری کرده‌اند.

```
class Investment   //root class of hierachy of investment types
{
};
```

علاوه بر این فرض کنید که این کلاس برای تهیه‌ی یک Investment خاص از طریق یک factory function عمل می‌کند(برای اطلاعات بیشتر فصل هفتم رو ببینید).

```
Investment*  createInvestment(); //return ptr to dynamically allocated
```

```
                                    //object in the investment hierarchy;
                                    //the caller must delete it
                                    //(parametes omitted for simplicity)
```

همانطور که کامنت کد بالا اشاره کرده، کسی که CreateInvestment رو فراخوانی کرده مسوول حذف شیء برگردان شده است. حال در نظر بگیرید که یک تابع به نام f برای انجام چنین کاری نوشته شده است.

```
Investment *pInv=createInvestment(); //call factory function

...                                  //use pInv

delete pInv;                         //release Object
```

این به نظر مشکلی نداره، اما چندین احتمال هست که f نتونه شیء investment رو که از createInvestment گرفته شده، نتونه حذف کنه. یکی این که ممکنه یک return زودهنگام در داخل تابع وجود داشته باشه. اگر چنین return ای اجرا بشه، در این صورت هرگز خط مربوط به delete کردن اجرا نخواهد شد. یک مشکل مشابه وقتی است که استفاده از createInvestment و delete در داخل یک حلقه باشه، و حلقه با استفاده از break و یا goto شکسته بشه و هرگز به delete نرسیم. در نهایت، ممکنه کد وارد یک exception بشه، در این صورت نیز control هرگز به delete نخواهد رسید. صرف نظر از این که چرا delete اجرا نشه، ما نه تنها بر روی حافظه‌ای که شیء investment گرفته نشت داشتیم بلکه هر منبعی که این شیء گرفته نیز نشت دارد.

قطعا، اگر درست برنامه‌نویسی کنیم و محتاط باشیم می‌تونیم از چنین مشکلاتی دوری کنیم، اما فرض کنید که این کد قراره در گذر زمان عوض بشه. طی این مرحله که نرم‌افزار در حال نگه‌داری است فرض کنید که یک نفر بیاد و یک return به کد اضافه کنه و یا continue به کد اضافه کنه بدون این که در مورد مدیریت منابع دقت کنه، و یا حتی بدتر، ممکنه داخل تابع f یک تابعی فراخوانی شده باشه که هرگز به exception نمی‌خورده ولی یک دفعه شروع کنه به exception خوردن. بنابراین نمی‌تونیم به f در مورد این که حتما منابع رو delete می‌کنه اطمینان داشته باشیم. برای اطمینان از این که منابعی که createInvestment گرفته همواره آزاد خواهند شد، نیاز داریم تا منابع را در داخل مخرب شیء قرار دهیم تا وقتی که کارمان با f تمام شد و مخرب صدا زده شد، اون منابع نیز حذف بشه. در واقع با قرار دادن منابع در داخل شیء ما توانسته‌ایم که روی این ویژگی زبان C++ تکیه کنیم که مخرب همواره صدا زده میشه.

بسیاری از منابع به صورت داینامیک بر روی حافظه‌ی heap رزرو شده‌اند، و بر روی یک block تنها و یا یک تابع استفاده می‌شوند، و می‌بایست وقتی که کنترل block و یا تابع رو گذر کرد اون قسمت از حافظه رها بشه. auto_ptr از کتابخانه‌ی استاندارد برای چنین شرایطی ساخته شده است. auto_ptr یک شیء شبه اشاره‌گر بوده(smart pointer) که destructor آن به صورت اوتوماتیک به چیزی که اشاره به آن شده را

delete می‌کند. در اینجا نحوه‌ی استفاده از auto_ptr را برای جلوگیری از leak احتمالی در تابع f را توضیح داده‌ایم.

```
#include <memory>


    std::auto_ptr<Investment> pInv(createInvestment());
```

این مثال ساده دو جنبه‌ی خیلی مهم از استفاده شیء برای مدیریت منابع را نشان میدهد:

- **منابع بلافاصله بـه شـیء مـدیر منبـع داده می‌شـود.** در کـد بـالا، منبعی کـه توسـط createInvestment برگردان شده برای initialize کردن auto_ptr استفاده می‌شود که آن را مدیریت خواهد کرد. در واقع، این ایده که برای مدیریت منـابع از اشـیاء اسـتفاده بشـه معمـولا Resource Acquisition Is Initialization نامیده میشود(به اختصار RAII)، چرا که منطقیه در یک عبارت هم منابع رو بگیریم و هم شیء مدیریتمون رو initialize کنیم. البته در برخی موارد منابع گرفته شده را بعدا به شیء مدیریت منابع انتساب می‌کنیم.
- **شیء مدیر-منبع از مخرب خود برای اطمینان از آزاد شدن منابع استفاده می‌کند.** چـرا که مخرب‌ها به صورت اوتوماتیک بعد از نابود شدن شیء فراخوانی می‌شوند(یعنی وقتی یک شیء از scope خارج می‌شود)، در این صورت منابع به صورت مناسبی آزاد می‌شوند، صـرف نظـر از این که چطور از بلاک خارج شده‌ایم. وقتی که در هنگام آزاد کردن منابع به exception بخوریم ممکن است یک مقدار ریـزه کـاری داشـته باشـه، امـا این مشـکل رو مـا در آیتم ۸ بررسـی کـرده‌ایم و نگرانی‌ای در این مورد نداریم.

از اونجایی که auto_ptr به صورت اوتوماتیک آنچـه را کـه بـه آن اشـاره میکنـد را هنگـام destroy شـدن auto_ptr حذف می‌کند، این مهم است که بیشتر از یک auto_ptr به یک شیء اشاره نکند. اگـر این اتفـاق بیفتد در این صورت یک شیء بیشتر از یک بار حذف خواهد شد، و این برنامـه شـمارا در شـرایطی قـرار میدهد که منجر به undefined behavior خواهد کرد. برای جلوگیری از چـنین مشـکلاتی، auto_ptr یـک خصوصیت غیر عادی را با خود دارد: کپی کردن اون‌ها(با استفاده از کـپی سـازنده و یـا اپراتـور انتسـاب) آن‌ها را برابر با null قرار میدهد، و اشاره‌گر جدید تنها مالک به شیء خواهد بود.

```
    std::auto_ptr<Investment>
        pInv1(createInvestment());  //Pinv1 points to the object returnd from createInvestment

    std::auto_ptr<Investment> pInv2(pInv1); //pInv2 now points to the object; pInv1 is now null


    pInv1 = pInv2;  //now pInv1 points to the object, and pInv2 is null
```

این رفتار عجیبی که auto_ptr در کپی کردن دارد و این که نمیشه بیشتر از یک auto_ptr به یک شیء اشاره کند نشان میدهد که auto_ptr ها بهترین گزینه برای مدیریت منابع داینامیک نیست. به طور مثال، نگه‌دارنده‌های STL نیازمند این هستند که محتوایشان یک رفتار کپی نرمال داشته باشند، بنابراین نگه‌دارنده از نوع auto_ptr امکان پذیر نیست.

یک جایگزین برای auto_ptr یک اشاره‌گر هوشمند با قابلیت شمارش refrence هست (refrence-counting smart pointer یا RCSP) یک RCSP اشاره‌گر هوشمندی است که می‌تواند حساب کتاب تعداد اشاره‌گرهایی که به یک شیء خاص اشاره دارد را داشته باشد و وقتی که کسی به این منبع اشاره نمیکند آن را حذف کند. بنابراین، RCSP رفتاری مانند garbage collection را دارد. برخلاف garbage collection ، ولی RCSP نمی‌تواند سیکل رفرنس‌ها را بشکند(یعنی دو شیء که استفاده نمی‌شوند و دو به دو به همدیگه اشاره میکنند).

بنابراین می‌توانیم کدمون رو به صورت زیر بنویسیم.

```
std::shared_ptr<Investment>
    pInv1(createInvestment());
```

کد خیلی شبیه به همان کد قبلی است ولی این کد خیلی طبیعی‌تر رفتار می‌کند:

```
std::shared_ptr<Investment>        //pInv1 points to the object returned
    pInv1(createInvestment());   // from createInvestment

std::shared_ptr<Investment> pInv2(pInv1); //both pInv1 and pInv2 now point to the object

pInv1 = pInv2; //nothing has changed

}                    // pInv1 and pInv2 are destroyed, and the object they
                     // point to is automatically deleted
```

هم auto_ptr و هم shared_ptr از delete در مخربشون استفاده می‌کنند، اما از [] استفاده نمی‌کنند(آیتم ۱۶ تفاوتشون رو توضیح داده). این بدین معنی است که استفاده از auto_ptr و یا shared_ptr برای آرایه‌هایی که به صورت داینامیک اختصاص داده شده اند ایده بدی است، ولی خب اگر هم چنین اتفاقی بیفتد کامپایلر آن را کامپایل خواهد کرد.

```
std::auto_ptr<std::string> aps(new std::string[10]); // bad idea! the wrong
                                                     // delete form will be used
std::shared_ptr<int> spi(new int[1024]); //same as before
```

شاید تعجب کنید که چیزی شبیه auto_ptr و یا shared_ptr برای آرایه‌های داینامیک در C++ وجود ندارد. اگر فکر می‌کنید که داشتن یک همچین چیزی براتون خوبه می‌تونید از Boost استفاده کنید. Boost::scoped_array و boost::shared_array چنین رفتاری را برای شما آماده کرده‌اند.

در این آیتم این موضوع رو بررسی کردیم که از اشیاء برای مدیریت منابع استفاده کنیم. کلاس‌های مدیریت منابع آماده‌ای برای این موضوع آماده شده است که بدانها اشاره کردیم مثل auto_ptr و shared_ptr ، ولی در برخی موارد این کلاس‌ها نمی‌توانند چیزی که شما می‌خواهند رو برآورده کنند در ااین صورت شما نیاز دارید که یک کلاس برای مدیریت منابع بنویسید. نوشتن این کلاس خیلی سخت نخواهد بود، و در آیتم ۱۵ و ۱۴ در این مورد با همدیگر بحث خواهیم کرد.

