

Portability and Safety: Java

—

—



حروف چینی شده با Persian X3

فصل ۱۳

امنیت و قابلیت حمل: جاوا

زبان برنامه نویسی جاوا^۱ توسط آقای جیمز گاسلینگ^۲ و چند تن دیگر در شرکت Sun Microsystems طراحی شد. این زبان از یک پروژه در سال ۱۹۹۰ بوجود آمد که Oak^۳ نام داشت و بر روی دستگاه هایی مورد استفاده قرار گرفت که به عنوان set-top box نیز شناخته می شدند.

set-top box دستگاه کوچک محاسباتی که به یک شبکه متوسط متصل شده و در بالای یک تلویزیون قرار می گیرد. این دستگاه ویژگی های زیادی فراهم می کند. شما می توانید تصور کنید با این فرض که یک مرورگر وب بر روی تلویزیون شما به نمایش درآمده و به جای استفاده از صفحه کلید، شما با استفاده از یک کنترل بر روی آیکون های آن کلیک می کنید. ممکن است شما بخواهید یک برنامه یا فیلم را انتخاب کنید و یا اینکه یک برنامه شبیه ساز کامپیوتر را که توانایی اجرا بر روی یک دستگاه محاسباتی را داشته باشد دانلود و اجرا کنید و آن را به نمایش درآورید. یا حتی یک تبلیغات تلویزیونی در مورد ماشین می تواند با ایجاد یک شبیه سازی منحصر به فرد رانندگی آن ماشین در جاده در قالب یک تور برای هر بیننده ایجاد کند. هرچند که این سناریو می تواند برای شما جذاب باشد، محیط گرافیکی می تواند شامل گرافیک، اجرای برنامه های ساده و ایجاد ارتباط بین یک سایت و یک برنامه که به صورت داخلی اجرا می شود، باشد.

در نقطه از توسعه Oak، مهندسين و مديران در شرکت سان میکرو سیستم متوجه یک نیاز فوری برای ایجاد یک زبان برنامه نویسی تحت مرورگر شدند، یک زبان که می توانست برای نوشتن برنامه های کوچکی که تحت شبکه منتقل می شدند و بر روی هر مرورگر استاندارد در یک پلتفرم استاندارد اجرا می شدند استفاده شود. و از طرفی نیاز برای استاندارد به دلیل خواسته ذاتی اشخاص و کمپانی ها برای

^۱Java.

^۲James Gosling همچنین به عنوان Dr.java شناخته می شوند.

^۳شرکت سان میکرو سیستم سازنده رایانه و نرم افزار است.

^۴/əʊk/ به معنی بلوط.

داشتن بیشترین مخاطب ممکن بود. علاوه بر قابل حمل بودن، همچنین نیاز به امنیت هم وجود داشت بنابراین کسی که برنامه‌ی کوچکی را دانلود می‌کرد، قادر به اجرای آن بدون ترس از ویروس کامپیوتری یا خطرات دیگر بود.

زبان برنامه نویسی Oak با هدف پیاده سازی دوباره زبان برنامه نویسی C++ شروع شد. درحالی که، این طراحی زبان هدف انتهایی پروژه نبود، بلکه تبدیل به تمرکز گروه بر روی آن شد. برخی دلایل طراحی یک زبان جدید در این کتاب بیش از حد نمایشی هستند، اما هنوز برخی نقل قول‌های آموزنده از "The Java Saga" توسط دیوید بلانک در Hot Wierd^۵ (در دسامبر ۱۹۹۵) موجود است:



جیمز گاسلینگ

جیمز گاسلینگ مهندس ارشد و طراحی کلیدی زبان برنامه نویسی و پلتفرم جاوا بود. او هم‌اکنون در مرکز تحقیقات شرکت سان بر روی ابزارهای توسعه نرم افزار فعالیت می‌کند. اولین پروژه وی در شرکت سان، سیستم پنجره NeWS^a بود که برای Sun workstation^b در سال ۱۹۸۰ توزیع شده بود. قبل از پیوستن وی به شرکت سان، گاسلینگ، یک نسخه چند پردازنده از یونیکس^c ساخت، همچنین سیستم پنجره اندرو^d به همراه ابزار آن و خیلی از کامپایلرها و سیستم‌های mail. همچنین او در نظر افراد زیادی سازنده ویرایشگر Emacs است.

