پیوست آ

راهنمای نصب کامپایلر و اجرای برنامه‌های C++

در این فصل، به روش نصب کامپایلرهای C++ روی کامپیوترهای شخصی و گوشی‌های هوشمند و تبلت می‌پردازیم. در خصوص هر کدام، روی پلتفرم‌های معروف جزئیات بیان شده است ولی نصب روی پلتفرم‌های دیگر نیز به طور مشابه و با در نظر گرفتن پلتفرم، قابل انجام خواهد بود.

۱.۱ کامپایلر روی کامپیوترهای شخصی

۱.۱.۱ راهنمای نصب کامپایلر Code::Blocks

اگر کاربر ویندوز هستید، ابتدا به یکی از این دو آدرس بروید و فایل نصب را بارگذاری کنید.

http://sourceforge.net/projects/codeblocks/files/Binaries/13.12/Windows/codeblocks-13.12mingw-setup.exe/download

یا

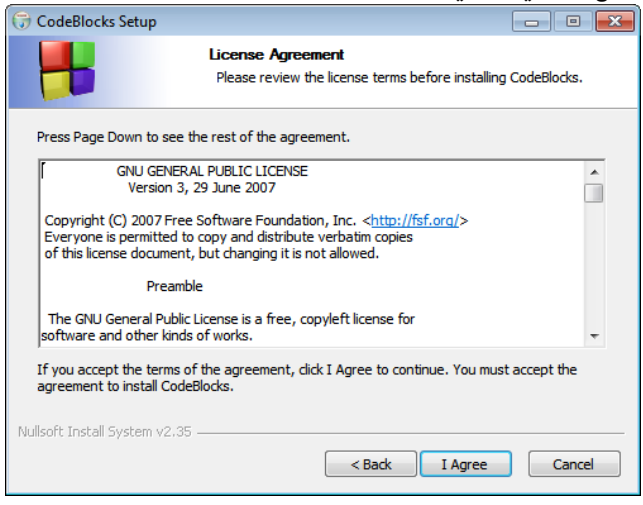
```
http://prdownload.berlios.de/codeblocks/codeblocks-13.12-setup.
exe
```

برای نصب مراحل زیر را طی کنید:

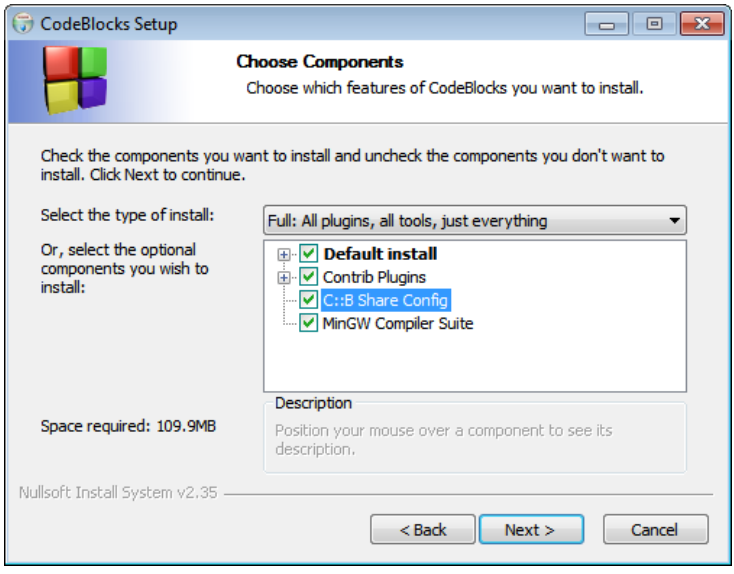
۱. فایل دانلود شده را اجرا کنید.

کلید Next را کلیک کنید.

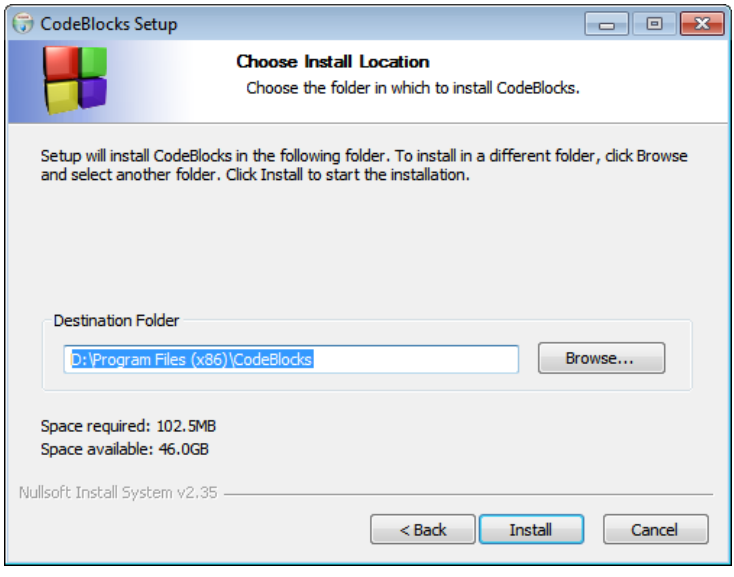
۲. روی I Agree کلیک کنید.



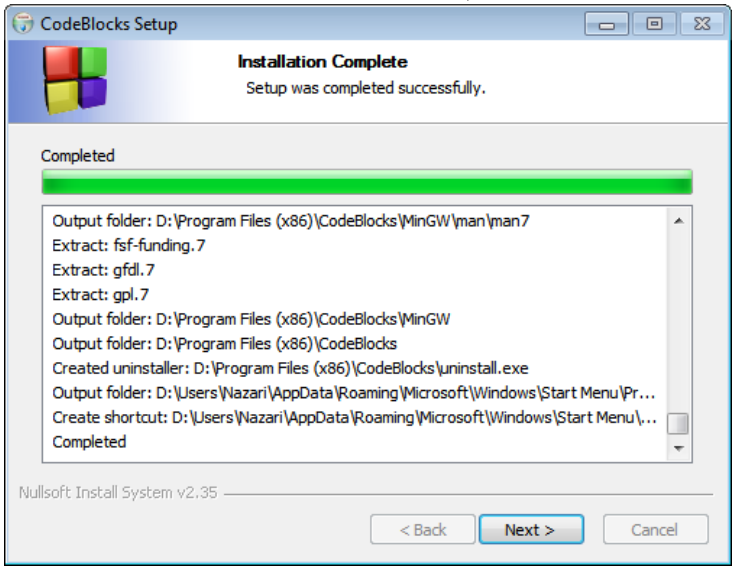
۳. کلید Next را کلیک کنید.



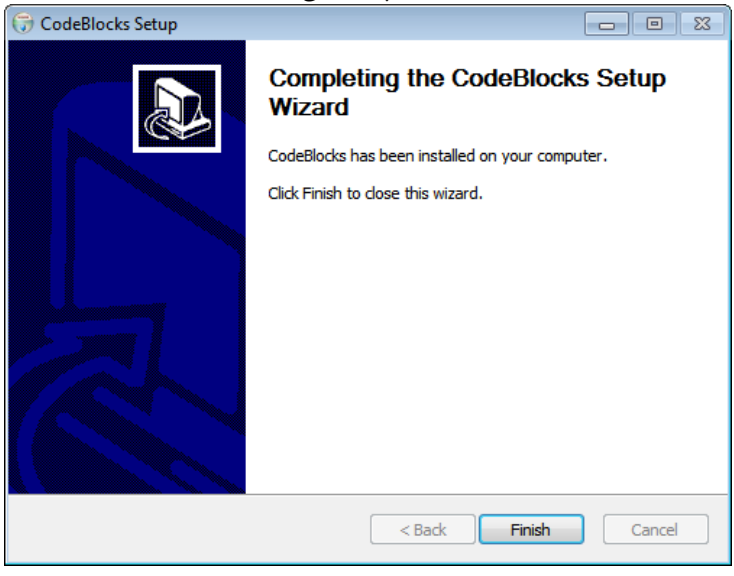
۴. در این مرحله می‌توانید محل نصب را انتخاب کنید و سپس کلید Install را فشار دهید.



۵. منتظر بمانید تا نصب انجام شود.



۶. با فشار دادن کلید Finish نصب به پایان می‌رسد.



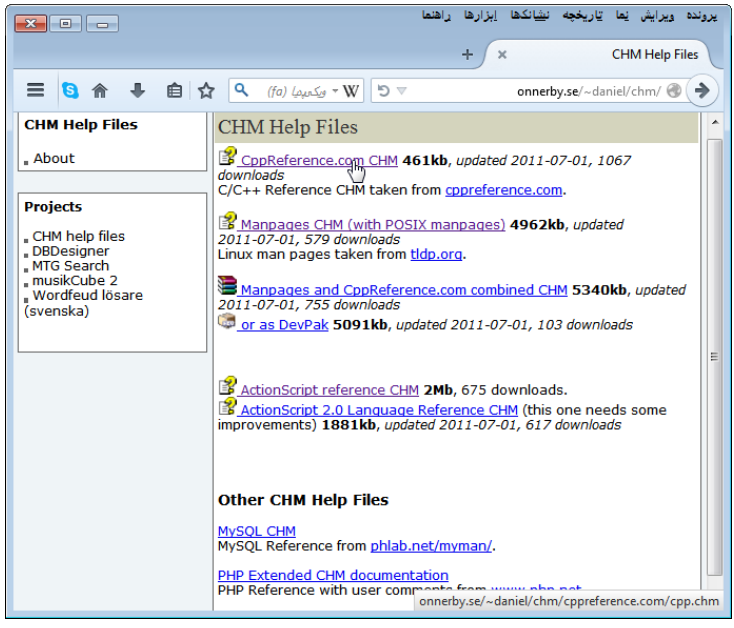
به طور پیش‌فرض میان‌بر Code::Blocks در Desktop ساخته می‌شود. در غیر اینصورت می‌توانید در منوی Start آن را پیدا کنید.

۲.۱.۱ نصب و تنظیم Help برای Code::Blocks

۱. در قدم اول نیاز است فایل‌های Help نرم‌افزار را از اینترنت دانلود کنید.

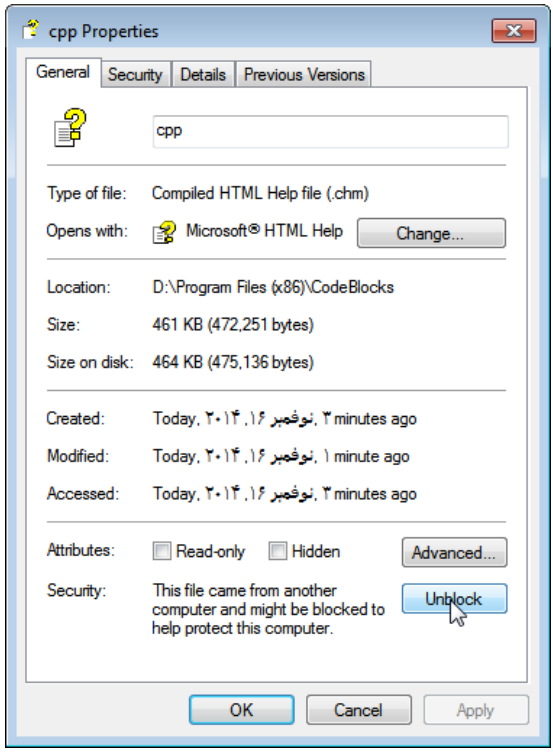
به عنوان مثال می‌توانید با مراجعه به این آدرس این فایل‌ها را بارگذاری کنید:

`http://onnerby.se/~daniel/chm`

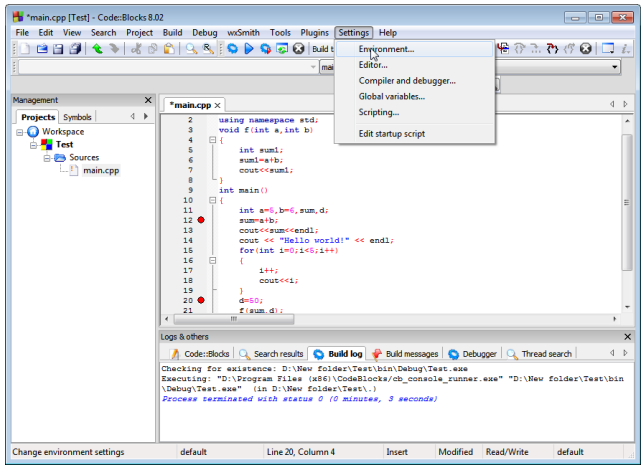


۲. فایل دریافتی را در پوشه محل نصب نرم‌افزار ذخیره کنید. به عنوان نمونه این محل می‌تواند C:\Program Files\Codeblocks باشد.