۲ Item 14: Think carefully about copying behavior in resource-managing classes

آیتم ۱۳ ایده‌ی RAII را به عنوان شاکله‌ی اصلی مدیریت کلاس‌ها معرفی کرد، و دیدیم که چطور از auto_ptr و shared_ptr برای منابعی که در heap هستند استفاده می‌شود. ولی همه‌ی منابع که در heap نیستند، بنابراین نیاز داریم که برای چنین منابعی دنبال جایگزین مناسبی باشیم، چون اشاره‌گرهای هوشمندی چون auto_ptr و shared_ptr نامناسب هستند و گزینه‌ی مناسبی برای مدیریت منابع کلاس نیستند. این موردی است که در این آیتم به دنبال تشریح آن هستیم، در واقع مواقعی که شما نیاز به کلاسی هستید که بتواند مدیریت کلاس را برایتان انجام بدهد. به طور مثال، فرض کنید که شما از C API استفاده کرده‌اید تا به اشیاء Mutexای توابعی مانند lock و unlock بدهید.

```
void lock(mutex *pm); //lock mutex pointed to pm

void unlock(mutex *pm); // unlock the mutex
```

برای این که هرگز یادتان نرود تا mutex ای که قفل بوده را باز کنید، بنابراین شما نیاز خواهید داشت که کلاسی برای مدیریت چنین mutexهایی را ایجاد کنید. ساختار اساسی چنین کلاسی توسط قاعده‌ی RAII تشکیل می‌شود، در این قاعده دیدیم که باید منابع در هنگام ساخته شدن کلاس گرفته شوند و در هنگام تخریب کلاس بایستی رها شوند.

```
class Lock
{
public:
   explicit Lock(mutex *pm):mutexPtr(pm)
   {
      lock(mutexPtr);
```

```
    }
    ~Lock(){unlock(mutexPtr);}
private:
    mutex *mutexPtr;
};
```

مشتری‌ها از مدل قدیمی RAII استفاده می‌کنند.

```
    mutex m;   //define the mutex you need to use
    //...
    {   //create block to define critical section
        Lock ml(&m); //lock the mutex
    //...      perform critical section operations

    }  //automatically unlock mutex at the end of block
```

این کد خوبه، ولی چه اتفاقی میافته اگر یک شیء Lock کپی بشه؟

این یک مثال خاص از یک بحث گسترده است که تقریبا هر کسی که بخواهد یک کلاس RAII بنویسید با آن روبه‌رو خواهد شد، در واقع چه اتفاقی میافتد اگر یک شیء RAII کپی شود؟ بیشتر مواقع، شما یکی از راه‌های زیر را انتخاب خواهید کرد.

- **جلوگیری از کپی کردن:** در بسیاری از موارد، این که به یک RAII اجازه بدهیم که شیء بتواند کپی شود غیر منطقی است. این در مورد یک کلاس مانند Lock نیز درست است، چرا که غیر منطقی است که ما از اشیایی که اجازه‌ی سنکرون سازی را میدهند کپی داشته باشیم. وقتی که کپی برای یک کلاس RAII منطقی به نظر نمیرسد می‌توانید اجازه‌ی کپی را ندهید. آیتم ۶ در مورد این که چطور همچین کاری را انجام بدهیم توضیح داده است، در واقع اعلان اپراتورهای کپی به صورت private . برای کلاس Lock می‌توانید به صورت زیر عمل کنید:

```
class Lock: private Uncopyable   //prohibit copying see Item 6
```

- **استفاده از متد refrence-count بر روی کلاس.** در برخی موارد این بهتره که یک resource را تا وقتی که آخرین شیء که به کلاس منبع اشاره میکنه و هنوز از بین نرفته را نگه داریم، به محض این‌که دیگر هیچ کلاسی به منبع اشاره نداشت منابع رو آزاد کنیم. وقتی که این مورد اتفاق می‌افتد، به محض استفاده از کپی برای یک شیء RAII باید count رو یک عدد اضافه کرد. این معنای copy کردنی است که shared_ptr استفاده کرده است. اغلب، کلاس‌های RAII می‌توانند رفتار refrence-counting رو با اضافه کردن یک عضو داده‌ای shared_ptr پیاده سازی کنند. به طور مثال، اگر Lock نیاز به refrence counting داشت، می‌توان نوع mutexPtr را از *mutex به shared_ptr<mutex> تغییر داد. متاسفانه، رفتار پیش فرض shared_ptr این است که وقتی تعداد count برابر صفر شد، چیزی که به آن اشاره شده را حذف کند. ولی ما می‌خواهیم وقتی که

کارمان با mutex تمام شد، آن را unlock کند نه این که آن را delete کند. خوشبختانه، shared_ptr به ما اجازه میدهد که نوع deleter آن را مشخص کنیم(منظور از deleter تابع یا تابع شیءای است که وقتی reference count به سمت میرود آن اجرا میشود چنین عملکردی را ما برای auto_ptr نداریم، این یعنی این که همیشه چیزی که به آن اشاره میکند را حذف می‌کند). Deleter یک آرگومان دلخواه برای سازنده‌ی shared_ptr می‌باشد، بنابراین کد به صورت زیر خواهد بود.

```
class Lock
{
public:
   explicit Lock(mutex *pm)  //init shared_ptr with the mutex
      :mutexPtr(pm,unlock)     //to point to and the unlock func as the deleter
   {
      lock(mutexPtr.get());          //see Item 15 for info on "get"
      cout<<"contructor"<<endl;
   }
private:
   shared_ptr<mutex> mutexPtr;     //use shared_ptr instead of raw pointer
};
```

در این مورد، توجه داشته باشید که دیگر نیازی به اعلان مخرب کلاس نداریم چرا که دیگر به همچین چیزی نیازی نداریم. آیتم ۵ توضیح داد که مخرب کلاس به صورت اتوماتیک داده‌های non-static را Invoke خواهد کرد. در این مورد، MutexPtr این داده خواهد بود. ولی مخرب mutexPtr به صورت اوتوماتیک deleter مربوط به shared_ptr را فراخوانی خواهد کرد(که deleter الان تابع unlock هست-که در این مورد وقتی این اتفاق میافتد که refrence-count به صفر برسد). توجه داشته باشید که کسانی که کد کلاس شما را میخوانند بهتره بدونند که شما فراموش نکرده اید که destructor بنویسید بلکه به ورژنی که کامپایلر تولید می‌کند اکتفا کرده‌اید پس بهتر است این را برای خواننده comment کنید.

- **کپی کردن منابع.** در برخی موارد شما می‌توانید به هر تعدادی که می‌خواهید از یک منبع کپی داشته باشید، و تنها دلیلی که باعث میشه که شما یک کلاس مدیریت منابع بنویسید این هست که اطمینان حاصل کنید که هر کپی وقتی وقتی که کارتان با آن تمام شد آزاد خواهند شد. در این مورد، کپی کردن شیء مدیریت باید منابعی که به آن اشاره می‌کند را نیز کپی کند. چنین کپی کردنی را deep copy میشناسیم. برخی از پیاده‌سازی‌های standard string متشکل از اشاره‌گرهایی به حافظه‌ی heap است. اشیاء از نوع string حاوی اشاره‌گر به حافظه‌ی heap هست. وقتی که یک string کپی می‌شود، یک کپی هم از اشاره‌گر و هم از حافظه‌ای که به آن اشاره میشود گرفته می‌شود. چنین چیزی یک کپی عمیق از string است.

- **انتقال مالکیت منابع.** در برخی موارد نادر، شما می‌خواهید که تنها یک شیء RAII مالکیت به منابع رو داشته باشند و وقتی که شیء RAII کپی می‌شود، مالکیت منابع به از شیء جدید انتقال داده شود. همانطور که در آیتم ۱۳ توضیح داده شده است، این همان copy ای است که auto_ptr استفاده می‌کند.

3 Provide access to raw resources in resource managing classes.

کلاس‌های مدیریت منابع شگفت انگیزاند. این کلاس‌ها محافظ کد در برابر نشت حافظه هستند. سیستمی که چنین نشتی رو نداشته باشه رو میشه به عنون یک سیستمی که خوب طراحی شده قلمداد کرد. در دنیای ایده‌آل، شما طبیعتا باید از چنین کلاس‌هایی برای هر تعاملی با یک resource استفاده کنید، و هرگز دسترسی مستقیم به یک منبع خام نباید داشته باشید. اما خب دنیا هرگز ایده‌آل نبوده و نخواهد بود. بسیاری از APIها مستقیما به منابع دسترسی دارند، بنابراین تا وقتی که از چنین API هایی استفاده می‌کنید میباست استفاده از کلاس‌های مدیریت منابع رو تو این موارد کنار بذارید و با منابع به صورت time-to-time برخورد کنید.

به طور مثال، آیتم ۱۴ ایده‌ی استفاده از اشاره‌گرهای هوشمند مثل auto_ptr و shared_ptr رو برای نگه داری نتایج حاصل از تابع factory مانند createInvestment رو مطرح کرد.

```
std::auto_ptr<Investment> pInv(createInvestment());
```

فرض کنید که یک تابع که برای کار با شیء Investment استفاده کرده‌اید به صورت زیر باشد.

```
int dayHeld(const Investment *pi);   //return number of days investment has been held
```

شما تابع **dayHeld** را به این صورت فراخوانی خواهید کرد.

```
int nday=dayHeld(pInv);    //error
```

خب اگر این کد رو اجرا کنید متوجه میشید که این کد کامپایل نخواهد شد: در واقع dayHeld یک اشاره‌گر غیر هوشمند از Investment* می‌خواهد، ولی ما یک شیء از نوع shared_ptr<Investment> به آن داده‌ایم.

در واقع شما باید یک راهی برای تبدیل شیء از کلاس RAII (در این مورد shared_ptr) به منابع خام بایستی پیدا کنید. در واقع دو روش برای انجام چنین کاری وجود دارد: تبدیل مستقیم(explicit conversion) و یا تبدیل غیر مستقیم یا غیر صریح(implicit conversion).

در واقع هر دو کلاس shared_ptr و auto_ptr یک تابع عضو برای تبدیل مستقیم در اختیار ما قرار میدهند. یعنی، این کلاس‌ها توابعی دارند که یک کپی از اشاره‌گر خام که به محتوای اشاره‌گر هوشمند اشاره دارد، می‌دهند.

```
int nday=dayHeld(pInv.get());
```

مشابه همه‌ی کلاس‌های اشاره‌گر هوشمند، shared_ptr و auto_ptr اپراتورهای dereferencing را overload کرده(یعنی اپراتورهای <- و *)، و این به ما اجازه‌ی تبدیل غیر صریح به اشاره‌گرهای خام را میدهد:

```
class Investment
{
public:
   bool isTaxFree() const();
   //...
};

   Investment* createInvestment();  //factory function

   shared_ptr<Investment> pi1(createInvestment()); //have shared_ptr to manage our recource

   bool taxable1=!(pi1->isTaxFree()); //access resource via operator ->

   auto_ptr<Investment> pi2(createInvestment());  //have auto_ptr manage a resource

   bool taxable2=!((*pi2).isTaxFree());
```

از اونجایی که در برخی موارد نیاز هست که یک resource خام از داخل شیء RAII رو بگیریم، برخی از کلاس‌های RAII یک تابع برای تبدیل غیر صریح را طراحی می‌کنند به طور مثال، فرض کنید که این کلاس RAII برای فونت‌ها بوده و C API نیز هست.

```
FontHandle getFont(); //from C API -- params omitted for simplicity
void releaseFont(FontHandle fh); //from the same C API
class Font     //RAII class
{
public:
   explicit Font(FontHandle fh):f(fh){}  //acquire resource; use pass-by-value, because the C API does
   ~Font(){releaseFont(f);} //release resource

private:
   FontHandle f;  //the raw font resource
```

```
};
```

اگر فرض بگیریم که در کد ما از این قبیل نیاز به فونت‌های C API زیاد استفاده شده، در این صورت معمولا نیاز خواهیم داشت که یک شیء Font رو به FontHandle تبدیل کنیم. بنابراین کلاس Font می‌تواند یک تبدیل صریح مانند get را پیشنهاد بدهد.

```
class Font
{
public:
   ...
   FontHandle get() const{return f;} //explicit conversion
   ...
}
```

متاسفانه این باعث میشه که مشتری‌ها مجبور بشن که هر موقع نیاز به ارتباط با API دارند متد get رو صدا بزنند.

```
void changeFontSize(FontHandle f,int newSize); //from the C API
int main()
{
   Font f(getFont());
   int newFontSize;
   ...
   changeFontSize(f.get(),newFontSize);  //explicit convert Font to FontHandle
}
```

حالا برخی برنامه‌نویسان ممکن است به این فکر بیفتند که چون مجبورند پشت سر هم این تبدیل صریح رو انجام بدهند، پس بهتره که کلا از این کلاس استفاده کنند. در واقع ما کلاس Font رو طراحی کرده‌بودیم تا از نشت این منبع جلوگیری کنیم ولی ممکن است برنامه‌نویس آگاهانه از این کلاس استفاده نکند.