تکنیکی با حس شوخ طبعی، گاسلینگ در تصویر سمت راست در حال زدن یک کیک به صورت یک بازیگر با ماسک بیل گیتس است، عکسی که در صفحه سایت خود در <http://java.sun.com/people/jag/> که تا حدی سیاسی شده است قرار دارد. جیمز گاسلینگ مدرک ارشد خود را در رشته کامپیوتر از دانشگاه کلگری^e در کانادا دریافت کرد، او همچنین مدرک دکترای خود را از دانشگاه ملون و با پایان نامه‌ای در عنوان "دستکاری جبری محدودیت‌ها"^f دریافت کرد.

^۵ سایت <http://www.hotwired.com/>

^aمخفف Network extensible Window System.

^b/sʌn 'wɜ:k steɪʃən/ به معنی ایستگاه کاری سان.

^cUNIX /'ju:nɪks/.

^dAndrew.

^eCalgary, Canada.

^fThe Algebraic Manipulation of Constraints.

■ کامپایلر و سیستم‌های زمان اجرا (ماشین مجازی جاوا)
 ■ کتابخانه گسترده، شامل جعبه ابزار جاوا برای نمایش‌های گرافیکی و کاربردهای دیگر و نمونه‌های برنامه‌های کوچک جاوا.

اگرچه کتابخانه و مجموعه ابزارها به دسترسی سریع‌تر کمک کردند، اما ما در درجه اول به زبان برنامه نویسی، پیاده سازی آن و نحوه تأثیر گذاری طراحی زبان و پیاده سازی آن علاقه مند شدیم. گاسلینگ، در زندگی عادی فروتن تر از آن چیزی است که در نقل قول قبلی نشان می دهد است، او در مورد زبان هایی که بر روی جاوا تأثیر گذار بودند چنین می گوید: ”یکی از مهم ترین زبان های تأثیر گذار بر روی طراحی جاوا زبانی ابتدایی به نام *Simula* بود. آن اولین زبان شی گرا بود که من استفاده کردم (بر روی یک CDC 6400!) ... جایی که مفهوم ’کلاس’ ابداع شده بود.”

۱۰۱۳. پیشگفتاری بر زبان جاوا

۱۰۱۰۱۳ اهداف زبان جاوا

زبان برنامه نویسی جاوا و محیط اجرایی آن با اهداف زیر طراحی شدند.

- **قابلیت حمل:** برنامه‌ها باید به آسانی بر روی شبکه انتقال پیدا کنند و به درستی بر روی محیط دریافت کننده اجرا شوند، بدون در نظر گرفتن سخت‌افزار، سیستم عامل یا حتی مرورگر مورد استفاده.
 - **قابلیت اطمینان:** به دلیل اینکه برنامه‌ها توسط افرادی از راه دور اجرا می‌شوند که کد را ننوخته‌اند، باید در حد امکان از پیام‌های خطا و قفل شدن برنامه‌ها جلوگیری کرد.
 - **امنیت:** محیط محاسباتی که برنامه را دریافت می‌کند باید نسبت به خطاهای برنامه‌نویسان و همچنین برنامه‌نویسان مخرب محافظت شده باشد.
 - **لینک شدن پویا:** برنامه‌ها در بخش‌های مختلفی توزیع شده‌اند، و هر بخش به صورت جدا و در زمان مورد نیاز در محیط اجرایی جاوا اجرا می‌شود.
 - **اجرای چندنخی:** برای اینکه همزمانی برنامه‌ها بر روی سخت افزارهای متنوع اجرا شوند، زبان باید دارای پشتیبانی صریح و رابط استاندارد برای این عمل باشد.
 - **سادگی و آشنایی:** زبان باید برای یک برنامه نویس متوسط وب جذابیت داشته باشد، معمولاً یک برنامه‌نویس زبان C یا یک برنامه نویس که حدوداً با C/C++ آشناست.
 - **بازدهی:** این امر مهم است، ولی ممکن است جزء ملاحظات ثانویه قرار گیرد.
- در حالت کلی، تمرکز کمتر بر روی بازدهی زبان انعطاف بیشتری را برای برنامه‌نویسان جاوا نسبت به C++ ایجاد کرد.