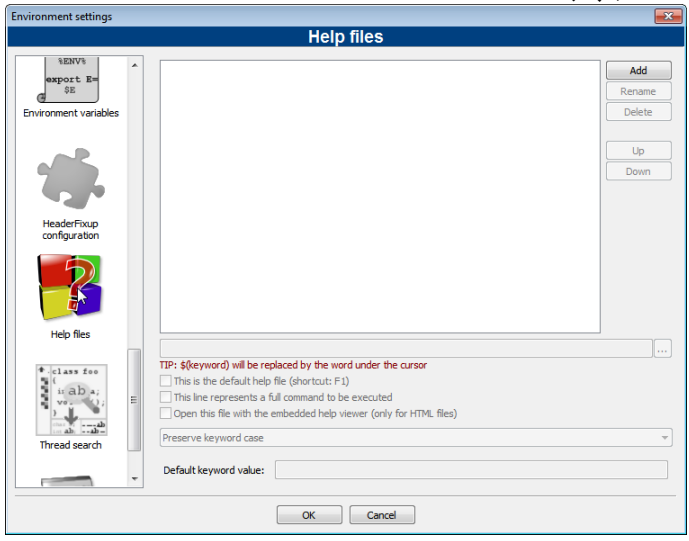
۳. بعد از ذخیره فایل در پوشه Code::Blocks روی فایل راست کلیک کرده و properties را انتخاب کنید. سپس فایل را Unblock کنید.



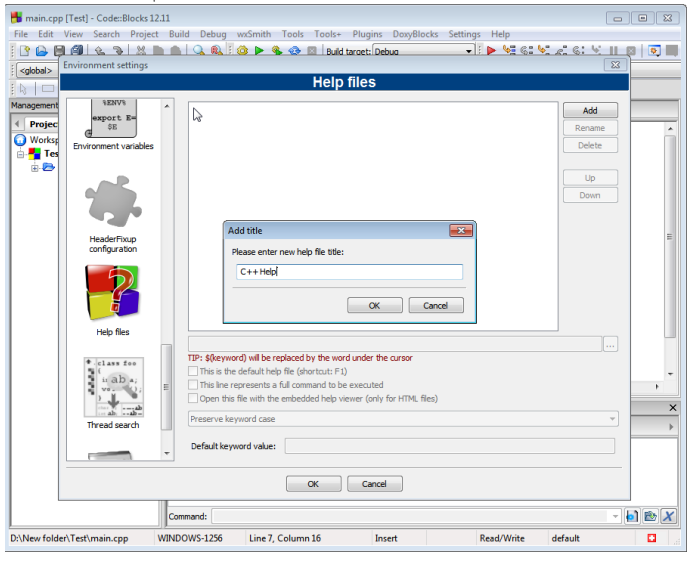
۴. در قدم بعد در Code::Blocks از منوی Settings گزینه Environment را انتخاب کنید.



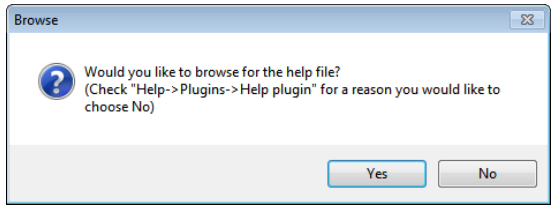
۵. در سمت چپ پنجره باز شده Help file را انتخاب کنید.



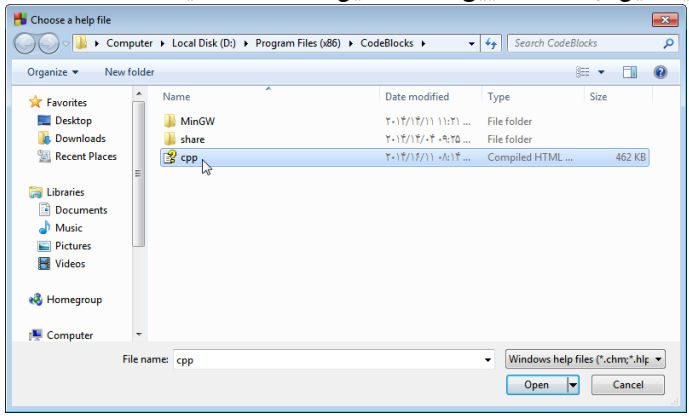
۶. کلید Add را فشار داده و در قسمت اضافه کردن title نام دلخواهی را تایپ کنید.



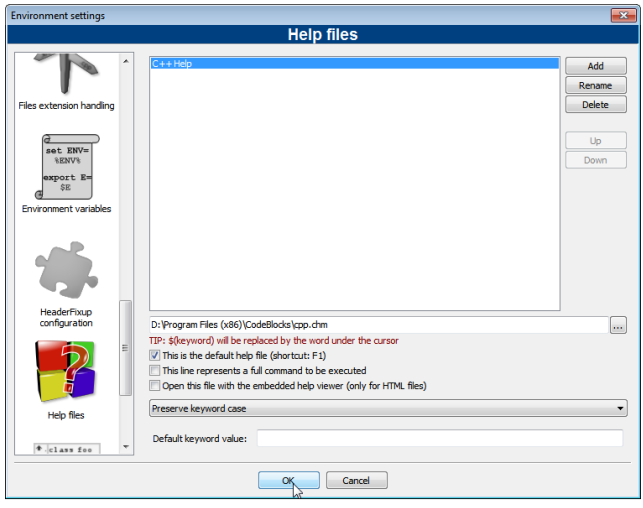
۷. با زدن کلید OK در مرحله بعد برای انتخاب مسیر فایل Help در پنجره نمایش داده شده Yes را انتخاب کنید.



۸. مسیر فایل Help را تعیین کرده و فایل را انتخاب کنید.

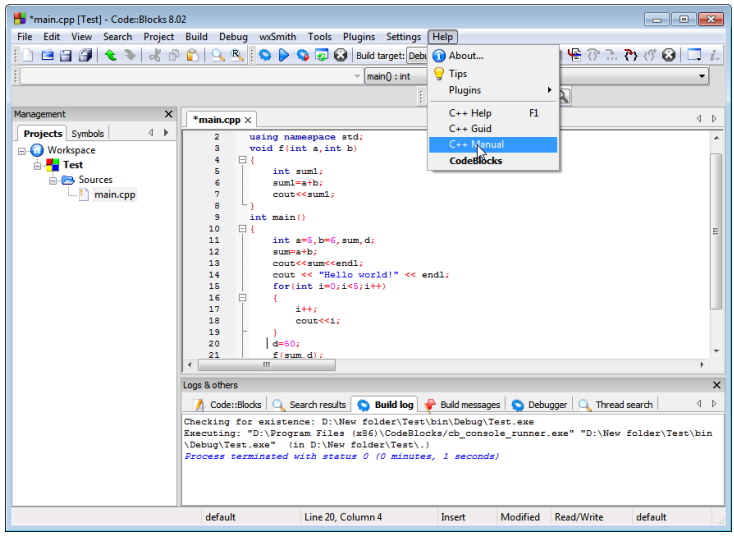


۹. به منظور تعیین کلید F1 برای باز کردن این فایل جهت Help نرم‌افزار گزینه This is the default help file (shortcut: F1) را تیک بزنید و سپس OK را انتخاب کنید.



۱۰. تنظیمات به پایان رسید. برای باز کردن این فایل Help کافی است روی کلمه مورد نظر در محیط نرم‌افزار کلیک کرده و کلید F1 را فشار دهید.

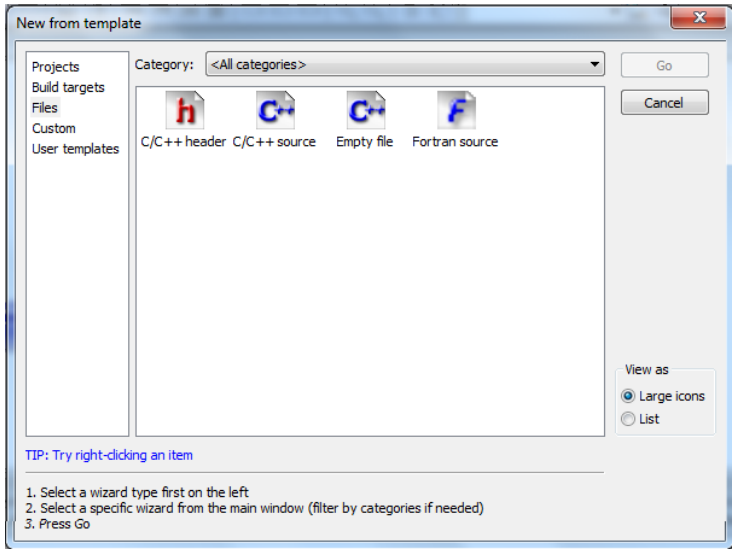
البته می‌توانید بیش از یک فایل را به همین روش جهت Help نرم‌افزار تنظیم کنید که در این حالت برای یکی از فایل ها کلید F1 را به عنوان کلید میانبر انتخاب کنید. برای دیدن بقیه فایل‌ها می‌توانید از منوی Help، این راهنماها را انتخاب کنید.



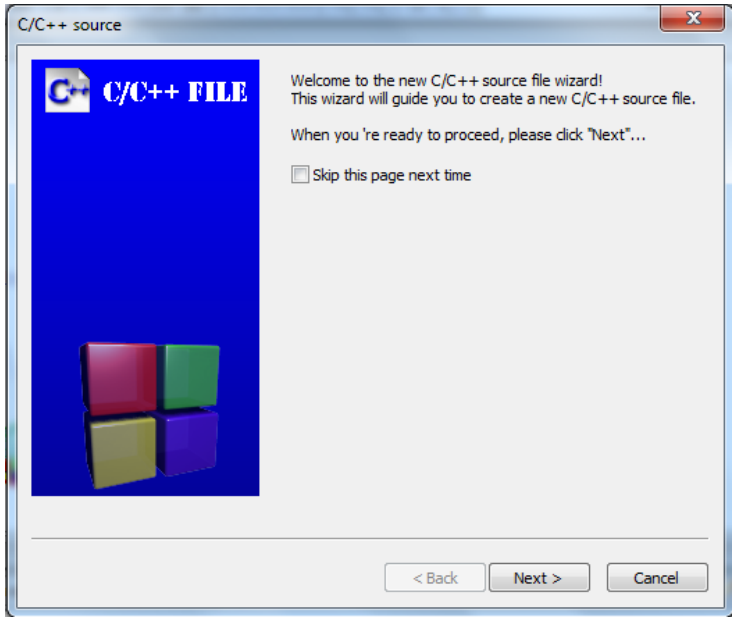
۳.۱.۱ شیوه ورود برنامه و اجرای آن

نوشتن برنامه در **Code::Blocks** (روش اول)

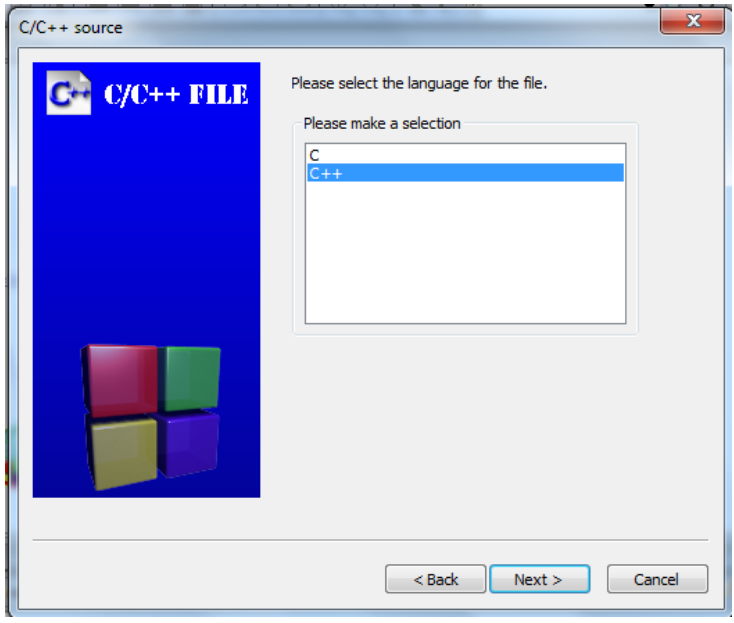
۱. از منوی File گزینه New و سپس File را انتخاب کنید. پنجرهٔ زیر ظاهر می‌شود.