یک جایگزین این هست که کلاس Font یک تبدیل غیر صریح رو هم به FontHandle پشتیبانی بکنه:

```
class Font
{
public:
   ...
   operator FontHandle() const{return f;} //implicit conversion function
   ...
};
```

در این صورت استفاده از این کلاس برای C API خیلی طبیعی و راحت خواهد بود.

```
Font f(getFont());
int newFontSize;
...
changeFontSize(f,newFontSize);  //implicit convert Font to FontHandle
```

البته روی تاریک این قضیه این هست که تبدیل غیر صریح احتمال خطا رو هم افـزایش خواهـد داد. بـه طور مثال، یک کاربر ممکن است تصادفا یک FontHandled تولید کند در حالی که قصدش Font بوده.

```
Font f1(getFont());


....

FontHandle f2=f1;    //oops! meant to copy a Font object,but instead
                     //implicitly converted f1 into its underlying FontHandle
                     //then copied it
```

در این صـورت برنامـه یـک FontHandle دارد کـه توسـط شـیء f1 مـدیریت می‌شـود، و هم این کـه FontHandle به صورت مستقیم نیز با استفاده از f2 در دسترس است. کـه همچین چـیزی بـه هیچ وجـه خوب نیست، به طور مثال وقتی f1 از بین بره، font رها خواهد شد و f2 هم رو هوا خواهد بود.

این تصمیم که کلاس RAII بک تبدیل صریح از منابع رو ارایه بدهد(یعنی از طریق تابع عضو کلاس) و یا این که اجازه تبدیل غیر صریح را بدهد مساله‌ای است که وابسته به کاری است که کلاس RAII برای آن طراحی شده و همچنین این که RAII در چه شرایطی مورد استفاده قرار میگیرد.

بهترین طراحی چیزی شبیه به آیتم ۱۸ خواهد بود که در آن رابط به گـونه‌ای طـراحی شـود کـه بـرای استفاده صحیح آسان، و برای استفاده غیر صحیح سخت باشد. اغلب، یک تبـدیل صـریح ماننـد تـابع get راهی هست که ترجیح داده می‌شود، چرا که شانس این که یک تبدیل ناخواسـته انجـام شـود را کـاهش میدهد. در برخی موارد، نیز استفاده از تبدیل غیر صریح توصیه می‌شود.

ممکن است که شما فکر کنید که برگرداندن منبع خام درون RAII مخالف کپسوله‌سازی اسـت. در واقـع این درست است، ولی این مورد بر عکس چیزی که به نظر میرسد یک افتضاح طراحی به شـمار نمیآیـد. در واقع کلاس RAII به منظور کپسوله‌سازی به وجود نیامده بلکه آن‌ها به این دلیل وجـود دارنـد کـه از نشت حافظه جلوگیری کنند. اگر مطلوب بود، کپسوله‌سازی یک منبع، می‌تواند اولویت داشته باشـد، ولی این چیزی نیست که ضرورت داشته باشد. به علاوه، برخی کلاس‌های RAII ، یک پیاده‌سازی کپسـوله از منابع را نیز دارند. به طور مثال، shared_ptr همه‌ی مکانیزم refrence-counting خود رو کپسوله کـرده، بـا این وجود یک دسترسی آسان به اشاره‌گر خام نیز در آن وجود دارد. به ماننـد همه‌ی کلاس‌هـایی کـه از طراحی خوبی برخوردار هستند، این کلاس چیزی که کاربر نیاز ندارد ببینیـد را مخفی کـرده اسـت، ولی چیزی که یک کاربر واقعا نیاز به آن دارد را در دسترس او قرار میدهد.

۴ نکات مبهم: constructor initializer

تا به این‌جای کار، اعضای داده‌های در بدنه‌ی یک سازنده‌ی کلاس initialized می‌شده‌اند. اما C++ یک متد جایگزین برای initalize کردن اعضای داده‌ای در سازنده دارد، که اصطلاحا constructor initalizer و یا ctor-initializer نامیده می‌شود. در مثال زیر ما از سازنده‌ی یک کلاس برای این مورد استفاده کرده‌ایم.

```
class MyClass
{
public:
   MyClass():dataMember(2)
   {
   }
   int dataMember;
};
```

یک نکته بسیار مهم در مورد ctor-initializer وجود دارد و آن این هست که وقتی از ctor-initializer استفاده می‌کنیم می‌بایست حواسمان به ترتیب متغیرهایی که در تعریف آمده‌اند نیز باشد فرض کنید که یک کلاس به صورت زیر داشته باشیم.

```
class MyClass
{
public:
   MyClass(const string& initialValue){}
private:
   double mValue;
   std::string mString;
};
```

حال فرض کنید که کد را به صورت زیر برای ctor-initializer بنویسیم.

```
MyClass(const string& initialValue): mString(initialValue), mValue(std::stod(mString)) {}
```

کد کامپایل خواهد شد، اما برنامه به درستی کار نخواهد کرد. شاید فکر کنید که mString زدتر از mValue مقداردهی اولیه خواهد شد چون mString در ctor-initializer زودتر از mValue آمده است. اما ++C اینطور کار نمی‌کند چون در کلاس mValue زودتر از mString آمده است در این صورت برنامه سعی می‌کند که mValue را ابتدا مقداردهی اولیه کند. و چون برای مقداردهی mValue ما نیاز به مقدار mString (که هنوز مقداردهی نشده) داریم، برنامه به خطا خواهد خورد. در این مورد بهتر است که به جای استفاده از mString از خود initialValue استفاده شود. همچنین می‌توانید در خود کلاس ترتیب دو متغیر رو عوض کنید.

```
MyClass(const string& initialValue):mString(initialValue),mValue(std::stod(initialValue)){}
```

5 Item 16: Use the same form in corresponding uses of new and delete .

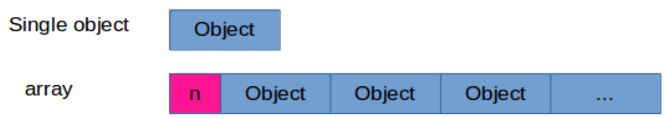
اشکال برنامه‌ی زیر چیست؟

```
std::string *stringArray = new std::string[100];
....
delete stringArray;
```

همه چیز به نظر طبق همان ترتیبی است که باید باشد. new با delete تطبیق دارد. ولی، یک چیز کاملا اشتباه است. کاری که برنامه می‌کند در این مورد نامشخص است. در واقع، ۹۹ تا از ۱۰۰ شیء مربوط به stringArray احتمالا به درستی حذف نخواهند شد، چرا که destructor شان هرگز فراخوانی نخواهد شد.

وقتی که از کلمه‌ی کلیدی new برای تولید داینامیک یک شیء استفاده می‌کنید، دو اتفاق می‌افتد. یک، حافظه اختصاص داده می‌شود(با استفاده از یک تابعی که اپراتور new فراخوانی می‌کند- آیتم ۴۹ و ۵۱ را ببینید). دوم، یک یا چندین سازنده برای آن معماری صدا زده می‌شود. وقتی که از عبارت delete استفاده می‌کنید، دو اتفاق دیگر می‌افتد: یک یا چندین مخرب برای حافظه صدا زده می‌شود، سپس حافظه deallocate می‌شود(با استفاده از تابعی که اپراتور delete نامیده می‌شود-آیتم ۵۱ را ببینید). سوال بزرگی که برای delete پیش میآید این است که: چه تعداد از اشیایی که در حافظه جا گرفته‌اند حذف می‌شوند؟ پاسخی که به این سوال می‌دهیم مشخص کننده تعدادی مخرب‌هایی است که باید صدا زده شود.

در واقع، سوال ساده‌تر از این چیزی هست که به نظر میرسد: در واقع اشاره‌گری که حذف می‌شود آیا اشاره به یک شیء دارد و یا به آرایه‌ای از اشیاء؟ این یک سوال حیاتی است، چرا که طرحبندی حافظه برای یک تک شیء به صورت کلی متفاوت از طرحبندی حافظه برای آرایه‌هاست. به طور مشخص، حافظه‌ای که برای یک آرایه گرفته می‌شود معمولا سایز آرایه نیز در آن گنجانده می‌شود، بنابراین کار را برای حذف کردن آسان‌تر می‌کند، چون وقتی تعداد آرایه مشخص است، می‌دانیم چند بار باید مخرب صدا زده شود. حافظه‌ای که برای یک تک شیء گرفته می‌شود همچین اطلاعاتی را ندارد. در واقع شما می‌توانید این تفاوت در طرحبندی یا layout را به صورت زیر ببینید.



البته این شکل فقط برای مثال زدن بود، و کامپایلرها مجبور نیستند که حتما به همین شکل این مورد رو پیاده‌سازی کنند اگر چه خیلی‌هاشون همین کار رو می‌کنند.

وقتی شما از delete روی یک اشاره‌گر استفاده می‌کنید، تنها راهی که delete می‌تواند اطلاعاتی در مورد size آرایه داشته باشد این هست که این اطلاعات را خودتان به delete بدهید. اگر از **براکت** در هنگام استفاده از delete ، استفاده کنید، delete فرض می‌کند که به یک آرایه اشاره کرده است. در غیر این صورت، delete فرض می‌کند که روی یک تک شیء فراخوانی شده است:

```
std::string *stringPtr1=new std::string;
std::string *stringPtr2=new std::string[100];
....
delete stringPtr1;  //delete an object
delete [] stringPtr2; //delete an array of objects
```

حال چه اتفاقی می‌افتد اگر از [] برای stringPtr1 استفاده کنیم؟ نتیجه نامشخص خواهد بود. با فرض طرح بندی بالا، delete شروع به خواندن حافظه می‌کند و size array را با تفسیر آن به دست می‌آورد، و شروع به invoke کردن به اندازه‌ی array size می‌کند، delete این کار را بدون توجه به این حقیقت که آن قسمت از حافظه جزو آرایه نیست، انجام میدهد، و ممکن است بدون این که شیء‌ای داشته باشد مشغول فراخوانی destructor باشد.

حال چه اتفاقی می‌افتد اگر از [] برای stringPtr2 استفاده نکنیم؟ این کار نیز نتیجه‌ی نامشخصی خواهد داشت، ولی می‌توانید ببینید که چطور برخی از destructor ها فراخوانی نمی‌شوند. به علاوه، در مورد متغیرهای built-in مانند int که destructor ندارند این کار ممکن است نامشخص و یا حتی مضر نیز باشد.

قانونی که برای حذف حافظه‌ی داینامیک داریم ساده است: اگر در عبارت new از [] استفاده کردید، باید در عبارت delete متناظر از [] استفاده کنید، و اگر در عبارت new از [] استفاده نکردید در عبارت متناظر delete نیز این کار را انجام ندهید.