۲.۱.۱۳ تصمیمات طراحی

برخی از اهداف طراحی و تصمیمات طراحی کلی در **جدول ۱.۱۳** قرار دارند، که در آن علامت + به معنی این است که آن تصمیم منجر به تأثیر مثبت در آن هدف، علامت - به معنی تأثیر منفی در آن هدف، و +/- نشان دهنده این است که برخی معایب و برخی مزایا در این تصمیم وجود دارد. همچنین برخی خانه‌ها خالی مانده‌اند، که نشان دهنده بی تأثیر یا کم تأثیر بودن آن تصمیم در آن هدف است. به راحتی می‌توانیم اهمیت بازدهی در فرایند طراحی جاوا را با نگاه کردن به راست‌ترین ستون متوجه شویم. اما این بدین معنی نیست که بازدهی کاملاً بی‌نیاز قربانی شده باشد، و فقط نسبت به دیگر اهداف در اولویت اول قرار نداشت.

مفسری بودن. شروع و بیشتر پیاده‌سازی جاوا بر پایه تفسیر بایت کد^۶ است. که در **بخش ۴.۱۳** بیشتر در این مورد بحث شده است. به طور خلاصه برنامه‌های جاوا ابتدا به یک زبان ساده و سطح پایین کامپایل می‌شوند. این زبان، بایت کد نام دارد، به این دلیل که معمولاً زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که برنامه‌های جاوا در بستر شبکه به عنوان قسمتی از صفحه وب ارسال می‌شوند. بایت‌کدهای جاوا توسط یک مفسر به نام ماشین مجازی جاوا (JVM)^۷ اجرا می‌شوند. یکی از مزایای این معماری این است

^۶byte code /baɪt kəʊd/.

^۷Java virtual machine , /'dʒɑ:və 'və:tʃu(ə)l mə'ʃi:n/.

جدول ۱.۱۳: تصمیمات طراحی جاوا

قابلیت حمل	امنیت	سادگی	بازدهی
مفسری بودن	+	+	-
نوع ایمنی	+	-/+	-/+
بیشتر مقادیر شی هستند	-/+	+	-
اشیاء اشاره گر هستند	+	+	-
زباله روب	+	+	-
پشتیبانی از همزمانی	+	+	

که هنگامی که JVM برای یک سخت افزار و سیستم عامل خاص پیاده سازی می شود، تمام برنامه های جاوا می توانند بدون تغییر در کد در آن اجرا شوند. علاوه بر قابلیت حمل، تفسیر شدن این بایت کدها به اجرای ایمن کمک می کنند، و درست زمانی فرمانی نقض شود تشخیص گر معنایی زبان جاوا قبل از اجرا آن را تشخیص می دهد. برای یک مثال خوب می توان به چک شدن حدود آرایه اشاره کرد. چون تشخیص اینکه یک برنامه به خارج از مرز آرایه دسترسی دارد در زمان کامپایل ممکن نیست. اما، JVM تست های زمان اجرایی دارد تا مطمئن شود هیچ برنامه ای به خارج از مرز آرایه خود دسترسی ندارد.