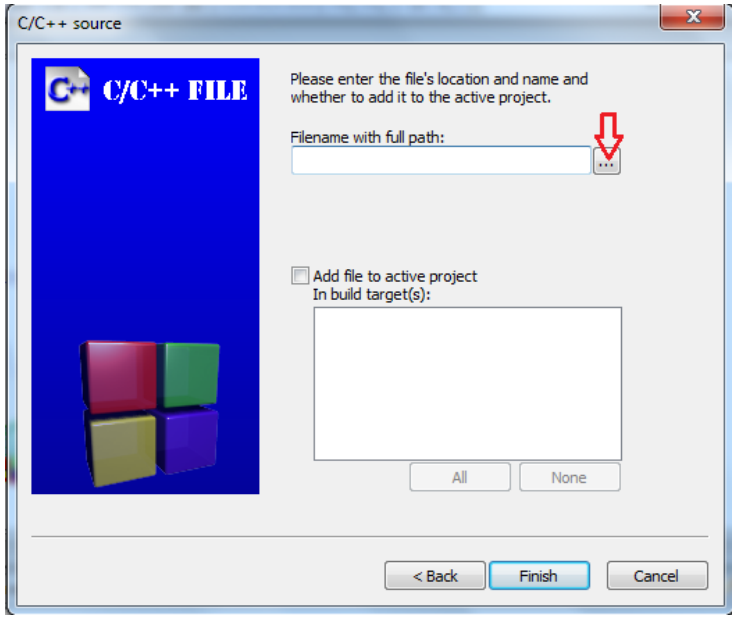
۲. روی آیکون C/C++ Source کلیک کنید. پنجرهٔ زیر ظاهر می‌شود.



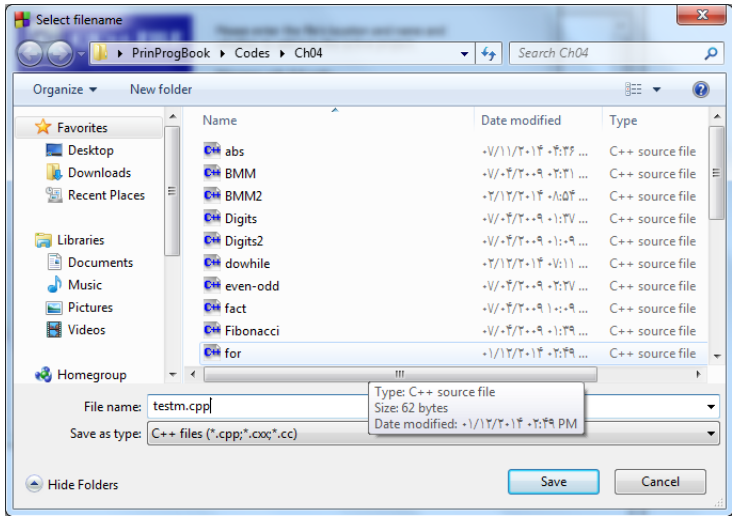
۳. روی Next کلیک کنید. پنجرهٔ زیر ظاهر می‌شود.



۴. روی C++ و سپس روی Next کلیک کنید. پنجرهٔ زیر ظاهر می‌شود.



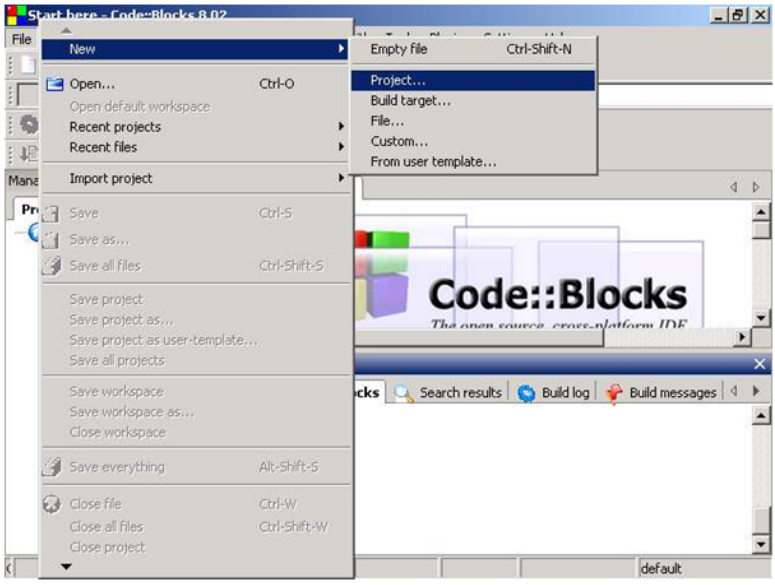
۵. در این پنجره، روی ... کلیک کنید. پنجره زیر ظاهر می‌شود. در این پنجره می‌توانید به مسیر مورد نظر جهت ذخیره کردن برنامه بروید و سپس در قسمت Filename نام فایل را وارد کنید. نام فایل باید انگلیسی و بدون فاصله باشد و همچنین پسوند آن باید cpp. باشد. دقت کنید که با نگذاشتن cpp. به عنوان پسوند فایل، فایل با پسوند c. ایجاد می‌شود که در مراحل بعدی اجرای برنامه را با مشکل مواجه می‌کند.



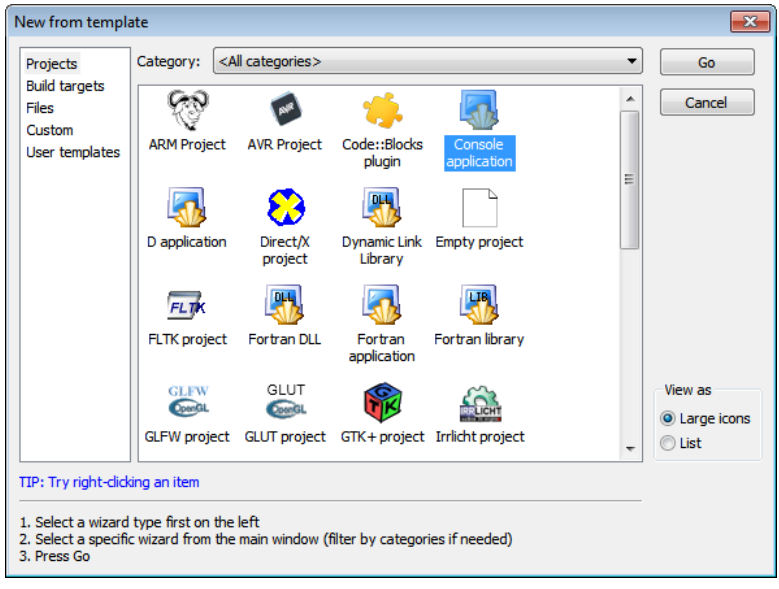
۶. پس از انتخاب نام فایل، روی Save کلیک کنید. با این کار پنجره بسته شده و از پنجرهٔ قبلی نیز Finish را کلیک کنید. حال می‌توانید برنامه خود را بنویسید. برای اجرای آن به قسمت ۳.۱.۱ بروید.

نوشتن برنامه در **Code::Blocks** (روش دوم)

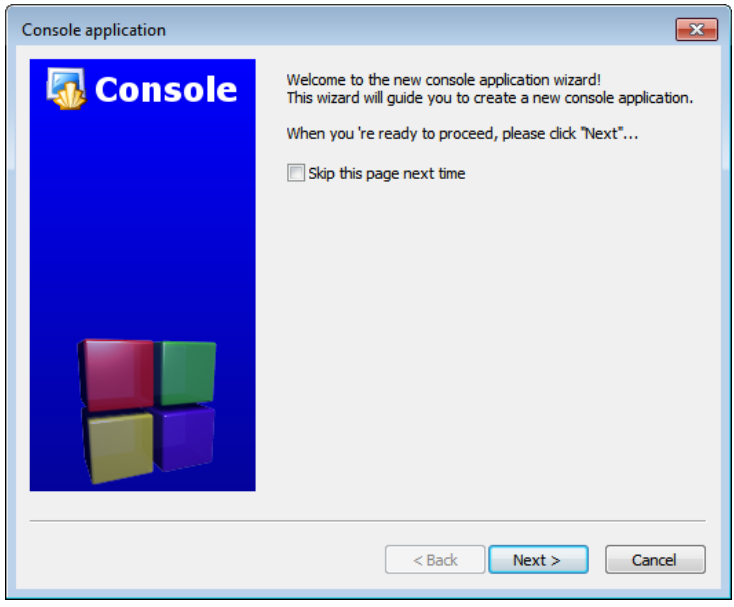
۱. از منوی File گزینه New و سپس Project را انتخاب کنید.



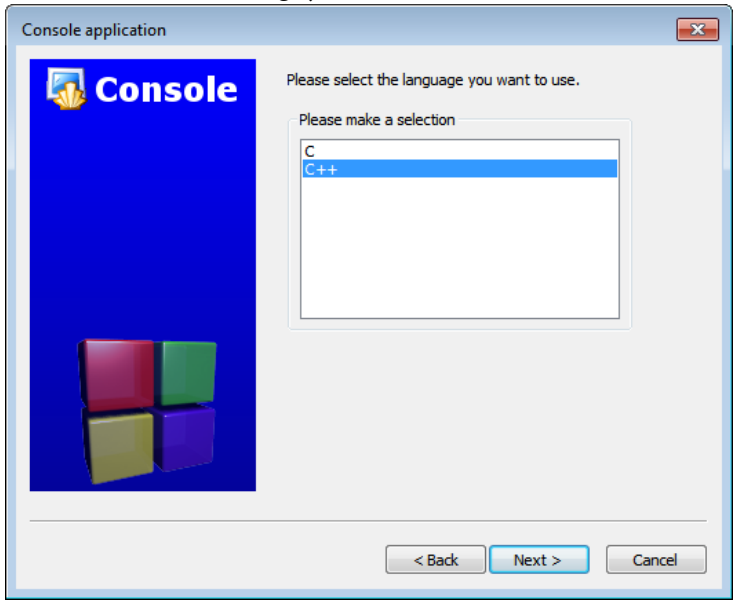
۲. در کادر باز شده گزینه Console Application را انتخاب کنید. شکل زیر را ببینید.



۳. در پنجرهٔ باز شده به شکل زیر روی Next کلیک کنید.