این قانون مشخصا در مورد نوشتن کلاسی که یک اشاره‌گر به حافظه داینامیک دارد و چندین سازنده نیز دارد، مهم است، چون شما باید در همه‌ی سازنده‌ها به یک فرمت یکسان از new استفاده کنید. اگر این کار را انجام ندهید، چطور می‌تونید بفهمید که از کدام فرمت delete باید در مخرب استفاده کرد؟

این قانون همچنین در مورد typedef ها نیز مهم هست، چون کسی که typedef را می‌نویسد، باید در اسناد حتما اشاره کند که چه delete ای باید استفاده شود. به طور مثال:

```
typedef std::string addressLines[4]; //a person's address has 4 lines, each of which is a string
```

چون addressLines یک آرایه است، استفاده از new برای آن:

```
std::string *pa1=new addressLines; //note that "new AddressLines" returns a string*,
                                   //just like "new string[4]" would
```

باید delete هم به صورت array برای آن تعریف شود.

```
delete [] pa1;
```

برای جلوگیری از چنین مشکلی، از typedef برای آرایه‌ها استفاده نکنید. از اونجایی که کتابخانه‌ی استاندارد C++ شامل string و vector نیز هست، و این template ها نیاز ما برای تخصیص حافظه به صورت داینامیک را تقریبا به صفر کاهش داده است، پس این که از typedef برای آرایه‌ها استفاده نکنیم ساده و بدون مشکل خواهد بود. به طور مثال، در مورد AddressLines می‌توانیم به صورت vector<string> استفاده کنیم.

6 Item 17: Store new ed objects in smart pointers in standalone statements.

فرض کنید که ما یک تابع به منظورتشخیص اولویت پردازش داریم و یک تابع دوم نیز داریم که برای پردازش بر روی یک سری Widget که به صورت داینامیک هستند نوشته شده است:

```
int priority();
void processWidget(std::shared_ptr<Widget> pw, int priority);
```

استفاده از شیء برای مدیریت منابع یک انتخاب عقلانی است(آیتم ۱۳)، همانطور که می‌بینید که PrcoessWidget از اشاره‌گر هوشمند(در اینجا shared_ptr) برای مدیریت داینامیک Widget در پردازشش استفاده کرده است.

فرض کنید یک فراخوانی به صورت زیر به processesWidget داشته باشیم.

```
processWidget(new Widget,priority());
```

صبر کنید، این را یک فراخوانی به حساب نیاورید. این کد کامپایل نخواهد شد. سازنده کلاس shared_ptr نمی‌تواند یک اشاره‌گر خام صریح به عنوان ورودی بگیرد، و هیچ تبدیل غیر صریحی از اشاره‌گر خام با عبارت "new Widget" وجود ندارد که بتوانیم به shared_ptr بدهیم. در هر صورت می‌توانیم کد را به صورت زیر بنویسیم و این کد کامپایل خواهد شد:

```
processWidget(std::shared_ptr<Widget>(new Widget),priority());
```

ممکن است تعجب کنید اگر بفهمید با وجود استفاده از شیء برای مدیریت منابع، این فراخوانی ممکن است نشت منبع داشته باشد.

قبل از این که کامپایلر بتواند یک فراخوانی به processWidget داشته باشد، باید آرگومان‌هایی که به عنوان پارامتر به تابع فرستاده می‌شوند را ارزیابی کند. آرگومان دوم یک فراخوانی به اولویت تابع می‌باشد

و مشکلی با آن نداریم، اما آرگومان اول یعنی std::shared_ptr<Widget>(new Widget) از دو قسمت تشکیل شده است.

- اجرای عبارت new Widget
- فراخوانی سازنده کلاس shared_ptr

کامپایلر C++ به ما یک تضمین در مورد آزادی عمل وسیع، در مورد مشخص کردن ترتیب پارامترهای ورودی میدهد.(این خیلی متفاوت از زبان‌هایی مثل C# و Java هست که پارامترهای توابع همیشه باید در یک ترتیب خاصی ارزیابی شوند.) عبارت new Widget باید قبل از سازنده‌ی shared_ptr اجرا شود، چرا که نتیجه‌ی عبارت هست که به عنوان ورودی سازنده‌ی کلاس shared_ptr مورد استفاده قرار میگیرد، اما فراخوانی به تابع priority می‌تواند اول، دوم، و یا سوم باشد. اگر کامپایلر انتخاب کند که انتخاب تابع priority دوم باشد(شاید کامپایلر به خاطر این که بتواند یک کد بهتر تولید کند این کار را انجام دهد)، در این صورت مراحل اجرای کد به صورت زیر درخواهد آمد.

۱. اجرای new Widget
۲. فراخوانی تابع priority
۳. فراخوانی سازنده کلاس shared_ptr

حال فرض کنید که ما در هنگام فراخوانی تابع priority به یک exception برخورد کنیم. در این مورد، اشاره‌گری که از new Widget برگشت داده شده، از دست خواهد رفت، چرا که کد نتوانسته آن را در shared_ptr ذخیره کند، و shared_ptr همان چیزی بود که برای جلوگیری از نشت منبع ما می‌خواستیم از آن استفاده کنیم. بنابراین در هنگام فراخوانی تابع processWidget ما می‌توانیم نشت حافظه داشته باشیم، و این مورد به خاطر وجود exception فی ما بین ساختن یک منبع (new Widget) و تحویل دادن منبع به یک کلاس مدیریت منبع رخ داده است.

راهی که برای جلوگیری از چنین مسایلی وجود دارد، خیلی ساده است: استفاده از یک عبارت جدا برای ساختن Widget و ذخیره‌ی آن در یک اشاره‌گر هوشمند، سپس پاس دادن اشاره‌گر هوشمند به تابع processWidget :

```
shared_ptr<Widget> pw(new Widget);    //store newed object in a smart
                                      //pointer in a standalone statement

processWidget(pw,priority());         //this call won't leak
```

این کد بدون مشکل کار می‌کند چون کامپایلر نمی‌تواند ترتیب اجرای عبارت‌های جدا از هم را به هم بزند. در این کد عبارت new Widget و فراخوانی به shared_ptr در یک عبارت جداگانه قرار دارند و تابع

priority در یک عبارت جدا، بنابراین کامپایلر اجازه ندارد که قبل از اجرای آن دو که در عبارت قبلی قرار دارند، تابع priority را صدا بزند.

7 Item 19: Treat class design as type design

در C++، همانند سایر زبان‌های برنامه‌نویسی شیءگرا، تعریف یک کلاس جدید به مثابه تعریف یک type جدید می‌باشد. بیشتر زمان شما به عنوان توسعه‌دهنده‌ی C++ صرف نوشتن و تغییر دادن type system ها خواهد شد.این بدین معنی است که شما تنها یک طراح کلاس نیستید، بلکه طراح type هستید. توابع سربارگذاری و اپراتورها، کنترل کردن تخصیص حافظه و رهاسازی حافظه، تعریف initialization شیء و finalization، این‌ها همه در دست شما خواهد بود. بنابراین باید رویکرد طراحی کلاس شما مشابه طراحی‌ای باشد که زبان C++ در مورد typeهای built-in رعایت می‌کند.

طراحی کلاس خوب یک کار پرچالش می‌باشد چرا که type های خوب پرچالش می‌باشد. typeهای خوب دارای یک syntax طبیعی هستند، دارای معنای بصری، و یک یا چندین پیاده‌سازی کارآمد دارند. در C++، یک طرح ضعیف باعث می‌شود که به هیچکدام از این هدف‌ها نرسیم. حتی ممکن است که کارآمدی توابع عضو کلاس نیز تحت تاثیر چگونگی این طراحی قرار بگیرد.

در این صورت این سوال مطرح است که آیا شما کلاس‌های کارآمدی رو طراحی می‌کنید یا خیر؟ در ابتدا، نیاز داریم که با مشکلاتی که در این راه روبه‌رو هستیم آشنا شویم. تقریبا در مورد هر کلاسی نیازمند هستیم که با سوالاتی که در ادامه خواهیم آورد روبه‌رو شوید، پاسخ‌هایی که به این سوالات میدهید ممکن است که طراحی شما را محدود کند.

- **چطور باید اشیاء با استفاده از new ساخته و نابود شوند؟** چگونگی این کار بر روی سازنده‌ی کلاس و مخرب کلاس تاثیر می‌گذارد، همچنین توابع تخصیص حافظه و رهاسازی آن نیز(new operator,operator new[],operator delete[],operator delete برای اطلاعات بیشتر فصل هشتم را مطالعه نمایید) مواردی هستند که در این سوال روی آن‌ها تاثیر گذاشته می‌شود.
- **بین initialization شیء با انتساب شیء چه تفاوتی باید وجود داشته باشد؟** پاسخی که به این سوال می‌دهیم، تفاوت سازنده‌ی کلاس و اپراتور انتساب را مشخص می‌کند. این خیلی مهم است که تفاوت بین initialization و assignment را درک کنیم، چرا که این‌ها دارای توابع متفاوتی هستند که فراخوانی می‌شود(برای این مورد آیتم را ببینید).

- **پاس دادن شیء کلاستان به صورت pass-by-value چه معنایی خواهد داشت؟** به یاد بیاورید، که کپی سازنده(copy constructor) این را مشخص میکرد که چطور pass-by-value برای یک type پیاده‌سازی می‌شود.
- **چه محدودیت‌هایی بر روی مقادیر قابل قبول روی این type جدید وجود دارد؟** معمولا، فقط برخی از ترکیب‌ها از مقادیر برای داده‌های عضو کلاس قابل قبول یا valid هستند. این ترکیب‌ها مشخص‌کننده‌ی تنوع کلاس شما بوده که شما باید آن را حفظ کنید. این تنوع مشخص کننده‌ی یک سری error checkingهایی بوده که باید در داخل توابع عضو بیاورید، مخصوصا در مورد سازنده‌ی کلاس ، اپراتور انتساب و توابع setter . همچنین این مورد تاثیر خود را بر روی exception هایی که توابع دارند نیز میگذارد.
- **آیا این type جدید منطبق بر روی گراف ارث‌بری می‌باشد؟** اگر شما کلاس را از یک کلاس موجود ارث‌بری کرده‌اید، در این صورت شما با طراحی‌ای که در آن کلاس‌ها شده محدود هستید، مخصوصا این که توابع آن ها به صورت virtual بوده یا نه(آیتم ۳۴ و ۳۶ را ببینید). اگر این اجازه را میدهید که کلاس‌های دیگر از کلاس شما ارث‌بری کنند، در این صورت این مورد روی این که توابع را به صورت virtual تعریف کنید تاثیر می‌گذارد، مخصوصا بر روی مخرب کلاس(آیتم ۷ را ببینید).
- **چه تبدیلاتی بر روی type شما اجازه داده شده؟** type شما در دریایی است که همه جور type در آن وجود دارد، بنابراین آیا باید بین type شما و سایر type ها یک تبدیل وجود داشته باشد؟ اگر دوست داشته باشید که اشیاء با نوع T1 بتوانند به صورت غیر صریح به اشیاء با نوع T2 تبدیل شوند، در این صورت باید یا یک تبدیل نوع در کلاس T1 داشته باشید(یعنی اپراتور T2) و یا یک سازنده‌ی غیرصریح در کلاس T2 داشته باشید که با یک آرگومان بتوان آن را فراخوانی کرد.