نوع ایمنی. سه سطح از نوع ایمنی در جاوا وجود دارد. اولین آن چک کردن سورس کد جاوا در زمان کامپایل است. تشخیص نوع جاوا مانند خیلی از تشخیص نوع های مرسوم عمل می کند (همانند پاسکال^۸، C++ و غیره)، که از کامپایل برنامه هایی که از رویه زبان جاوا پیروی نمی کنند جلوگیری می کند. هیچ عملیات ریاضی بر روی اشاره گر ها وجود ندارد، هیچ نوع تبدیل صریحی وجود ندارد و زبان زباله روبی می شود، برای مثال اثبات شده است که یک درجه از امنیت نوع بیشتر نسبت به C++ را دارد. و سطح دوم از امنیت نوع، چک کردن نوع قبل از زمانی است که برنامه های بایت کد جاوا اجرا می شوند. و سطح سوم چک کردن نوع در زمان اجرا است، مانند چک کردن حدود آرایه که در زیر بخش قبل توضیح داده شد. به علاوه بر امنیت، سیستم نوع جاوا برخی از ساختارهایی را که ممکن است سیستم معنایی و یا اجرایی زبان را پیچیده کنند، ساده سازی و حذف می کند.

اشیاء و ارجاعات^۹. در جاوا حدوداً همه چیز شی هستند، ولی نه همه چیز. به صورت خاص، برخی از انواع معین و پایه مثل اعداد صحیح^{۱۰}، نوع بولین^{۱۱} و رشته ها شی نیستند. این مقایسه بین سادگی و کارایی است. در بیان جزئی تر، اگر تمامی عملیات مربوط به اعداد صحیح نیازمند مراجعه پویا

^۸یک زبان برنامه نویسی کامپایلری.^۹References.^{۱۰}Integer.^{۱۱}Boolean.

به حافظه باشند، به طور قابل ملاحظه‌ای باعث کند شدن محاسبات در اعداد صحیح می‌شود. یک تصمیم ساده در مورد اشیاء باعث شد که تمامی آنها از طریق اشاره‌گر در دسترس باشند و انتصاب با استفاده از اشاره‌گر تنها نوع انتصابی است که برای تمام اشیاء فراهم دیده شده. این امر باعث سادگی برنامه‌ها در مسائل خاص شده است، اما در برخی شرایط کارایی برنامه را کاهش می‌دهد.

تمامی پارامترها در متدهای جاوا با استفاده از مقدار فرستاده می‌شوند. زمانی که یک پارامتر یک نوع ارجاعی دارد (شامل تمامی اشیاء و آرایه‌ها)، اگرچه خودش یک نوع ارجاع است، اما کپی شده و با مقدار فرستاده می‌شود. در واقع، این یعنی که مقادیر نوع‌های اولیه با مقدار و اشیاء با ارجاع ارسال می‌شوند.

زباله روب. همانطور که در زیر بخش ۱۰.۲.۶ بحث شد، زباله روب برای کامل کردن ایمنی نوع نیاز است. زباله روب همچنین باعث ساده شدن برنامه نویسی می‌شود، که با حذف آن قسمت از کد که باید تشخیص داده شود که چه لحظه‌ای باید بازپس‌گیری حافظه انجام شود، اما باعث کندی اجرا می‌شود. زباله روب جاوا از مزایای همزمانی در برنامه استفاده می‌کند، به این حالت که در پس زمینه اجرای برنامه و به صورت یک رشته با اولویت پایین پیاده سازی شده است، که این اجازه را به زباله روب می‌دهد تا زمانی اتفاق بیافتد که کاربر متوجه افت سرعت نشود.

پیوند پویا. کلاس‌هایی که در جاوا تعریف و استفاده شده‌اند ممکن است به صورت مکرر در JVM بارگزاری شوند، درست زمانی که آنها مورد نیاز برنامه اجرایی باشند. این کار زمان سپری شده بین شروع انتقال برنامه بر بستر شبکه و زمان شروع اجرای آن را کوتاه‌کند، درحالی که برنامه درست قبل از اینکه تمام کد منتقل شود می‌تواند اجرا شود. علاوه بر این در صورتی که برنامه‌ای بدون اینکه به کلای نیاز داشته باشد خاتمه یابد در اینصورت آن کلاس در JVM بارگزاری و حتی انتقال داده نمی‌شود. پیوند پویا تأثیر چندانی بر روی طراحی زبان ندارد، غیر از نیاز برای رابط‌های شفاف که بتوانند قسمت‌هایی از یک برنامه را تحت برخی فرضیات نسبت به قسمتی از کد فراهم شده در بخش دیگر برنامه چک کنند.