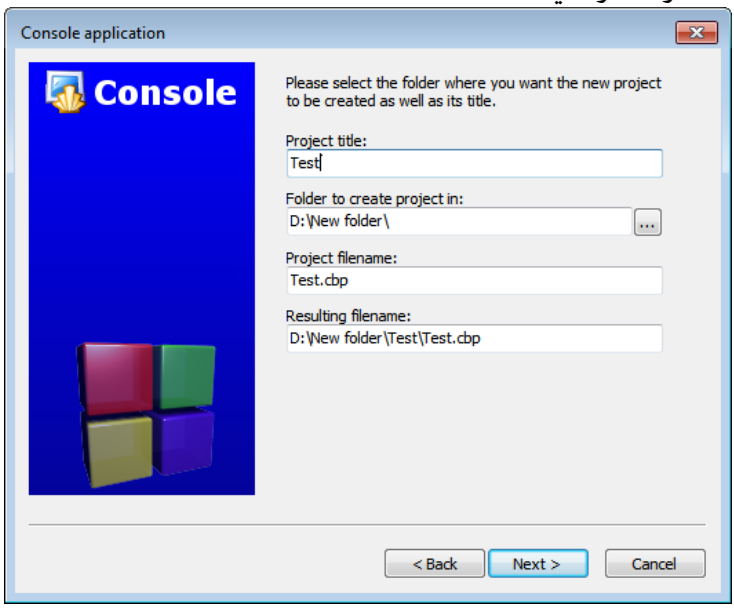


۴. در کادر باز شده C++ را انتخاب کنید و سپس Next را فشار دهید.

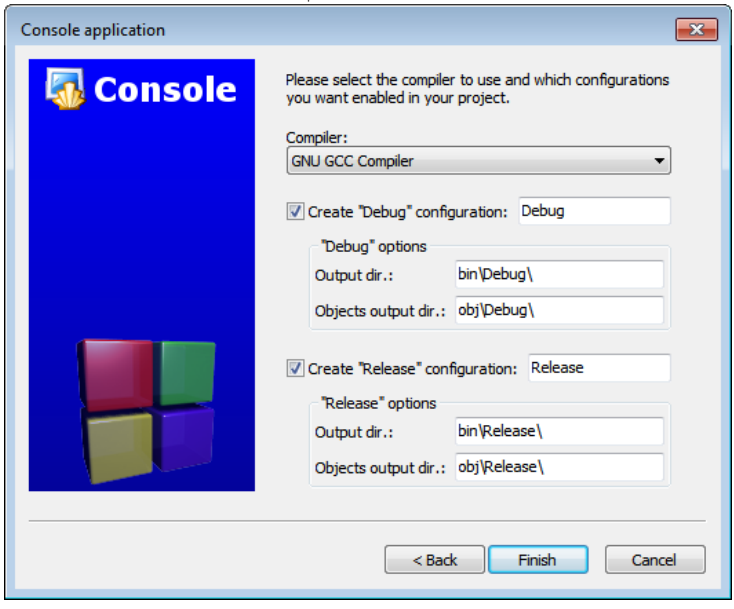


۵. در این مرحله نام و محل ذخیره پروژه را مشخص کنید. در قسمت Project title

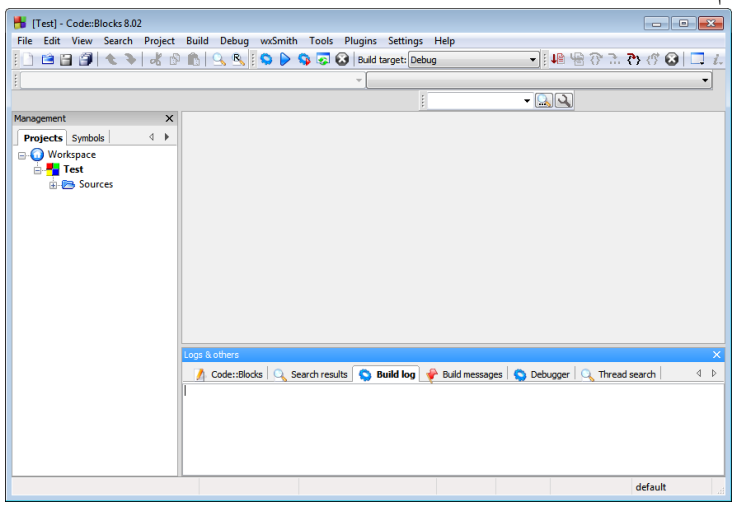
نام و در قسمت Folder to create project in محل ذخیره را تعیین کنید و سپس Next را فشار دهید.



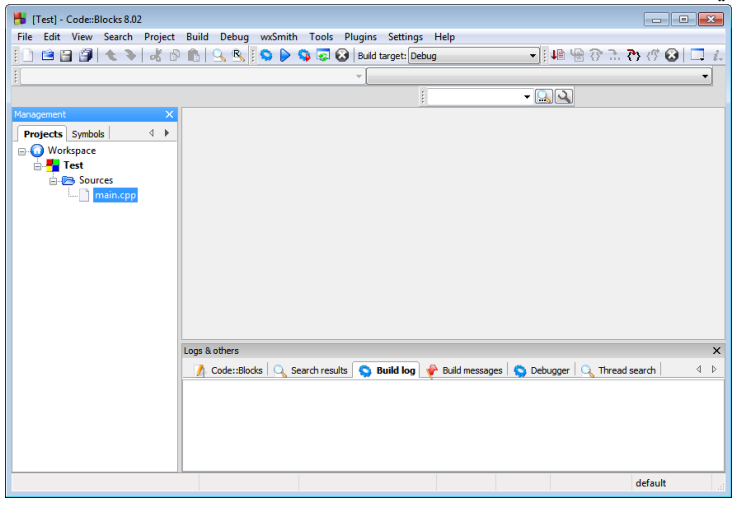
۶. پیش فرض‌های این مرحله را تغییر نمی‌دهیم و در نهایت Finish را فشار می‌دهیم.



نرم‌افزار محیط برنامه‌نویسی جدیدی را برای شما باز خواهد کرد.



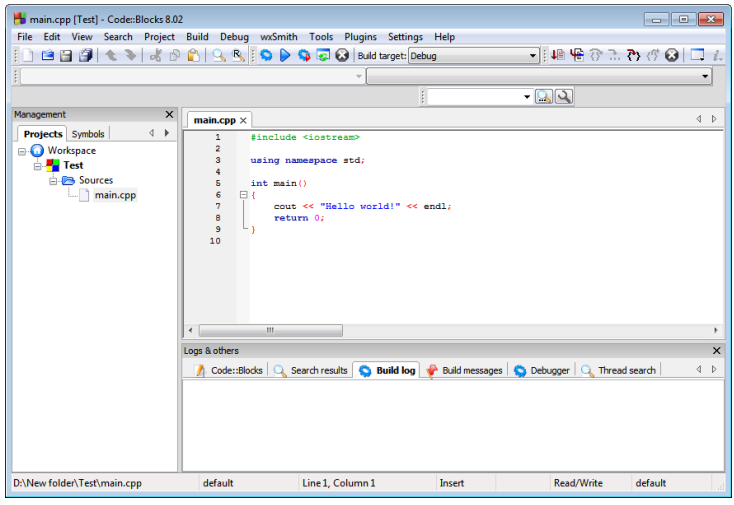
در سمت چپ محیط این نرم‌افزار، پنل Management را مشاهده می‌کنید. اولین گزینه در این پنل Project هست. در این قسمت می‌توانید نام پروژه خود را ببینید و در پایین آن پوشه Sources وجود دارد. این پوشه را با کلیک کردن + کنار آن باز کنید.



در این پوشه فایل main.cpp وجود دارد. این فایل در زمان ایجاد برنامه به طور

خودکار ساخته می‌شود.

با کلیک کردن روی این فایل و باز کردن آن، محیط برنامه‌نویسی برای شما در سمت راست باز می‌شود. دستورهای پیش فرضی در این محیط وجود دارد.

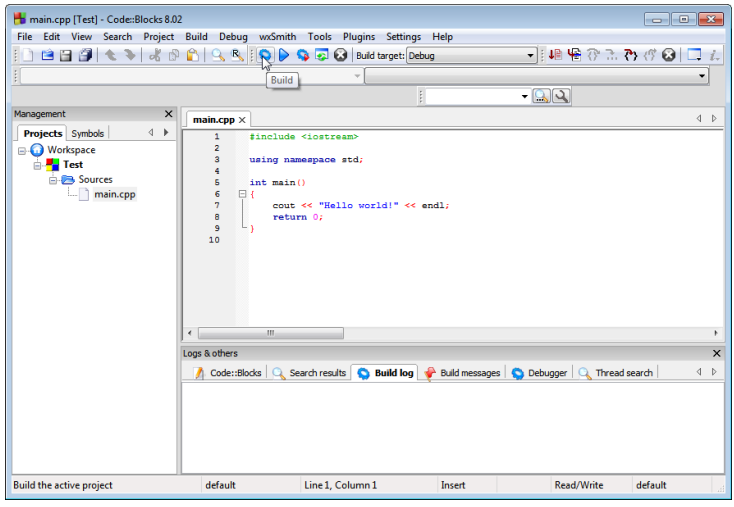


بعد از نوشتن برنامه ابتدا باید آن را Build کنید. منظور از Build، ترجمهٔ برنامه به زبان ماشین است. برای اجرای آن، لازم است ابتدا برنامه به زبان ماشین تبدیل شود. روش این دو کار در قسمت بعد آمده است.

روش ترجمه و اجرای برنامه

برای این کار می‌توانید از سه روش استفاده کنید:

۱. از منوی Build اولین گزینه را اجرا کنید.
۲. همچنین می‌توانید با استفاده از کلیدهای ترکیبی Ctrl+F9 این کار را انجام دهید.
۳. گزینه Build را در بالای صفحه کلیک کنید. آیکون این کار یک چرخ دندهٔ زرد رنگ است.

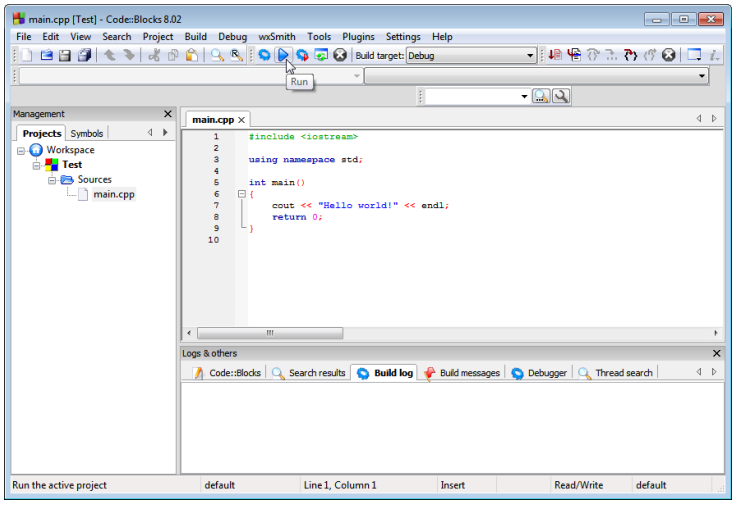


برای اجرای برنامه نیاز است که برنامه run شود که برای این کار نیز می‌توان به سه روش عمل کرد:

۱. از منوی Build گزینه run را انتخاب کنید.

۲. از کلیدهای ترکیبی Ctrl+F10 استفاده کنید.

۳. گزینه Run را در بالای صفحه اجرا کنید. آیکون اجرا مثلث سبز رنگ است.