  اگر می‌خواهید که تنها تبدیلات صریح انجام شود، در این صورت باید یک تابع برای چنین تبدیلاتی بنویسید، ولی نیاز خواهید داشت که از تبدیل با operator و یا سازنده‌ی غیر صریح اجتناب کنید.(برای یک مثال برای هر دو تبدیل صریح و غیر صریح آیتم ۱۵ را ببینید).
- **چه اپراتورها و توابعی برای type جدید لازم است؟** پاسخی که به این سوال میدهیم تعیین کننده‌ی توابعی است که برای کلاس تعریف می‌کنیم. برخی توابع، توابع عضو خواهند بود، ولی برخی دیگر نه(آیتم ۲۳و ۲۴و ۴۶ را ببینید).
- **چه توابع استانداردی اجازه‌ی استفاده شدن ندارند؟** توابعی که به این صورت اجازه‌ی استفاده شدن ندارند باید به صورت private اعلان شوند(آیتم ۶ را ببینید).
- **چه کسانی اجازه‌ی دسترسی به اعضای کلاس را دارند؟** این سوال به شما کمک می‌کند تا بفهمید که کدام‌یک از اعضا به صورت public باید تعریف شوند و کدام یک به صورت private

بایستی تعریف شوند، و کدام یک باید به صورت protected تعریف شوند. همچنین این به شما کمک می‌کند تا بفهمید چه کلاس‌ها و یا توابعی بایستی دوست باشند، همچنین این که باعث می‌شود که یک کلاس را درون یک کلاس دیگر تعریف کنیم.

- **در مورد type جدید، چه چیزی interface undeclared می‌باشد؟** با داشتن کارآمدی خوب، امنیت استثناء(آیتم ۲۹)، و استفاده از منابع(یعنی lock ها و حافظه‌های داینامیک) چه نوع تضمینی را ارایه می‌دهد؟ ضمانتی که شما پیشنهاد می‌دهید ممکن است طراحی کلاس را محدود کند.
- **Type جدید شما چقدر جامع است؟** شاید شما واقعا یک type جدید را طراحی نمی‌کنید. شاید در حال تعریف کردن یک خانواده‌ای از type ها هستید. در این صورت، نیازی به تعریف یک کلاس جدید نیست، بلکه شما نیاز به یک کلاس template دارید.
- **آیا واقعا این type جدید چیزی است که نیاز دارید؟** اگر دارید یک کلاس جدید مشتق شده تعریف می‌کنید که تنها چند تابع به کلاس موجود اضافه کنید، شاید بهتر است که برای نیل به این هدف یک یا چند تابع غیر عضو و یا template تعریف کنید.

پاسخ دادن به این سوالات دشوار است، بنابراین تعریف کلاس‌های موثر و کارآمد یک کار چالش برانگیز می‌باشد. با این وجود، کلاس‌های تعریف شده توسط کاربر اگر به خوبی طراحی شوند می‌توانند به اندازه‌ی type های built-in خوب باشند، و این باعث می‌شود که همه‌ی این کارها ارزش خود را داشته باشد.

8 Item 20:Prefer pass-by-reference-to-const to pass-byvalue

به صورت پیش‌فرض، زبان C++ اشیاء را به صورت pass-by-value پاس میدهد(خصوصیتی که از زبان C به ارث برده شده است). مگر این که شما جور دیگری تعریف کنید. توابع با کپی کردن آرگومان‌های ورودی شروع به کار می‌کنند، و کسی که تابع را فراخوانی کرده یک کپی از خروجی تابع میگیرد. این کپی‌ها توسط سازنده‌ی کپی شیء تولید می‌شود. این می‌تونه pass-by-value رو به یک عملیات سنگین تبدیل کنه. به طور مثال، ساختار کلاسی زیر رو در نظر بگیرید.

```
class Person{
public:
   Person();
   virtual ~Person();   //parameters omitted for simplicity
                        //see Item7 for why this is virtual
private:
```

```
    std::string name;
    std::string address;
};
class Student:public Person{
public:
    Student();    //parameters again omitted
    virtual ~Student();

private:
    std::string schoolName;
    std::string schoolAddress;
};
```

حال کد زیر را در نظر بگیرید، که در آن ما تابع validateStudent را فراخوانی می‌کنیم، که این تابع به عنوان آرگومان Student را میگیرید(به صورت by value) و این که دانش‌آموز valid هست یا نه را برمیگرداند.

```
bool validateStudent(Student s);
Student plato;
bool platoOK=validateStudent(plato);
```

وقتی که این تابع صدا زده می‌شود چه اتفاقی می‌افتد؟

واضح است که copy constructor مربوط به Student صدا زده می‌شود تا پارامتر s توسط plato initialize شود. همچنین واضح است که، وقتی که validateStudent مقداری را return کند، s تخریب خواهد شد. بنابراین هزینه‌ای که برای پاس دادن پارامتر در این تابع می‌پردازیم، یک بار مربوط به کپی سازنده Student بوده و یک بار مربوط به مخرب کلاس Student می‌باشد.

ولی این تمام داستان نیست. شیء Student دو متغیر به صورت string نیز درون خود دارد، بنابراین هر موقع که یک شیء Student را می‌سازید، می‌بایست این دو متغیر string را نیز بسازید. یک شیء Student همچنین از شیء Person ارثبری می‌کند، بنابراین هر موقع که شما یک شیء از Student می‌سازید، همچنین یک شیء از Person نیز می‌سازید. یک شیء Person دارای دو string اضافه‌تر نیز درون خودش است. در نتیجه پاس دادن شیء Student به صورت value منجر به فراخوانی کپی سازنده Student می‌شود، و آن کپی سازنده Person را فراخوانی می‌کند، و این دو منجر به چهار فراخوانی به کپی سازنده string می‌شود. وقتی که یک کپی از Student تخریب می‌شود، هر سازنده، مخرب مربوط به خودش را صدا می‌زند، در این صورت هزینه‌ی کلی پاس دادن Student به صورت by-value شش سازنده و شش مخرب می‌باشد.

خب، تا اینجا این رفتار صحیح و مطلوب می‌باشد. در واقع ما می‌خواهیم که اشیاء ما به درستی initialize شوند و destroy شوند. در هر صورت، اگر راهی وجود داشته باشد که از شر همه‌ی این سازنده‌ها و مخرب‌ها راحت شوید، خیلی خوب می‌شود. و این راه خوشبختانه وجود دارد. پاس دادن به صورت refrence-to-const :

```
bool validateStudent(const Student& s);
```

استفاده از این روش خیلی موثرتر می‌باشد: هیچ سازنده و یا مخربی صدا زده نمی‌شود، چرا که هیچ شیء ای ساخته نمی‌شود. Const در اینجا پارامتر مهمی است. ورژن اصلی validateStudent پارامتر Student را به صورت by value میگیرد، در این صورت فراخوانی کننده می‌داند که متغیر پاس داده شده از هر نوع تغییری مصون است. ValidateStudent تنها قادر خواهد بود که تغییرات را بر روی کپی اعمال کند. حال که Student با رفرنس پاس داده شده، حتما باید آن را به صورت const تعریف کنیم، در غیر این صورت هر تغییری که validateStudent داده شود بر روی شیء اصلی نیز داده می‌شود.

همچنین پاس دادن پارامتر توسط رفرنس از مساله‌ی slicing نیز جلوگیری می‌کند. وقتی که یک کلاس مشتق شده به عنوان کلاس base به صورت by-value پاس داده می‌شود، کپی سازنده کلاس base فراخوانی می‌شود، و ویژگی خاصی که باعث می‌شود که شی همانند کلاس مشتق شده رفتار کند را slicing می‌گوییم. در این مورد مثال تا حدود زیادی کوچک است. به طور مثال فرض کنید که بر روی مجموعه‌ای از کلاس‌ها برای پیاده‌سازی یک پنجره‌ی گرافیکی کار می‌کنید:

```
class Window{
public:
    ....
    std::string name() const;        //return name of windows
    virtual void display() const;    //draw window and contents
};
class WindowWithScrollBars:public Window{
public:
    ....
    virtual void display() const;
};
```

همه‌ی پنجره‌ها دارای نام بوده، که می‌توانید توسط تابع name به این نام دسترسی پیدا کنید، و همه‌ی پنجره‌ها قابلیت نمایش داده شدن هستند، که می‌توانید با استفاده از تابع display پنجره مربوطه را نمایش دهید. این حقیقت که display به صورت virtual هست نشان میدهد که راهی که برای نمایش یک پنجره عادی داریم، متفاوت از راهی است که برای نمایش یک پنجره با اسکرول داریم.(آیتم ۳۴ و ۳۶ را ببینید).

حال فرض کنید که می‌خواید یک تابع بنویسید که نام پنجره را چاپ کند و سپس آن را نمایش دهد. در اینجا یک راه غلط برای نوشتن چنین تابعی را نشان میدهیم.

```
void printNameAndDisplay(Window w) //incorrect ! parameter may be sliced
{
  std::cout<<w.name();
  w.display();
}
```

حال بیایید ببینیم چه اتفاقی می‌افتد اگر این تابع را با یک شیء WindowWithScrollBars فراخوانی بکنیم:

```
  WindowWithScrollBars wwsb;
  printNameAndDisplay(wwsb);
```

پارامتر w به عنوان یک شیء Window ساخته می‌شود(چون به صورت pass-by-value پاس داده شده)- و همه‌ی اطلاعاتی که باعث میشد که wwsb به عنوان یک شیء Window-WithScrollBars شناخته شود نیز از بین می‌روند. در واقع داخل تابع PrintNameAndDisplay، شیء w به عنوان کلاس Window عمل می‌کند(چرا که این شیء از کلاس Window ساخته می‌شود)، و ارتباطی به این ندارد که چه شیءای به تابع پاس داده شده است. به طور خاص، فراخوانی کردن تابع display درون تابع printNameAndDisplay همیشه منجر به فراخوانی Window::display می‌شود، و هرگز windowWithScrollBar::display فراخوانی نمی‌شود.

راهی که برای جلوگیری از slicing وجود دارد پاس دادن w به صورت refrence-to-const می‌باشد.

```
void printNameAndDisplay(const Window& w) //parameter won't be sliced
{
  std::cout<<w.name();
  w.display();
}
```

در این حالت w به همان نحوی که پاس داده شده عمل می‌کند.

اگر یک کامپایلر C++ را بررسی کنید، متوجه خواهید شد که رفرنس‌ها معمولا توسط اشاره‌گرها پیاده‌سازی می‌شوند، بنابراین پاس دادن یک چیز با استفاده از رفرنس معمولا به معنای پاس دادن با استفاده از اشاره‌گر می‌باشد.به عنوان نتیجه، اگر یک شیء از نوع built-in داشته باشید(مثلا int)، معمولا پاس دادن آن به صورت pass-by-value دارای پرفرمنس بهتری از پاس دادن به صورت refrence می‌باشد. این منطق در مورد iterators و توابعی که در STL وجود دارند نیز صادق است. چرا که، این‌ها ساخته شده‌اند تا به صورت pass-by-value پاس داده شوند. کسانی که iterators ها و توابع شیء را پیاده‌سازی

کرده‌اند مسوول این هستند که پرفرمنس کپی را برعهده بگیرند و منتج به slicing نشود.(این یک مثال در مورد شرایطی است که قوانین تغییر می‌کنند آیتم ۱ را ببینید).