پشتیبانی/از همزمانی. جاوا یک مدل همزمانی بر پایه رشته‌ها^{۱۲} دارد، که به فرایندهای همزمان وابسته است. این یک قسمت مهم از زبان است، به دو دلیل طراحی اساسی و اهمیت داشتن اصول همزمانی استاندارد به عنوان قسمتی از زبان جاوا است. به طور واضح اگر همزمانی جاوا وابسته به مکانیسم وابسته به سیستم عامل بود، به هیچ عنوان نمی‌توانست بین دستگاه‌های دیگر قابلیت حمل داشته باشد.

سادگی. اگرچه جاوا در طی سال‌ها رشد کرده و ویژگی‌هایی مانند کلاس‌های داخلی و بازتاب به نظر ساده نیستند، اما این زبان هنوز هم خیلی ساده‌تر و کوچک‌تر از دیگر زبان‌های همه منظوره و برپایه کیفیت تولید است. یکی از راه‌هایی که که متوجه بشید زبان جاوا ساده است این است که لیست ویژگی‌هایی از C++ را که در جاوا وجود ندارند را ببینید. که این شامل ویژگی‌های زیر می‌شود:

■ ساختارها و اتحادها: ساختارها در رده اشیاء قرار می‌گیرند، و برخی از کاربردهای اتحادها را

¹²threads.

- می‌توان با کلاس‌هایی که از یک کلاس ارث‌بری شده‌اند جایگزین کرد.
 - توابع را می‌توان با متدهای ایستا جایگزین کرد.
 - ارث‌بری چندگانه پیچیده است و در بیشتر مواقع اگر یک مفهوم رابط ساده‌تر از جاوا استفاده شود می‌توان از آنها پرهیز کرد.
 - **Goto** ضروری نیست.
 - سربارگذاری عملگرهای پیچیده است و غیر ضروری تلقی می‌شود، توابع جاوا می‌توانند سربارگذاری شوند.
 - تبدیل‌های خودکار پیچیده هستند و غیر ضروری تلقی می‌شوند.
 - اشاره‌گرها به طور پیش‌فرض برای اشیاء وجود دارند و برای بقیه نوع‌ها نیاز نیستند، پس در نتیجه یک نوع اشاره‌گری جدا نیاز نیست.
- برخی از این ویژگی‌ها که در C++ موجود هستند به دلیل سازگاری رو به عقب با C است. و بقیه به دلایل برخی تصمیمات از جاوا حذف شده‌اند، به این دلیل که آنها تصمیم گرفتند که پیچیدگی اضافه کردن آن ویژگی‌ها خیلی بیشتر از عملکرد آنها مورد توجه است. و قابل توجه‌ترین حذف ویژگی مربوط به ارث‌بری چندگانه، تبدیل‌های خودکار، سربارگذاری عملگرها و عملیات اشاره‌گر در C و C++ هستند.

۲۰۱۳ کلاس‌های جاوا و ارث‌بری

۱.۲.۱۳ کلاس‌ها و اشیاء

جاوا در به نحو C++ نوشته شده است، پس در نتیجه برنامه‌نویسی آن هم به برنامه نویسان C و C++ نزدیک تر است. این باعث می‌شود که کد نقطه یک بعدی که در زیربخش ۱.۳.۱۲ آمده است، به کدی که به جاوا تبدیل شده است خیلی شبیه‌تر باشد. که در اینجا یک ورژن خلاصه شده از کلاس با حذف متد `move` را داریم:

```
1 class Point {
2     public int getX() { ...}
3     protected void setX (int x) { ...}
4     private int x;
5     Point(int xval) {x = xval;}
6 };
```