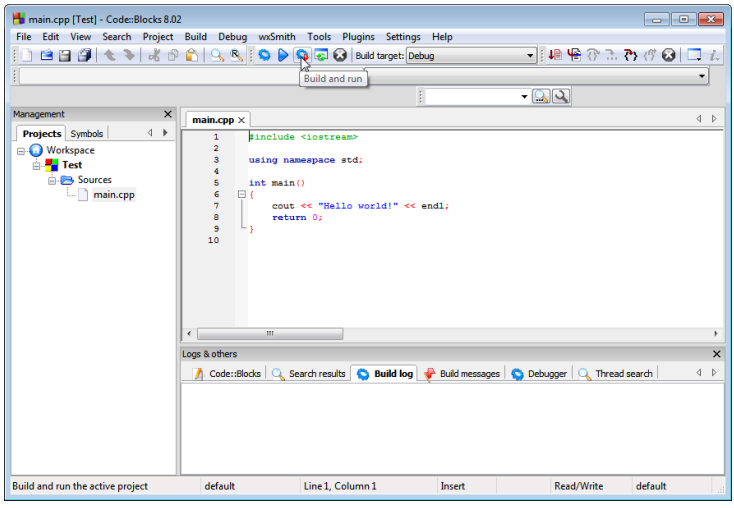


البته می‌توانید اعمال Build و Run را با هم اجرا کنید. که برای این کار نیز می‌توان از سه طریق عمل کرد:

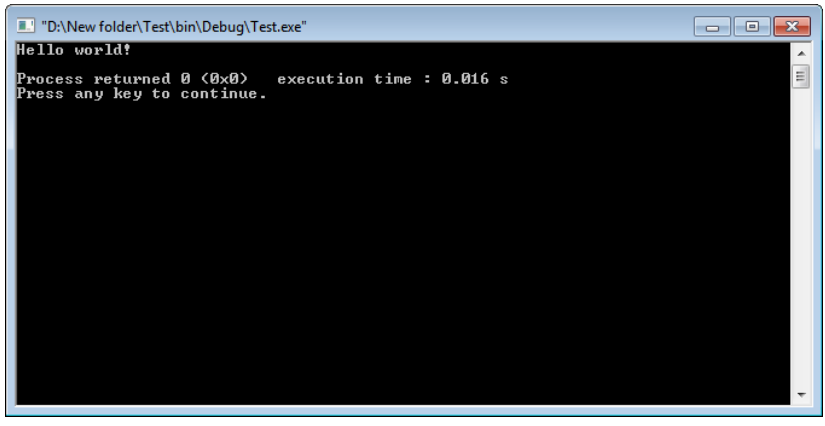
۱. از منوی Build and run را انتخاب کنید.

۲. از کلید F9 استفاده کنید.

۳. گزینه Build and run را در بالای صفحه اجرا کنید.



با اجرای برنامه خروجی در صفحه‌ای مشکی برای شما نمایش داده خواهد شد.



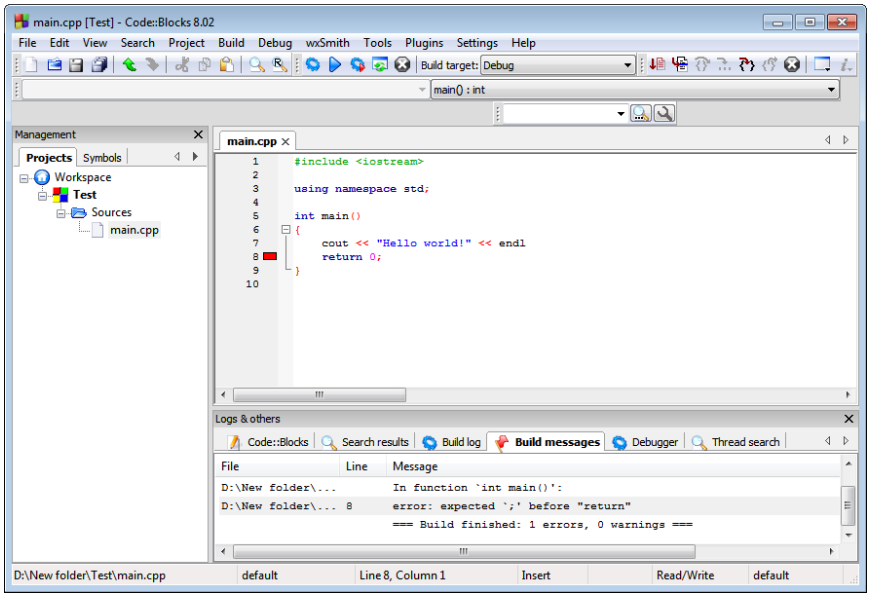
۴.۱.۱ خطاگیری- گرامری و منطقی

خطاهای برنامه را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد:

۱. خطای گرامری
۲. خطای منطقی

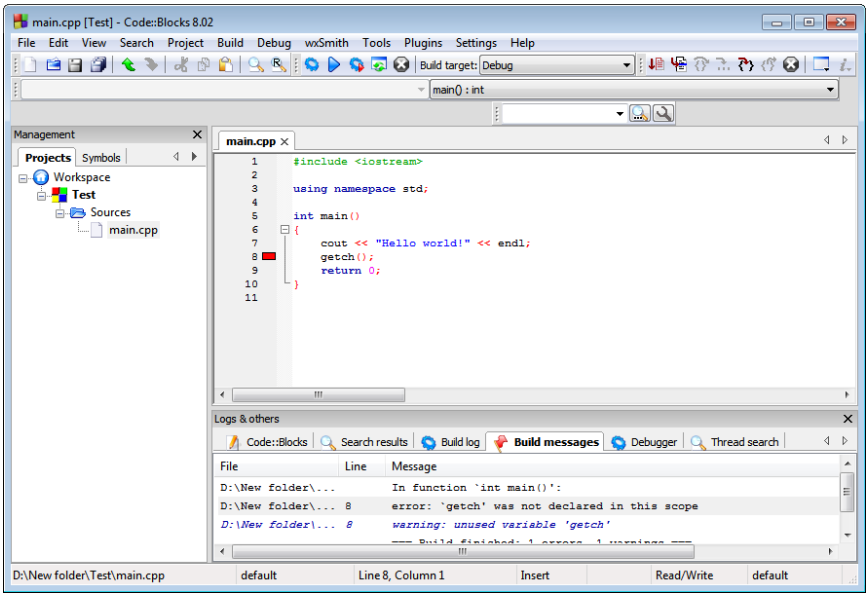
خطای گرامری

این دسته از خطاها به خطاهایی مربوط می‌شود که معمولاً کاربران مبتدی در نوشتن دستورات مرتکب می‌شوند و دستورات را به شکل صحیح نمی‌نویسند. بیشترین خطا در این زمینه فراموش کردن نوشتن ؛ (سمی کالن) است. می‌توانید نوع خطا و محل خطا را در پایین صفحه در قسمت Build messages مشاهده کنید. در محیط نرم‌افزار نیز یک مربع قرمز ابتدای خطی که در آن خطا وجود دارد، ظاهر می‌شود.



البته اگر خطا به ننوشتن ; مربوط باشد نرم‌افزار شماره خط خطا را خط بعد مشخص می‌کند.

دسته دیگر خطاهای این نوع، ننوشتن فایل‌های کتابخانه‌ای توابعی است که در برنامه استفاده شده است.



خطاهای منطقی

منظور از این نوع، خطاهایی است که در اجرای برنامه مشکلی ایجاد نمی‌کند و خروجی برنامه نیز ظاهر می‌شود اما جواب برنامه درست نیست. تشخیص این خطا به مراتب سخت‌تر از خطای نوع اول است.

با محدود کردن اجرای برنامه و مشاهده مقادیر متغیرهای تعریف شده می‌توانید خطا را شناسایی کنید.

برای دیدن مقدار متغیرها از منوی Debug و زیرمنوی Debugging windows گزینه Watches را انتخاب کنید. در پنجره باز شده نام متغیرها را تایپ کنید و سپس با محدود

کردن اجرا می‌توانید مقادیر این متغیرها را مشاهده کنید و به این ترتیب محل بروز خطا را تشخیص دهید.

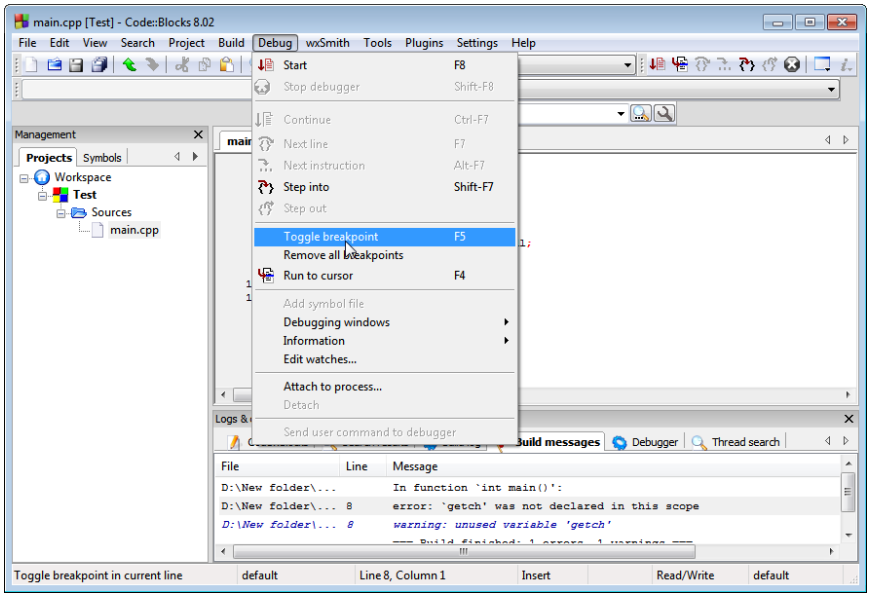
در قدم بعد باید محدوده اجرای برنامه را مشخص کرد. به این منظور از Breakpointها استفاده می‌شود. زمانی که برای دستوری Breakpoint مشخص شود برنامه با رسیدن به این دستور مکث می‌کند و وارد محیط دیباگ می‌شود. سپس می‌توان از دستورات Step و سایر موارد استفاده کرد.

برای تعیین Breakpoint یک دستور می‌توان از روش‌های زیر استفاده کرد:

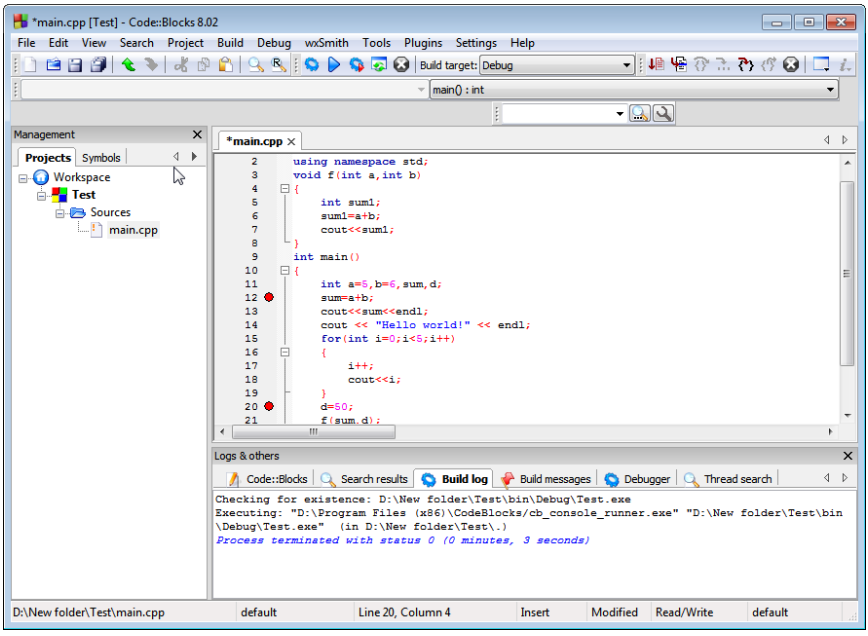
۱. بر روی خط دستور راست کلیک کرده و گزینه Toggle breakpoint را انتخاب کنید.

۲. بر روی خط دستور کلیک کرده و از منوی Debug گزینه Toggle breakpoint را انتخاب کنید.

۳. بر روی خط دستور کلیک کرده و کلید F5 را فشار دهید.