نوع‌های built-in کوچک هستند، و به خاطر همین مردم نتیجه‌گیری می‌کنند که typeهای کوچک برای pass-by-value گزینه‌ی مناسبی هستند. این دلیل خوبی نیست که چون یک شیء کوچک است، بخواهیم از pass-by-value استفاده کنیم و کپی سازنده پرهزینه نخواهد بود. بسیاری از اشیاء(STL containers) کوچکتر از یک اشاره‌گر بوده، ولی کپی کردن چنین اشیایی منتج به کپی شدن همه‌ی چیزی که این container ها دارد می‌شود. که می‌تواند خیلی پرهزینه باشد.

حتی اگر اشیای کوچک دارای کپی سازنده پرهزینه‌ای نباشد، باز هم ممکن است مشکلات پرفرمنسی داشته باشیم. برخی از کامپایلرها با نوع‌های built-in و user-defined متفاوت برخورد می‌کنند، حتی اگر به یک نحو تعریف شده باشند. به طور مثال، برخی کامپایلرها از قرار دادن یک شیء که تنها یک double دارد روی یک رجیستر ممانعت می‌کنند، حتی اگر برنامه‌نویس تنها یک double خالی را استفاده کرده باشد. وقتی که چنین اتفاقی می‌افتد بهتر است که شیء را با رفرنس پاس بدهیم، چرا که کامپایلر تنها از اشاره‌گر به رجیسترها استفاده می‌کند.

یک دلیل دیگر برای این که تایپ‌های user-defined برای pass-by-value مناسب نیستند، این هست که این تایپ‌ها معمولا ممکن است که اندازه‌شان تغییر کند. یک تایپ که الان کوچک است ممکن است در آینده بزرگتر شود، چرا که ممکن است پیاده‌سازی درونی آن تغییر کند. حتی این مورد ممکن است با تغییر به یک پیاده‌سازی دیگر از C++ نیز تفاوت پیدا کند. همین الان که من این کتاب را می‌نویسم، برخی از پیاده‌سازی‌های string در کتابخانه‌ی استاندارد، هفت برابر پیاده‌سازی‌های دیگر است.

به طور کلی، تنها تایپ‌هایی که برای pass-by-value مناسب هستند، تایپ‌های built-in و STL iterator و توابع شیء هستند. برای هر چیز دیگری، از پیشنهادی که در این آیتم دادیم استفاده کنید و آن‌ها را به صورت pass-by-reference-to-const جابه‌جا کنید.

9 Item 21: Don't try to return a reference when you must return an object

به محض این که برنامه‌نویسان متوجه عواقب ناخوشآیند استفاده از pass-by-value می‌شوند(آیتم ۲۰ را ببینید)، خیلی‌ها حالت ستیزه‌جویی گرفته، و ریشه‌های همه‌ی بدی‌ها را در pass-by-value می‌بینند حتی اگر چنین چیزی مخفی باشد. و به صورت سخت‌گیرانه‌ای از pass-by-refrence استفاده می‌کنند، و ممکن

است که مرتکب یک اشتباه خیلی بد شوند: این برنامه‌نویس‌ها شروع به پاس دادن رفرنس‌ها بـه اشـیایی می‌کنند که وجود خارجی ندارند و این چیز خوبی نیست.

یک کلاس را در نظر بگیرید که برای بیان اعداد کسری استفاده می‌شود، که شامل یک تابع بـرای ضـرب دو عدد کسری در هم هست.

```
class Rational{
public:
   Rational(int numerator=0,
         int denominator=1);  //see Item 24 for why this ctor isn't declared explicit

private:
   int n,d;   //numerator and denominator

   friend const Rational operator*(const Rational& lhs,const Rational& rhs);
};
```

این اپراتور * نتیجه را به صورت by value برمیگرداند، و اگـر شـما بـه هـزینه‌ای کـه این construction و destruction دارد توجهی نکنید، از وظیفه‌ی حرفه‌ای خـود شـانه خـالی کرده‌ایـد. شـما نمی‌خواهیـد کـه هزینه‌ای بابت این شیء بپردازید. بنابراین این سوال پیش میآید: آیا نیاز داریم تا این هزینـه را پـرداخت کنیم؟

خب، ما مجبور به چنین کاری نیستیم، و می‌توانیم یک رفرنس برگردانیم، ولی در خاطر داشته باشید که refrence تنها یک نام به شیء موجود می‌باشد. وقتی که شما یک تعریـف بـرای یـک رفـرنس می‌بینیـد، سریعا باید از خودتان بپرسید که نام دیگر آن چیست؟ چرا که باید نـام دیگـری وجـود داشـته باشـد. در مورد اپراتور *، اگر قرار باشد که یک رفرنس برگردونیم، باید این رفرنس به یک شـیء Rationalای باشـد که در حال حاظر موجود است.

نمی‌توان انتظار داشت که چنین شیءای قبل از اپراتور * وجود داشته باشد.

```
Rational a(1,2);   //  a=1/2
Rational b(3,5);   //  b=3/5
Rational c=a*b;    //  c should be 3/10
```

به نظر غیر منطقی میآید که انتظار داشته باشیم که یک دفعه یک عدد کسری با مقدار سه دهم به وجود بیاید. اگر اپراتور * یک رفرنس به همچین عددی را برگرداند، در این صورت خـود اپراتـور بایـد شـیء را بسازد.

یک تابع می‌تواند یک شیء جدید را به دو روش بسازد: بر روی stack و یا بر روی heap. ساختن بر روی stack با ساختن یک متغیر local هموار می‌شود. با استفاده از این استراتژی، ممکن است که تلاش کنید operator* را به صورت زیر بنویسید:

```
const Rational& operator*(const Rational& lhs,  //warning, bad code
                          const Rational& rhs)
{
  Rational result(lhs.n*rhs.n, lhs.d*rhs.d);
  return result;
}
```

می‌توانید این روش را از ذهنتان بیرون بیاندازید، چرا که هدف شما جلوگیری از فراخوانی سازنده بود، و result مشابه هر شیء دیگری تابع سازنده را فراخوانی خواهد کرد. یک مشکل خیلی مهم‌تر دیگه در مورد این کد این هست که این تابع یک رفرنس به result برمیگرداند، ولی result یک متغیر local بوده، و اشیاء محلی پس از خروج از تابع نابود می‌شود. در واقع این ورژن از operator*، یک رفرنس به Rational برنمیگرداند(بلکه یک رفرنس به Rational ای برمیگرداند که دیگر وجود ندارد و خالی است. هر فراخوانی‌ای که به این تابع صورت بگیرد سریعا وارد دنیای undefined bahavior خواهد شد).

اجازه دهید که امکان ساخت یک شیء بر روی heap را مورد بررسی قرار دهیم. اشیاء heap-based با استفاده از new می‌توانند ساخته شوند، بنابراین شاید نیاز داشته باشیم که operator* مان را به صورت heap-based و به صورت زیر بنویسیم.

```
const Rational& operator*(const Rational& lhs,  //warning, more bad code
                          const Rational& rhs)
{
  Rational *result=new Rational(lhs.n*rhs.n, lhs.d*rhs.d);
  return *result;
}
```

خب، در این مورد دوباره ما نیاز داریم که در مورد سازنده‌ی کلاس نیز تمهیداتی را انجام دهیم، چرا که حافظه‌ای که توسط new مقداردهی اولیه شده یک سازنده‌ی نامناسب را فراخوانی خواهد کرد، اما در حال حاظر ما یک مشکل دیگری نیز داریم: چه کسی مسوول delete کردن شیء خواهد بود که با استفاده از new ساخته ایم؟

حتی اگر کسی که از این تابع استفاده می‌کند فرد دقیقی باشد، باز هم اطمینانی وجود ندارد که بتواند در مواردی مثل حالت زیر از نشت حافظه جلوگیری کند:

```
Rational w,x,y,z;
w = x * y * z;
```

در اینجا، دو فراخوانی به operator* وجود دارد، بنابراین دو بار استفاده از new نیاز دارد که توسط delete کنسل بشه. باز هم دلیلی وجود ندارد که کاربران operator* بتوانند از delete در این مورد استفاده کنند، چرا که هیچ روشی وجود ندارد که بتوانند به اشاره‌گرهایی که در پشت صحنه هست دسترسی داشته باشند. قطعا این به یک نشت حافظه منجر خواهد شد.

قطعا متوجه شدید که هم رویکرد stack based و heap based مجبور به فراخوانی سازنده‌ی کلاس برای برگرداندن نتیجه هستند. احتمالا به یاد دارید که هدف اولیه‌ی ما جلوگیری از فراخوانی به سازنده‌ی کلاس بود. شاید فکر کنید که راهی رو بلدید که تنها به یک فراخوانی اجازه ساختن بده. شاید چنین پیاده‌سازی‌ای به ذهنتون رسیده، یک پیاده‌سازی بر اساس operator* که یک رفرنس به شیء Rational که به صورت static است برمیگرداند:

```
const Rational& operator*(const Rational& lhs,  //warning,yet more bad code
                          const Rational& rhs)
{
   static Rational result; //static object to which a refrence will be returned
   result=...
   return result;
}
```

مثل همه‌ی طراحی‌هایی که از static استفاده می‌کنند، سریعا منجر به داشتن hackless thread-safety می‌شویم، ولی دقیقا همین مورد نقطه ضعف برنامه محسوب می‌شود. بگذارید جزیی‌تر به این قضیه نگاه کنیم، یک کد کاملا منطقی که توسط کاربر نوشته شده را ببینید:

```
bool operator==(const Rational& lhs,
                const Rational& rhs);
Rational a,b,c,d;

if((a*b)==(c*d))
{

}
else
{

}
```

حدس بزنید چه اتفاقی می‌افتد!! عبارت a*b==c*d همواره درست است، و این ربطی به مقـادیر a,b,c و d نخواهد داشت! این اتفاق خیلی واضح است .

خب تا اینجا احتمالا قانع شدید که برگرداندن رفرنس از تابعی ماننـد operator* تنهـا وقت تلـف کـردن حساب میشه، اما شاید برخی از شماها الان به این فکر می‌کنه که اگـه اسـتفاده از static کـافی نیسـت، احتمالا یک آرایه‌ی static می‌تونه پاسخگو باشه...

من نمی‌تونم این مورد رو با کد توضیح بدم، ولی می‌تونم توضیح بدم کـه چـنین طـرحی می‌تونـه بـاعث شرمندگی شما بشه. اول این که، شما باید n را که سایز آرایه است را انتخاب کنید. اگـر n خیلی کوچـک باشد، در این صورت ممکن است جایی برای ذخیره کردن مقادیر برگردان شده از تابع نداشته باشید و بـا همون مشکلی مواجه بشید که وقتی ما یک تک static داشتیم. اما اگر n خیلی بزرگ انتخاب بشـه، شـما دارید پرفرمنس برنامه‌تان را کاهش میدهید، چرا که هر شیء در داخل آرایه بایستی وقتی کـه اولین بـار که تابع صدا زده میشه، ساخته بشه. در این صورت این به شما هزینه‌ی n سازنده و n مخرب رو تحمیـل می‌کنه. و در نهایت به این فکر بکنید که چطور میخواید هر شیء رو در داخل آرایـه فـرار بدهیـد و چـه هزینه‌ای را بر شما وارد خواهد کرد. مستقیم‌ترین راه برای جابه‌جایی یـک متغـیر بین اشـیاء اسـتفاده از انتساب است، ولی انتساب چه هزینه‌ای را خواهد داشت؟ بـرای بیشـتر تایپ‌هـا، هماننـد صـدا زدن یـک مخرب هست(برای کپی کردن value new) . ولی هدف شما این بود که هزینه‌ی ساختن و مخـرب رو از بین ببرید! بیایید با خودمان صادق باشیم! این روش قرار نیست کار کند.

بهترین راه برای انجام چنین کـاری نوشـتن یـک تـابع اسـت کـه یـک شـیء جدیـد را برگردانـد. بـرای operator* این بدین معنی است که کد زیر را بنویسیم.

```
inline const Rational operator*(const Rational& lhs,
                                const Rational& rhs)
{
  return Rational(lhs.n * rhs.n, lhs.d * rhs.d);
}
```

قطعا، شاید شما نگران هزینه‌ی ساختن و تخریب توسط operator* باشید، ولی در طولانی مدت، این یک هزینه‌ی کوچک برای رفتار درست می‌باشد. به علاوه، ممکن است چیزی که ممکن اسـت خیلی شـما را میترساند هرگز اتفاق نیفتد. مانند همه‌ی زبان‌های برنامه‌نویسی، C++ به کامپایلر این اجازه را میدهد کـه برخی optimization ها را برای افزایش پرفرمنس کد اعمال کند. و در بـرخی مـوارد سـازنده و مخـرب * operator توسط کامپایلر حذف می‌شود. وقتی که کامپایلر این موضوع را برعهده میگیرید، برنـامه‌ی شـما درست به همان صورتی که قرار است اجـرا می‌شـود، و سـریع‌تر از چـیزی کـه انتظـارش را داریـد اجـرا می‌شود.

این را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد: وقتی که دارید به این فکر می‌کنید که یک رفرنس را برگردانید و یا خود شیء را ، وظیفه‌ی شما این است که در وهله‌ی اول کدی را بنویسید که رفتار درستی داشته باشد. اجازه دهید که کامپایلر در مورد این که چطور بقیه‌ی موارد رو حل کند تصمیم بگیرد.

10 Item 22: Declare data members private

خب، قصد ما از این آیتم این است که نشان بدهیم چرا نباید اعضای داده‌ای به صورت public باشند. در ادامه خواهیم دید که همه‌ی مباحثی که در مورد اعضا داده‌ای public وجود دارد روی protected ها هم به همین نحو است. این منجر به این استنباط خواهد شد که اعضا داده‌ای باید به صورت private باشند. و در این نقطه آیتم تمام خواهد شد.

خب، اعضاء داده‌ای public چرا نباید استفاده شود؟

بیایید با syntactic consistency شروع کنیم(همچنین آیتم ۱۸ را ببینید). اگر اعضاء داده‌ای public نباشند، تنها راه برای دسترسی به اعضا داده‌ای از طریق توابع عضو می‌باشد. اگر همه‌چیز در قسمت public به صورت تابع باشد، کاربران نیازی به یادآوری این موضوع ندارند که کی باید از پرانتز باید برای دسترسی به عضو کلاس استفاده کنند. وقتی همه چیز تابع باشد، خب برای آن‌ها ساده‌تر خواهد بود.

خب شاید شما syntactic consistency رو دلیل مناسبی برای انجام این کار ندانید. این چطور است که با استفاده از توابع شما یک کنترل خیلی دقیق‌تر روی دسترسی داده‌ها دارید؟ اگر یک عضو را به صورت public تعریف کنید، هر کسی دسترسی read-write روی آن خواهد داشت، ولی اگر از توابع برای گرفتن مقدار و نشاندن مقدار استفاده کنید، می‌توانید چنین دسترسی‌ای را ندهید، تنها دسترسی خواندن بدهید و یا تنها دسترسی نوشتن بدهید. در یک مثال در این مورد را زده‌ایم:

```
class AccessLevels{
public:
   int   getReadOnly() const        {return readOnly;}
   void setReadWrite(int value)     {readWrite=value;}
   int   getReadWrite() const       {return readWrite};
   void setWriteOnly(int value)     {writeOnly=value;}

private:
   int noAccess;   //no access to this int
   int readOnly;   // read only access
   int readWrite;
```

```
    int writeOnly;
};
```

مشخص کردن دسترسی‌ها به این صورت خیلی مهم است، چرا کـه خیلی از اعضـای داده‌ای بایـد مخفی باشند. خیلی نادر است که همه‌ی اعضای داده‌ای نیاز به getter و setter داشته باشد. هنـوز راضـی کننـده نیست؟ پس نیاز داریم که قوی‌ترین دلیلمون رو بیاریم: کپسوله‌سازی. اگر شما دسترسی بـه داده‌هـا را از طریق محاسبات انجام بدهید، بعدا می‌تونید داده‌ها را محاسبات جایگزین‌کنید.

به طور مثال، فرض کنید که در حال نوشتن یک برنامه هستید کـه یـک ابـزار هوشـمند در حـال رصـد سرعت ماشین‌های عبوری است. وقتی که یک ماشین عبور می‌کند، سرعتش محاسبه شده و مقدارش به مجموعه‌ای که الان داریم اضافه می‌شود.

```
class SpeedDataCollection
{
public:
    void addValue(int speed);    //add a new value

    double averageSoFar() const;   //return average speed
};
```

حال پیاده‌سازی تابع عضو averageSoFar را ببینید. یک روش برای پیاده‌سـازی آن اسـت کـه یـک عضـو داده‌ای داشته باشیم که میانگین تمام ماشین‌های عبوری تا آن لحظه را جمع‌آوری کرده باشد. وقتی کـه averageSoFar فراخوانی می‌شود، تنها آن مقدار از داده‌ی عضو را برگرداند. یک رویکرد متفاوت این اسـت که هر موقع averageSoFar فراخوانی می‌شود، نتیجه در داخل آن محاسبه شده.

رویکرد اول(یعنی نگه‌داری average ها) منجر به بزرگ شدن کلاس SpeedDataCollection می‌شـود، چـرا که باید برای اعضای داده‌ای جا رزرو کند که سرعت میانگین در آن قرار بگـیرد. اگـر چـه، averageSoFar می‌تواند خیلی موثرتر طراحی شود. در واقع آن یـک تـابع iniline (آیتم ۳۰ را ببینیـد)اسـت کـه مقـدار average را برمیگرداند. در مقابل، محاسبه‌ی هر باره‌ی average ممکن است اجرای کد را کندتر کنـد، امـا شیء کلاس SpeedDataCollection کوچکتر خواهد شد.

چه کسی می‌تواند بگوید کدام یکی بهتر است؟ روی یک سیستمی کـه حافظـه محـدود اسـت(مثلا یـک سیستم امبدد)، و روی سیستمی که سرعت میانگین خیلی کم درخواست می‌شود، محاسـبه‌ی میـانگین در هر بار بهتر است. ولی در سیستمی که میانگین دایما مورد نیاز است، و حافظه اصلا مهم نیسـت، نگـه داشتن این سرعت‌ها در حافظه گزینه‌ی مناسب‌تری است. نکته‌ی مهم این است که دسترسی به average توسط تابع عضو(یعنی کپسوله‌سازی)، باعث می‌شود بتوانید بـه راحـتی بین این دو پیاده‌سـازی جابه‌جـا

شوید. و مشتری می‌تواند، نهایتا، کد را دوباره کامپایل کند(حتی این را هم می‌توانیم با استفاده از تکنیکی که در آیتم ۳۱ میگوییم مرتفع کنیم.)

مخفی کردن داده‌های عضو پشت اینترفیس توابعی می‌تواند انعطاف‌پذیری زیادی را به ما بدهد. به طور مثال، این باعث می‌شود که اشیاء دیگر متوجه شوند که اعضای داده‌ای خوانده و یا نوشته می‌شوند، که برای سنکرون کردن پروسه‌های مولتی ترد و ... کاربرد دارد. برنامه‌نویس‌هایی که از زبانی مثل Delphi و یا C# به زبان C++ می‌آیند چنین قابلیتی را تحت عنوان properties می‌شناسند.

دلیل استفاده از کپسوله‌سازی خیلی مهم‌تر از چیزی است که در نگاه اول به نظر میرسد. اگر شما داده‌تان را از مشتری‌ها مخفی کنید(یعنی آن‌ها را کپسوله کنید)، می‌توانید اطمینان داشته باشید که گونه‌های مختلف کلاس همیشه قابل نگه‌داری است، چرا که تنها توابع عضو می‌توانند روی آن‌ها تاثیر بگذارد. به علاوه، شما حق این که پیاده‌سازی خودتان را بعدا تغییر بدهید را نیز نگه داشته‌اید. اگر شما چنین تصمیماتی را مخفی نکنید، با این وجود که شما صاحب سورس کد هستید، توانایی شما برای تغییر چیزی به صورت public خیلی محدود شده است. چرا که کد خیلی از مشتری‌ها در این حالت خراب خواهد شد. Public یعنی کپسوله نشده، و به صورت عملی، کپسوله نشده مشابه غیرقابل تغییر است، مخصوصا برای کلاس‌هایی که به صورت گسترده استفاده می‌شود.

همین بحث در مورد داده‌های protected نیز مشابه است. ولی در مورد کپسوله‌سازی چی؟ آیا متغیرهای protected بیشتر از نوع public کپسوله‌شده نیستند؟ پاسخ این سوال نه است!!!

آیتم ۲۳ نشان میدهد که چیزی که کپسوله شده یک رابطه‌ی معکوس با مقدارکدی دارد که در صورت تغییر دادن خراب می‌شود. بنابراین کپسوله‌سازی یک داده‌ی عضو، یک رابطه‌ی معکوس با میزان کدی دارد که در صورت تغییر داده‌ی عضو خراب می‌شود.

در نظر بگیرید که ما یک عضو داده‌ی public داریم، و آن را حذف کرده‌ایم. چه میزان از کد خراب می‌شود؟ همه‌ی کد مشتری که از آن استفاده می‌کند ممکن است خراب شده باشد. بنابراین داده‌ی عضو public کاملا کپسوله نشده می‌باشد. فرض کنید که یک داده‌ی عضو protected داریم و آن را حذف می‌کنیم چه میزان از کد خراب می‌شود؟ همه‌ی کلاس‌های مشتق شدده که از آن استفاده می‌کنند، که در این صورت هم مقدار زیادی کد خراب می‌شود.

بنابراین داده‌ی عضو protected نیز به میزان متغیر public، کپسوله نشده می‌باشد. چرا که در هر دو حالت، اگر متغیر عضو تغییر کند، یک میزان زیادی کد از مشتری خراب می‌شود.