در ابتدای خطی که برای آن Breakpoint تعیین می‌کنید یک دایره قرمز قرار می‌گیرد.



بعد از تعیین Breakpointها برای اجرای برنامه می‌توانید از منوی Debug گزینه Start/Continue را انتخاب کنید یا از کلید F8 استفاده کنید. برنامه تا رسیدن به اولین Breakpoint اجرا می‌شود و صفحه خروجی نمایش داده می‌شود.

در ادامه موارد زیر به شما این امکان را می‌دهند که مراحل پیشروی دستورات را همان گونه که تمایل دارید انتخاب کنید:

۱. Next line: این گزینه برنامه را خط به خط اجرا می‌کند. می‌توانید از منوی Debug انتخاب کنید یا کلید F۷ را فشار دهید

۲. Step into: عملکرد این گزینه شبیه Next line هست با این تفاوت که در Next line زمانی که با دستور فراخوانی یک تابع روبرو شود، وارد آن تابع نمی‌شود و مکان نما به خط بعدی منتقل می‌شود. اما در Step into اجرای برنامه به آن تابع منتقل می‌شود و مکان نما ابتدای اولین دستور تابع قرار می‌گیرد و بعد از اجرای کامل آن تابع به تابع فراخوانی کننده بر می‌گردد. این گزینه را می‌توانید از منوی Debug انتخاب کنید یا از کلیدهای ترکیبی Shift+F7 استفاده کنید.

۳. Step out: این گزینه از جهت منطقی عملکردی بر عکس Step into دارد. اگر با اجرای Step into یا دلیل دیگری وارد یک تابع شده‌اید می‌توانید با اجرای Step out از آن خارج شده و مکان نما به تابع فراخوانی کننده منتقل می‌شود. این گزینه را می‌توانید از منوی Debug انتخاب کنید یا از کلیدهای ترکیبی Ctrl+F7 استفاده کنید.

برای حذف کردن Breakpoint می‌توان روی آن کلیک کرد. همچنن برای حذف همه Breakpointها می‌توان از منوی Debug گزینه Remove all breakpoints را انتخاب کرد.

گزینه دیگری غیر از Breakpoint نیز برای محدود کردن اجرا وجود دارد و آن Run to cursor هست.

ابتدا مکان نما را روی خطی که قصد دارید عمل اجرا تا آن مکان انجام شود قرار دهید. سپس از منوی Debug گزینه Run to cursor را انتخاب کنید یا کلید F4 را فشار دهید. در آغاز خط مشخص شده، مثلث زرد رنگی قرار می‌گیرد و برنامه بلافاصله تا این دستور اجرا شده و سپس مکث می‌کند.

۲.۱ کامپایلرهای C++ روی گوشی‌های هوشمند و تبلت

به منظور اجرای برنامه‌های C++ بر روی سیستم‌عامل اندروید، چندین نرم‌افزار وجود دارد که از جمله معروف‌ترین و قوی‌ترین آنها C4droid هست. برای استفاده از این کامپایلر مراحل زیر را انجام دهید:

۱. به این آدرس‌های زیر مراجعه کنید. هر سه فایل مربوط به گوشی‌های هوشمند را بارگذاری کنید.

http://bayanbox.ir/download/7724964434733362302/
C4droid-CCpp-compiler-IDE-4.97.apk

http://bayanbox.ir/download/220392741468215768/
GCC-plugin-for-C4droid-C-IDE-4.9.1.apk

http://bayanbox.ir/download/6747071117453643935/
SDL-plugin-forC4droid.apk

۲. نرم‌افزار C4droid – C/C++ compiler & IDE را نصب کنید.
۳. پلاگین‌های GCC و SDL را نیز برای اجرای کامل برنامه‌های C++ نصب کنید.
۴. آیکون برنامه به شکل آ.۱آ است که در قسمت برنامه‌های کاربردی قابل مشاهده است.

برنامه را اجرا کنید. در کادر باز شده گزینه اول Install to internal memory (نصب در حافظه داخلی) را انتخاب کنید. در صورتی که گوشی روت شده باشد می توانید گزینه Install to external memory (نصب در حافظه خارجی) را کلیک کنید.

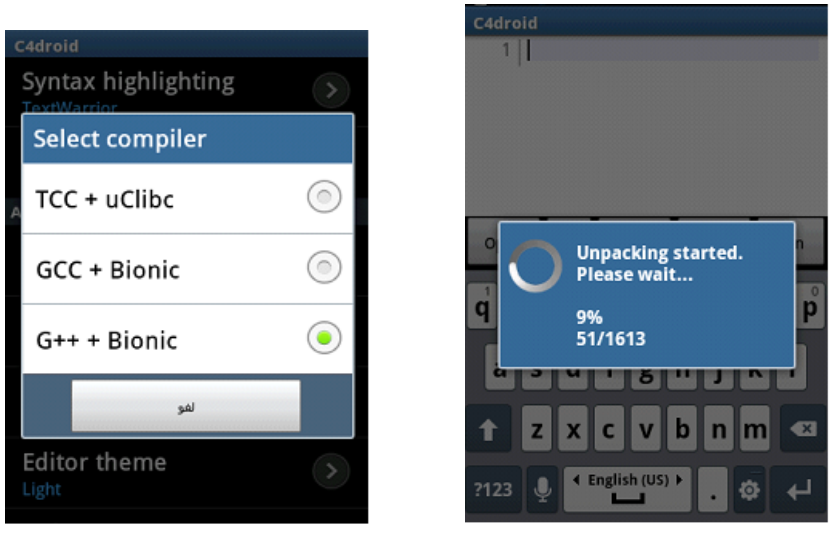
(ب)

(آ)

شکل آ.۱: (آ) آیکون برنامه(ب) پنجره اجرای برنامه.

منتظر بمانید تا فایل‌های پلاگین در حافظه وارد شوند.

۵. از منوی Preferences برنامه و در قسمت Select compiler گزینه G++ را انتخاب کنید.



(آ) (ب)

شکل ۲.آ

۱.۲.۱ نوشتن و اجرای برنامه

محیط برنامه شامل یک صفحه سفید و کلیدهای کنترلی است.

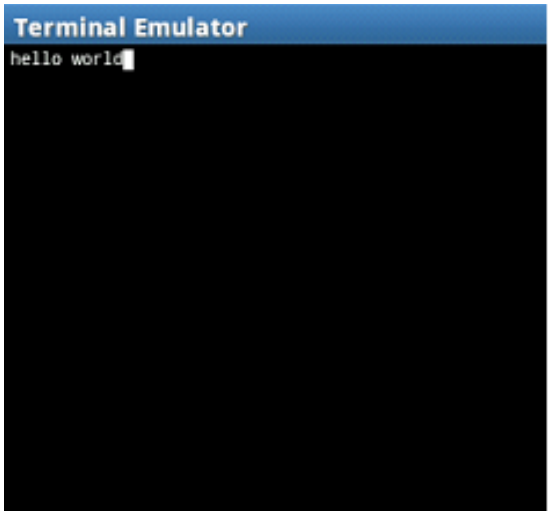
برای نوشتن توابع کتابخانه‌ای برنامه دقت کنید که تابع iostream نیازی به پسوند h. ندارد.

(ب) (آ)

شکل ۳.آ

بعد از اتمام دستورات و به منظور کامپایل برنامه دکمه Compile و جهت اجرای برنامه دکمه Run را انتخاب کنید.

خروجی این برنامه به شکل زیر است:



پیوست ب

خطایابی در Code::Blocks

در این بخش به بررسی خطایابی برنامه‌های C++ در محیط Code::Blocks خواهیم پرداخت. اما قبل از آن لازم است تا اندکی با مقدمات خطایابی آشنا شویم. لازم به ذکر است که خطایابی بیشتر یک هنر است تا یک علم، اما برای انجام صحیح آن لازم است تا با برخی از الگوهایی که در بین برنامه‌نویسان رواج دارد، آشنا شویم.

به صورت کلی، خطایابی برنامه‌ها به سه قسمت قابل تقسیم است:

۱. خطایابی در مرحله الگوریتم و فلوچارت، شامل رفع ایرادات منطقی در روش حل مسئله مورد نظر است. به عبارت دیگر، منظور از خطایابی در این مرحله، بدست آوردن یک الگوریتم مناسب و صحیح برای مسئله مورد نظر است. در این مرحله، لازم است تا با استفاده از ابزارهای ریاضی نشان دهیم که یک الگوریتم به درستی مسئله مورد نظر را حل می‌کند.
۲. رفع ایرادات نحوی برنامه که در این مرحله، لازم است تا تمام خطاهایی که توسط مترجم C++ مشخص شده‌اند، رفع شوند تا مترجم برنامه قابل اجرا را تولید کند.
۳. پس از این‌که فایل اجرایی برنامه به صورت موفقیت آمیز توسط مترجم تولید شد، نوبت به خطایابی منطقی می‌رسد. ممکن است پیاده‌سازی الگوریتم در مرحله تبدیل الگوریتم به کد به درستی صورت نگرفته باشد و یا حتی نیاز به خطایابی در مرحله

الگوریتم و فلوچارت داشته باشیم.

خطایابی منطقی یکی از دشوارترین مراحل خطایابی است. این مرحله از خطایابی، یکی از پرهزینه‌ترین مراحل برنامه‌سازی است. یکی از ساده‌ترین و در عین حال پراستفاده‌ترین راهکارهای خطایابی منطقی، آزمودن برنامه در برابر تعداد مشخصی ورودی و خروجی آزمون است. به عبارت دیگر، داده آزمون برای یک برنامه عبارت است از تعدادی مشخص ورودی به همراه خروجی‌های مرتبط. در صورتی که برنامه حتی به ازای یک مورد از ورودی‌های آزمون، خروجی مناسب تولید نکند، می‌توان مطمئن بود که برنامه دارای خطای منطقی است.

اولین و مهم‌ترین اصل در خطایابی عبارت است از

> «فرایند خطایابی یک برنامه عبارت است از بررسی تمام قسمت‌های برنامه که فکر می‌کنیم صحیح هستند تا از صحیح بودن آن‌ها اطمینان حاصل شود. هنگامی که به نادرستی یک قسمت از برنامه پی‌بردیم، می‌توان گفت که شواهدی از وجود و محل خطا به‌دست آمده است.»

نکته مهم در خطایابی این است که هنگامی که به یک خطا رسیدیم، نباید ناامید شویم! درست است که یک برنامه ایده‌آل باید بدون خطا باشد، اما در عمل رسیدن به چنین ایده‌آلی در عمل، اگر نگوییم ناممکن، دشوار است. هنگامی که شما خطای برنامه خود را فهمیده‌اید، در راستای تصحیح آن تلاش می‌کنید و این نکته، خود ارزشمند است.