11 Item 23: Prefer non-member non-friend functions to member functions

یک کلاس را در نظر بگیرید که برای کار با یک web browsers استفاده می‌شود. در میان توابع بیشماری که چنین کلاسی باید داشته باشد، برخی از این توابع مانند پاک کردن کش ، پاک کردن تاریخچه مشاهدات، و پاک کردن همه‌ی کوکی‌ها از سیستم است.

```
class WebBrowser {
public:
   void clearCache();
   void clearHistory();
   void removeCookies();
   ....
};
```

بسیاری از کاربران دوست دارند که چنین کاری رو با همدیگه انجام بدهند، بنابراین WebBrowser باید چنین تابعی رو هم پیشنهاد بده:

```
class WebBrowser {
public:
   ....
   void clearEverything();
   ....
};
```

البته که چنین تابعی می‌تواند به صورت یک تابع غیر عضو تعریف شود که توابع مناسب را فراخوانی کند.

```
void clearBrowser(WebBrowser& wb)
{
   wb.clearCache();
   wb.clearHistory();
   wb.removeCookies();
}
```

خب کدام یکی بهتره؟ تابع عضو clearEverything و یا تابع غیر عضو clearBrowser ؟

طبق قواعد شیءگرایی که می‌گوید داده و توابع باید به همدیگر متصل شوند، و این پیشنهاد می‌دهد که تابع عضو انتخاب عاقلانه‌تری است. متاسفانه، چنین پیشنهادی اشتباه می‌باشد. در واقع این پیشنهاد به

خاطر درست نفهمیدن معنای شیء گرایی است. قواعد شیءگرایی اشاره دارد کـه داده‌هـا تـا جـایی کـه امکان دارد باید کپسوله شوند. و تابع عضو clearEverything در واقع منجر به کپسوله‌سازی کمتری از تابع غیرعضو clearBrowser می‌شود. به علاوه، پیشنهاد تابع غیر عضو باعث افزایش انعطاف‌پذیری بـرای توابـع مربوط به webBrowser می‌شـود، و بـاعث کـاهش وابسـتگی‌ها در زمـان کامپایـل شـده و توسـعه‌پذیری webBrowser را افزایش میدهد. بنابراین رویکرد تابع غیر عضو، بهتر از تابع عضو می‌باشد. این مهم اسـت که دلیل آن را بدانیم.

ما با کپسوله‌سازی شروع می‌کنیم. اگر چیزی کپسوله شود، در واقع آن چیز از مشـاهده مسـتقیم مخفی شده است. هر چقدر که چیزی بیشتر کپسوله شود، چیزهـای کمـتری از آن دیـده می‌شـود. هـر چقـدر چیزهای کمتری دیده شود، با انعطاف پذیری بیشتری می‌توانیم آن را تغییر دهیم، چرا که تغییراتی کـه ما میدهیم به صورت مستقیم توسط کسی دیده نمی‌شود. هر چقدر چـیزی را بـه خـوبی کپسـوله کـرده باشیم، در نتیجه بیشترین توانایی را برای تغییر دادن آن را داریم. و این دلیل آن است که کپسوله‌سـازی حایز ارزش است: کپسوله‌سازی به ما انعطاف‌پذیری لازم برای تغییر دادن کد را میدهـد و کـاربران خیلی محدودی تحت تاثیر این تغییر قرار میگیرند.

فرض کنید که داده همراه با کلاس قرار گرفته است. هر چقدر کد کمتری بتواند این داده را ببیند(یعـنی به آن دسترسی داشته باشد)، آن داده بیشـتر کپسـوله شـده اسـت، و مـا بـا آزادی بیشـتری می‌تـوانیم خصوصیات داده‌ای آن شیء را تغییر دهیم، مثل اعضای داده‌ای، نوع شان و غیره. برای یـک انـدازه‌گیری سرانگشتی برای این که بدانیم چه میزان از کد می‌تواند یک تکه داده را ببینید، می‌توانیم تعـداد تـوابعی که می‌تواند به آن داده دسترسی داشته باشد را بشماریم: هر چقدر توابع بیشتری به آن دسترسی داشـته باشد، میزان کپسوله بودن داده کمتر است.

آیتم ۲۲ توضیح داد که داده‌ی عضو باید به صورت private باشد، چـرا کـه اگـر این طـور نباشـند، توابـع نامحدودی می‌توانند به این داده‌ها دسترسی داشته باشـند و این یعـنی هیچگونـه کپسوله‌سـازی وجـود ندارد. برای داده‌های عضوی که خصوصی هستند، تعداد توابعی که دسترسی به آن‌ها دارند، برابر با تعـداد توابع عضو کلاس بعلاوه‌ی توابع دوست هستند، از آنجایی که تنهـا توابـع عضـو و دوسـت دسترسـی بـه داده‌های خصوصی دارند. انتخاب بین توابع عضو(که نه تنها به داده‌های خصوصی کلاس دسترسی دارنـد، بلکه به توابع خصوصی، enum ها و typedefs ها نیز دسترسی دارند) و توابع غیر عضو غیر دوست (کـه بـه هیچکدام از این‌ها دسترسی ندارند) که همین کـار را بـرای مـا انجـام میدهـد، منجـر بـه کپسوله‌سـازی بیشتری می‌شود، چرا که تعداد تـوابعی کـه بـه داده‌هـای خصوصـی کلاس دسترسـی دارنـد را افـزایش نمیدهد. این نشان میدهد که چرا clearBrowser (تابع غیر-عضو و غیر-دوست) بـه تـابع clearEverything ارجحیت دارد: چرا که منجر به کپسوله‌سازی بیشتری برای کلاس می‌شود.

در این نقطه، دو نکته حایز اهمیت است. اول این که، این دلیل تنها بر روی توابع غیر عضو و غیر دوست قابل اعمال است. توابع دوست دسترسی مشابه با تابع عضو به داده‌های خصوصی کلاس دارند. از نقطه نظر کپسوله‌سازی، انتخاب بین تابع عضو و غیر عضو نیست، بلکه انتخاب بین توابع عضو و توابع غیر عضو غیر دوست می‌باشد.

نکته‌ی دومی که باید به آن اشاره کنیم این است که چون گفتیم که تابع باید غیر عضو کلاس باشد، به این معنی نیست که نمی‌تواند تابع عضو یک کلاس دیگر نباشد. این ممکن است یک اثبات خفیف برای کسانی باشند که از زبان‌هایی استفاده می‌کنند که همه‌ی توابع باید به صورت کلاس باشند(مثل Eiffel ، Java و C#). به طور مثال، ما می‌توانیم clearBrowser را به صورت یک عضو static از یک کلاس ابزاری تعریف کنیم. تا وقتی که عضوی(یا دوستی) از WebBrowser نباشد، تاثیری روی کپسوله‌سازی داده‌های خصوصی WebBrowser نخواهد داشت. در C++ ، یک راه حل طبیعی این است که clearBrowser را به صورت یک تابع غیر عضو با فضای نام WebBrowser تعریف کنیم.

```
namespace WebBrowserStuff {
class WebBrowser {  };
void clearBrowser(WebBrowser& wb)
{  }
}
```

در اینجا ما از یک چیز طبیعی خیلی فراتر رفته‌ایم، البته که namespace برخلاف class ها می‌تواند در چندین سورس فایل پخش شود. این خیلی مهم است، چرا که توابعی مانند clearBrowser به عنوان توابع راحتی شناخته می‌شوند. این که نه تابع عضو هستند و نه تابع دوست، این بدین معنی است که هیچ‌گونه دسترسی خاصی به WebBrowser ندارند، بنابراین نمی‌توانند چیزی را ارایه دهند که مشتری نتواند به تنهایی از یک راه دیگر استفاده کند. به طور مثال، اگر clearBrowser نبود، مشتری می‌تونست به راحتی توابع clearCache و clearHistory و removeCookies را خودش صدا بزند.

یک کلاس مانند WebBrowser ممکن است که توابع راحتی خیلی زیادی داشته باشد، برخی مرتبط با bookmark ها باشد، برخی مرتبط با printing و برخی دیگر برای مدیریت کوکی ها و غیره. به عنوان یک قاعده‌ی کلی، بیشتر مشتری‌ها، علاقه‌مند به تنها برخی از این توابع راحتی هستند. و دلیلی وجود ندارد که یک مشتری تنها به مسایل bookmark علاقه داشته باشد. یک راه حل مستقیم برای این موضوع این است که توابع مرتبط با bookmark را در یک header file جداگانه بنویسیم، و توابع راحتی cookie-related رو در یک هدر فایل جداگانه قرار دهیم و به همین صورت همه چیز را از هم جدا کنیم:

```
//header "webbrowser.h" -- header for class webBrowser itself
//as well as "core" WebBrowser-releated functionality
namespace WebBrowserStuff {
```

```
class WebBrowser {  };
....                              //"core" releated functionality,e.g.
                                  //non-member functions almost all clients need
}

//header "webbrowserbookmark.h"
namespace WebBrowserStuff {
                  //bookmark-related convenience functions
}

//header "webbrowsercookies.h"
namespace WebBrowserStuff {
                  //cookie-releated convenience functions
}
```

توجه داشته باشید که این دقیقا راهی است که کتابخانه‌ی استاندارد C++ توسط آن مدیریت می‌شود. به جای آن که یک فایل هدر تنها <Standard library> داشته باشیم، هزاران هدر داریم (vector,algorititham, memory) داریم که همه در namespace std قرار گرفته‌اند. مشتری‌هایی که تنها نیاز به کاربردهای vectorای دارند نیازی به اضافه کردن هدر memory ندارند، و کاربرانی که نیازی به list ندارند، مجبور نیستند هدر list را اضافه کنند. این به کاربران اجازه میدهد که تنها بخش‌هایی را کامپایل کنند که نیاز دارند.(آیتم ۳۱ را برای بحث در مورد راه‌های دیگری که برای کاهش وابستگی در کامپایل تایم استفاده می‌شود، را ببینید). تقسیم کردن تابع‌ها به این صورت وقتی که تابع عضو باشد امکان‌پذیر نیست، چرا که یک کلاس باید به صورت یکجا تعریف شود و امکان تقسیم کردن آن وجود ندارد.

قرار دادن همه‌ی توابع راحتی در چندین هدر فایل(با یک فضای نام)- به این معنی است که کاربر نیز می‌تواند مجموعه‌ای از توابع راحتی را اضافه کند. همه‌ی چیزی که نیاز دارند انجام بدهند این است که توابع غیر عضو و غیر دوست را به فضای نام اضافه کنند. به طور مثال، اگر یک کاربر WebBrowser بخواهد توابع راحتی‌ای بنویسید که مرتبط با دانلود عکس‌ها باشد، او تنها نیاز خواهد داشت که یک هدر فایل اضافه کند که این توابع در فضای نام WebBrowserStuff تعریف شده باشد. توابع جدید حال در دستری خواهند بود و همراه با همه‌ی توابع راحتی دیگر شده است. این یک ویژگی دیگری است که کلاس نمی‌تواند چنین چیزی را داشته باشد، چرا که تعاریف کلاس را کاربر نمی‌تواند تغییر بدهد. البته که، کاربران می‌توانند کلاس‌های مشتق شده داشته باشند، ولی کلاس‌های مشتق شده نمی‌توانند به کپسول‌ها دسترسی داشته باشند(یعنی چیزهای خصوصی در کلاس base) . علاوه بر این آیتم ۷ را ببینید، همه‌ی کلاس‌ها طوری طراحی نشده‌اند که بتوانند به عنوان کلاس base استفاده شوند.