ساده‌ترین و معمول‌ترین شیوه برای خطایابی برنامه‌ها، اضافه کردن عبارت‌های متوالی cout « ... در طی برنامه است. به چنین قطعه کدهایی، قطعه کدهای رهگیر گفته می‌شود. در ادامه قصد داریم تا به روش‌های خطایابی با بررسی یک پیاده‌سازی از الگوریتم مرتب‌سازی درجی بپردازیم. دلیل اینکه در این بخش از الگوریتمی استفاده شده است که شرح آن در کتاب نیامده، تمرکز بر روش‌های خطایابی با استفاده از خطایاب‌ها است. بنابراین قطعه کد زیر را مشاهده کنید.

```
1 #include <iostream>
2 #include < cstdlib >
3 using namespace std;
```

```
 4 void  ins ( int ) ;
 5 void  process () ;
 6 void  jump( int ) ;
 7  int  x [10],  // input  data
 8       y [10],  // working space
 9       numInputs = 0,  // how many numbers to sort,
10     indexY = 0;  // how many elements are  in  y
11  int  main( int  argc , char ** argv)  {
12       // getting  input  data  from the  command line
13       numInputs = argc  − 1;
14       for ( int  i  = 0;   i  < numInputs && i  < 10;  ++i)  {
15            x[ i ]  = atoi ( argv [ i  + 1]) ;
16       }
17       for ( int  i  = 0;  i  < numInputs;  ++i)  {
18            cout  << x[i]  << "\t";
19       }
20       cout  << endl;
21       process () ;
22       for ( int  i  = 0;  i  < numInputs;  ++i)  {
23            cout  << y[i]  << "\t";
24       }
25       cout  << endl;
26       return  0;
27 }
28 void  jump( int  j )  {
29       for ( int  k  = indexY  − 1;  k  > j ;  ++k) {
30            y[k]  = y[k−1];
31       }
32 }
33 void  ins ( int  newY) {
34        if  (indexY  == 0) {
35            y [0]  = newY;
36            return ;
37       }
38       else  {
39            for ( int  j  = 0;  j  < indexY;  ++j)  {
40                 if  (newY < y[j ])  {
```

```
41                      jump(j);
42                      y[j] = newY;
43                      return;
44                  }
45              }
46          }
47  }
48  void process() {
49      for(indexY = 0; indexY < 10 && indexY < numInputs; ++indexY) {
50          ins(x[indexY]);
51      }
52  }
```

همانگونه که مشاهده می‌کنید، این برنامه فاقد هرگونه خطای نحوی است و به سادگی به کد اجرایی تبدیل می‌شود. اما در صورتی که آن را با داده آزمون فراخوانی کنیم، نتیجه برخلاف انتظار خواهد بود. برای مثال، قصد داریم تا این برنامه را با ورودی

۶۰ ۸۰ ۴۰ ۱۵ ۲۰ ۱۴ ۱۹ ۶

بیازماییم. به همین دلیل، از منوی Project روی گزینه Set Programs' Arguments کلیک کرده و سپس در کادر اول، گزینه Debug را انتخاب کرده و در کادر Program arguments داده مورد نظر را به صورت فوق (اعداد با یک فاصله از هم جدا شده‌اند) وارد می‌کنیم و روی دکمه OK کلیک می‌کنیم (شکل ب.۱). خروجی مورد انتظار،

۶۰ ۸۰ ۴۰ ۱۵ ۲۰ ۱۴ ۱۹ ۶

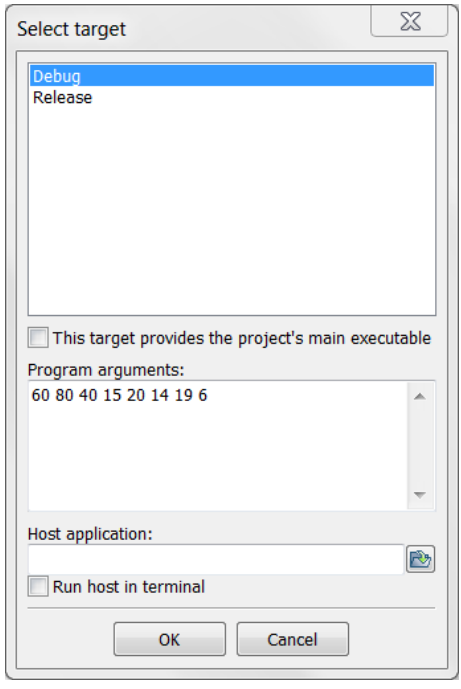
۶ ۱۴ ۱۵ ۱۹ ۲۰ ۴۰ ۶۰ ۸۰

است اما خروجی تولید شده به صورت زیر خواهد بود:

۶۰ ۸۰ ۴۰ ۱۵ ۲۰ ۱۴ ۱۹ ۶

```
Segmentation fault (core dumped)
```

خطا کجا است؟ برای خطایابی، می‌توان از کدهای رهگیر استفاده کرد. از خروجی و مقایسه آن با متن برنامه متوجه می‌شویم خطا هر جا که هست، بعد از خط شماره ۲۶ است، زیرا خطوط قبلی به درستی اجرا شده اند (می‌توانید توضیح دهید چرا؟)



شکل ب.۱: تنظیم آرگومان‌های ارسالی به برنامه.

به همین دلیل، در اولین تلاش سعی می‌کنیم از اجرای صحیح دستورات مطمئن شویم. به همین منظور می‌توان پس از هر خط، یک دستور

```
cout << "Command at line " << lineNo << " was run successfully !"
    << endl;
```

که lineNo بیانگر شماره خط برنامه مورد نظر است، اضافه می‌کنیم. با اضافه کردن این دستور پس از خط ۲۸ و ترجمه و اجرای مجدد برنامه، متوجه می‌شویم که خطا در این خط رخ می‌دهد، زیرا نتیجه اجرای کد رهگیر مربوط به این خط در خروجی مشخص نمی‌شود. به همین دلیل، به داخل بدنه تابع process رفته و در آن کدهای رهگیر را قرار می‌دهیم.

```
61 void process () {
62     for (indexY = 0; indexY < 10 && indexY < numInputs; ++indexY) {
63         ins (x[indexY]) ;
64         cout << "Command at line " << 64 << " was run successfully
```

```
                !" << endl;
65      }
66  }
```

با اجرای برنامه، متوجه می‌شویم در تکرار سوم حلقه، در اجرای خط ۶۴ خطا رخ می‌دهد.

```
60 80 40 15 20 14 19 6
Command at line 64 was run successfully!
Command at line 64 was run successfully!
Segmentation fault (core dumped)
```

شاید دانستن مقدار متغیر indexY و متغیر numInputs که بیانگر تعداد پارامترهای ورودی به برنامه است، به ما در تشخیص محل خطا کمک کند. به همین دلیل، تابع را به این فرم به کدهای رهگیر مجهز می‌کنیم.

```
61  void  process () {
62        cout << "The numInputs = " << numInputs << endl;
63        for (indexY = 0; indexY < 10 && indexY < numInputs; ++indexY) {
64              ins (x[indexY]) ;
65              cout << "Command at line " << 64 << " was run  successfully
                      with indexY = " << indexY << endl;
66        }
67  }
```

و خروجی حاصل به فرم زیر است

```
60 80 40 15 20 14 19 6
The numInputs = 8
Command at line 64 was run successfully with indexY = 0
Command at line 64 was run successfully with indexY = 1
Segmentation fault (core dumped)
```

بنابراین به تابع ins مشکوک می‌شویم و آن را به کدهای رهگیر زیر مجهز می‌کنیم

```
44 void  ins ( int  newY) {
45       cout  << "newY = " << newY << endl;
46       if  (indexY  == 0) {
47            y[0]  = newY;
48            cout  << "Line 48 run   sucessfully  !"  << endl;
49            return ;
50       }
51       else  {
52            for ( int  j  = 0;  j  < indexY;  ++j) {
53                 cout  << "j  = "  << j  << endl;
54                 if  (newY < y[j ])  {
55                      jump(j ) ;
56                      cout  << "Line 57 run   sucessfully  !"  << endl;
57                      y[j ]  = newY;
58                      cout  << "Line 58 run   sucessfully  !"  << endl;
59                      return ;
60                 }
61            }
62       }
63 }
```

و خروجی حاصل از اجرای برنامه به صورت زیر خواهد بود.

```
60 80 40 15 20 14 19 6
The numInputs = 8
newY = 60 and indexY = 0
Line 48 run sucessfully!
Command at line 64 was run successfully with indexY = 0
newY = 80 and indexY = 1
j = 0
Command at line 64 was run successfully with indexY = 1
newY = 40 and indexY = 2
j = 0
```

```
Segmentation fault (core dumped)
```

با بررسی خروجی، می‌توان متوجه شد که خطا در خط ۵۶ به ازای jump(j); رخ می‌دهد. به همین دلیل، تابع jump را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

```
38 void jump(int j) {
39     cout << "j = " << j << " and indexY = " << indexY << endl;
40     for(int k = indexY - 1; k > j; ++k) {
41         cout << "k = " << k << endl;
42         y[k] = y[k-1];
43         cout << "Line 43 run successfully !" << endl;
44     }
45 }
```

خروجی حاصل از اجرای این برنامه به صورت زیر است

```
60 80 40 15 20 14 19 6
The numInputs = 8
newY = 60 and indexY = 0
Line 48 run sucessfully!
Command at line 64 was run successfully with indexY = 0
newY = 80 and indexY = 1
j = 0
Command at line 64 was run successfully with indexY = 1
newY = 40 and indexY = 2
j = 0
j = 0 and indexY = 2
k = 1
Line 43 run successfully!
k = 2
```

```
Line 43 run successfully!
...
k = 902
Line 43 run successfully!
k = 903
Line 43 run successfully!
k = 904
Segmentation fault (core dumped)
```

با کمی بررسی دقیق‌تر متوجه می‌شویم که برنامه در صورت ورود به حلقه

```
40 for(int k = indexY - 1; k > j; ++k) {
```

هیچ‌گاه نمی‌تواند از این حلقه خارج شود. به عبارت دیگر، در این‌جا یک خطای پیاده‌سازی داریم! برای اینکه این حلقه خاتمه پیدا کند، یا باید شرط ادامه حلقه را تغییر دهیم و یا دستور ادامه حلقه را تصحیح کنیم. این حلقه را به صورت زیر تصحیح می‌کنیم

```
40 for(int k = indexY - 1; k > j; --k) {
```

پس از ترجمه مجدد برنامه، خروجی برنامه به صورت زیر خواهد بود

```
60 80 40 15 20 14 19 6
The numInputs = 8
newY = 60 and indexY = 0
Line 48 run sucessfully!
Command at line 64 was run successfully with indexY = 0
newY = 80 and indexY = 1
j = 0
Command at line 64 was run successfully with indexY = 1
newY = 40 and indexY = 2
```

```
j = 0
j = 0 and indexY = 2
k = 1
Line 43 run successfully!
Line 57 run sucessfully!
Line 58 run sucessfully!
Command at line 64 was run successfully with indexY = 2
newY = 15 and indexY = 3
j = 0
j = 0 and indexY = 3
...
k = 1
Line 43 run successfully!
Line 57 run sucessfully!
Line 58 run sucessfully!
Command at line 64 was run successfully with indexY = 7
Command at line 28 was run successfully!
6 14 15 19 20 40 60 0
```

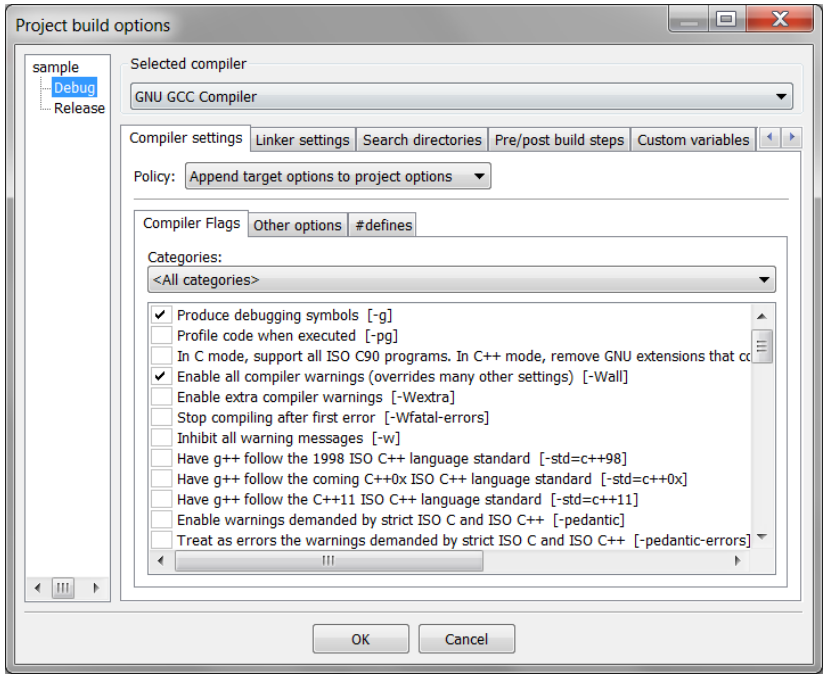
با اینکه اجرای برنامه به درستی صورت پذیرفت، اما هنوز یک مورد باقی مانده است. تعداد اعداد ورودی ۸ مورد است، اما در خروجی تنها ۷ مورد نمایش داده شده‌اند و بالاترین مقدار نیز نمایش داده نشده است. قبل از اینکه بخواهیم به خطایابی این ایراد بپردازیم، لازم است تا کدهای رهگیر مربوط به خطای قبلی را غیر فعال کنیم. این امر فرایندی زمانبر است، به ویژه برای مواردی که تعداد خطاها بیشتر یا پیچیدگی بیشتری داشته باشند. به همین منظور، لازم است تا یک روش مناسب برای خطایابی ابداع کنیم. اولین چیزی که به ذهن می‌رسد، برنامه‌ای است که خط به خط برنامه مورد نظر را اجرا کند و پس از اجرای هر

خط، مقادیر متغیر مورد نیاز را به ما نشان دهد. شاید بهتر باشد، اجرای برنامه را تا خط مشخصی ادامه داده و در آن خط برای وارسی مقادیر متغیرهای برنامه متوقف شود و پس از بررسی، اجرای برنامه را از سر گیرد.

خوشبختانه چنین برنامه‌ای وجود دارد که به آن خطایاب یا Debugger گفته می‌شود. یکی از خطایاب‌های بسیار قدرتمند و البته متن‌باز که در Code::Blocks نیز استفاده می‌شود، GDB یا GNU DeBugger است. قبل از ادامه خطایابی، لازم است تا کدهای رهگیر اضافه شده را حذف کنیم. بدین منظور می‌توانید به ابتدا هر خط از دستورات رهگیر، نشان توضیح یا // را اضافه کنید و یا آن خط را حذف کنید. در ادامه، ما فرض می‌کنیم که شما کدهای رهگیر را حذف کرده‌اید.

با توجه به تقسیم‌بندی منطقی برنامه، احتمال می‌دهیم خطا در بدنه تابع process باشد. برای بررسی عملکرد این تابع بدون اضافه کردن کدهای رهگیر، از خطایاب استفاده می‌کنیم. برای اینکه برنامه تولید شده قابلیت خطایابی داشته باشد، لازم است تا آن را با استفاده از کلید g- و بدون کلید s- ترجمه کنیم. بدین منظور، از منوی Project، گزینه ... Build options را انتخاب می‌کنیم. لازم است تا در این پنجره پس از انتخاب بخش Debug، شکل ب.۲، گزینه‌های مرتبط با کلید g- و Wall- فعال باشند.

پس از اعمال این تنظیمات، از منوی Build، بخش Select target، گزینه Debug را انتخاب می‌کنیم. حال زمان آن رسیده است تا یک بار دیگر برنامه را به کد اجرایی تبدیل کنیم. بدین منظور از منوی Build گزینه Rebuild را انتخاب می‌کنیم تا خروجی مورد نظر تولید شود. حال می‌توان برنامه را با استفاده از GDB خطایابی کرد. برای اجرای برنامه در حالت خطایاب، لازم است تا از منوی Debug گزینه Start / Continue را انتخاب کنیم. برنامه مانند سابق اجرا می‌شود. برای اینکه اجرای برنامه را در خط خاصی متوقف کنیم، لازم است تا از نقاط توقف یا breakpoint استفاده کنیم. برای اضافه کردن یک نقطه توقف در خط شماره ۲۳ برنامه که حاوی فراخوانی تابع ()process است، چند انتخاب داریم. اولین روش که ساده‌ترین است، راست کلیک کردن بر روی شماره خط در کد منبع و انتخاب گزینه Add breakpoint است. پس از انتخاب این گزینه، یک دایره قرمز رنگ در کنار شماره خط



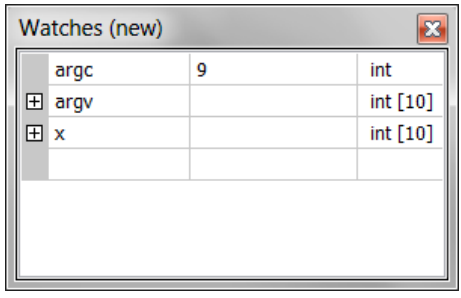
شکل ب.۲: تنظیمات لازم برای تولید نسخه مناسب خطایابی.

ظاهر می‌شود (شکل ب.۳). روش دوم، قرار دادن نشانگر متن در خط مورد نظر و سپس

شکل ب.۳: اضافه شدن یک breakpoint

انتخاب گزینه Toggle breakpoint از منوی Debug است. همچنین می‌توان از کلید میانبر F5 نیز استفاده نمود. پس از اضافه نمودن نقطه توقف در خط شماره ۲۳ و اجرای برنامه در حالت خطایابی (منوی Debug، گزینه Start / Continue)، برنامه اجرا شده اما اجرای آن قبل از خط شماره ۲۳ متوقف می‌شود. با انتخاب گزینه Watches از منوی Debug بخش Debugging windows، می‌توان دیدبان‌های مختلف را مشاهده نمود. وظیفه دیدبان، نمایش مقدار متغیری است که وظیفه دیدبانی از آن را به عهده دارد. برای اضافه کردن دیدبان، کافی

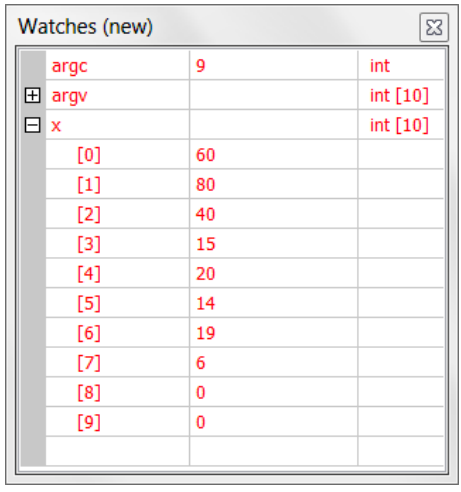
است نام متغیر را انتخاب کرده و روی آن راست کلیک کرده و از منوی کشویی، گزینه Watch 'x' را انتخاب کنیم ('x' نام متغیر است). قبل از اینکه بخواهیم وارد خطایابی تابع Process شویم، شاید بد نباشد به مقادیر نگهداری شده در آرایه x نگاهی بیاندازیم. بدین منظور، یک دیدبان برای x قرار می‌دهیم. به محض انجام این کار، مقدار متغیر x در پنجره دیدبانی نمایش داده می‌شود (شکل ب.۴). با دقت در داده‌های نمایش داده شده در پنجره



شکل ب.۴: پنجره دیدبانی

دیدبانی، مشاهده می‌شود که متغیر x یک آرایه از نوع داده int به طول ۱۰ است. با کلیک بر روی علامت + در کنار نام متغیر x در پنجره دیدبانی، مقادیر مختلف هر یک از خانه‌های آرایه x نمایش داده می‌شوند (شکل ب.۵). با مشاهده مقادیر x می‌توانیم اطمینان حاصل کنیم که همه مقادیر ورودی به درستی در آرایه x قرار گرفته‌اند.

بنابراین مسیر خطایابی را ادامه می‌دهیم. اگر بر روی گزینه Start / Continue کلیک کنیم، اجرای برنامه تا پایان آن ادامه می‌یابد. اما قصد ما ورود به بدنه تابعی است که نقطه توقف در آن قرار دارد. به همین دلیل، از گزینه Step into استفاده می‌کنیم تا اجرای برنامه وارد بدنه تابع process شده و در ابتدای تعریف تابع متوقف شود. هنگامی که خطایاب اجرای برنامه در یک خط را متوقف می‌کند، در کنار آن خط یک نشانگر زردرنگ قرار می‌گیرد (شکل ب.۶). برای اجرای خط به خط برنامه از محل توقف جاری، از گزینه Next line از منوی Debug استفاده می‌کنیم. با بررسی شرایط حلقه for در بدنه تابع process می‌توان متوجه شد که ایرادی از نظر منطقی در این قسمت از برنامه قرار ندارد و خطا در بدنه تابع ins است. برای ورود به بدنه تابع ins می‌توان یک نقطه توقف در ابتدای بدنه تابع ins قرار



شکل ب.۵: نمایش مقادیر آرایه x در پنجره دیدبانی

```
56  void process() {
57      for(indexY = 0; indexY < 10 && indexY < numInputs; ++indexY) {
58          ins(x[indexY]);
59      }
```

شکل ب.۶: وجود نشانگر زرد رنگ در کنار شماره خط بیانگر توقف خطایاب در آن خط است.

داد و یا از دستور Step into استفاده نمود. در اینجا ما از روش اول استفاده می‌کنیم، یعنی یک نقطه توقف در خط شماره ۴۰ قرار می‌دهیم و دستور Start / Continue را از منوی Debug انتخاب می‌کنیم. از آنجا که نتیجه مرتب سازی در آرایه y قرار می‌گیرد، لازم است تا برای متغیر y نیز یک دیدبان قرار دهیم. اجرا را از خط شاره ۴۰ به بعد به صورت خط به خط ادامه می‌دهیم. در هنگام بررسی متغیرها از طریق دیدبان متوجه می‌شویم که هنگامی که در تکرار دوم از حلقه خط ۵۷ در بدنه تابع process تابع ins با آرگومان ۸۰ فراخوانی می‌شود، مقدار ۸۰ در آرایه y قرار نمی‌گیرد و برنامه به سراغ عنصر بعدی می‌رود. برای خطایابی، لازم است تا مقدار متغیر indexY را نیز در اختیار داشته باشیم، به همین دلیل، یک دیدبان برای آن نیز اضافه می‌کنیم. با مشاهده دیدبان‌ها متوجه می‌شویم که در صورتی که عنصر جاری از همه عناصر آرایه y بزرگتر باشد، در آرایه y قرار نمی‌گیرد! در صورتی که لازم است تا در انتهای آرایه y قرار بگیرد. بدین منظور، پس از پایان حلقه for در خط

شماره ۵۲، دستور زیر را اضافه می‌کنیم

```
52 y[indexY] = newY;
```

اما متاسفانه هنوز برنامه به درستی کار نمی‌کند! به همین دلیل، خطایابی را مجددا در تابع ins ادامه می‌دهیم. با ادامه اجرای برنامه در حالت خطایاب، از طریق بررسی دیدبان‌ها متوجه می‌شویم که به محض اولین اجرای تابع jump، عنصر ۸۰ از آرایه y حذف می‌شود! بنابراین لازم است در اجرای تابع jump دقت بیشتری کنیم!

به همین منظور، خط شماره ۳۴ را با یک نقطه توقف علامت‌گذاری می‌کنیم و برنامه را در حالت خطایاب اجرا می‌کنیم. با استفاده از دیدبان‌ها، ایراد برنامه به سادگی مشخص می‌شود! ایراد در مقدار اولیه متغیر k در حلقه for در خط ۳۴ است که باعث از بین رفتن مقدار y[indexY] می‌شود. به منظور تصحیح این خطا، کافی است کران پایین حلقه را به صورت زیر تصحیح کنیم.

```
34 for( int k = indexY; k > j; --k) {
```

با اعمال این تصحیح و اجرای برنامه، متوجه می‌شویم که خطای برنامه به ازای این ورودی رفع شده و نتیجه صحیح در خروجی نمایش داده می‌شود.

در این بخش، ما از خطایاب‌ها برای یافتن خطای برنامه در حین اجرا استفاده کردیم. یکی دیگر از مزایایی که خطایاب‌ها می‌توانند داشته باشند، فهمیدن عملکرد برنامه‌ها و الگوریتم‌ها با استفاده از آن‌ها است.