مانند خیلی از زبان‌های دیگر کلاس محور، جاوا هم داده‌ها و توابع را با تمام شی‌هایی که توسط این کلاس ساخته می‌شوند مرتبط می‌کند. و زمانی که یک شی ایجاد می‌شود فضای داده‌های آن اختصاص داده شده و سازنده برای مقدار دهی اولیه مقادیر فراخوانی می‌شود. مانند C++ سازنده نامی برابر با نام کلاس دارد. و همچنین مانند C++ اجزاء در کلاس `point` دسترسی‌های `public`، `private` و `protected`

را دارند. همچنین `public`، `private` و `protected` کلمات کلیدی جاوا هستند، و همانطور که در زیربخش ۲.۲.۱۳ اشاره شده، این خصوصیات دسترسی به معنی شبیه بودن این دو زبان نیست.

اصلاحات جاوا اندکی با `Simula`، `Smalltalk` و `C++` متفاوت است، که در اینجا یک خلاصه کوتاه از مهم‌ترین اصلاحات استفاده شده در توصیف جاوا را بررسی می‌کنیم:

- کلاس و شیء اساساً همانند دیگر زبان‌های برپایه کلاس و شیء‌گرا به یک معنی هستند.
- فیلد،^{۱۳} داده عضو، متد^{۱۴} : توابع عضو، عضو/ایستا^{۱۵} : مشابه به فیلد کلاس و یا متد کلاس در `Smalltalk`، `this`^{۱۶} : مانند `this` در `C++` و یا `self` در `Smalltalk` مشخصه `this` در بدنه متدهای جاوا به معنی شیء است که این متد را فراخوانی کرده است.
- متدهای بومی: متدهایی که در زبان دیگری نوشته می‌شوند، مانند `C`
- پکیج: یک مجموعه از کلاس‌ها که یک فضای نام را به اشتراک می‌گذارند.

ما خیلی از مشخصات کلاس‌ها در جاوا را شامل فیلدها و متدهای ایستا، سربار گذاری، متدهای پایانی، متد `main`، متد `toString` که برای چاپ یک نما از شیء و همچنین امکان استفاده از کدهای بومی را مشاهده کردیم. ما در ادامه بحث‌هایی حول زمان اجرای جاوا از اشیاء و پیاده‌سازی متد `lookup` در بخش ۴.۱۳ که در رابطه با ایجاد یک ارتباط به جنبه‌های دیگر ساختار زمان اجرای سیستم است، خواهیم داشت.

مقدار دهی/اولیه. جاوا تضمین می‌کند، زمانی که یک شیء ساخته می‌شود یک سازنده هم فراخوانی می‌شود. و به دلیل اینکه با ارث‌بری مسائلی ایجاد می‌کند، از قسمت در زیربخش ۳.۲.۱۳ مفصل بحث شده است.

متدها و فیلدهای ایستا. متدها و فیلدهای ایستا در جاوا مشابه به متد و فیلد در `Smalltalk` است. اگر یک فیلد به صورت ایستا تعریف شود، در نتیجه آن فیلد برای کل کلاس مشترک است و نه برای هر یک شیء و اگر متدی ایستا تعریف شود در نتیجه این متد بدون یک شیء از کلاس می‌تواند فراخوانی شود. در حالت کلی، متدهای ایستا می‌توانند حتی قبل از اینکه شیء از کلاس ایجاد شوند، فراخوانی شوند. در نتیجه متدهای ایستا تنها قابلیت دسترسی به فیلدهای ایستا و بقیه متدهای ایستا را دارند. آنها نمی‌توانند به شیء `this` ارجاع کنند زیرا هیچ قسمتی از شیء خاصی از کلاس نیستند. در خارج از یک کلاس عضو ایستا با اسم خود کلاس فراخوانی می‌شود که فراخوانی آن به صورت `class_name.static_method(args)` است و نه از طریق یک شیء از کلاس.

فیلدهای استاتیک می‌توانند با یک عبارت یا یک بلوک مقدار دهی ایستا، مقدار دهی شوند. که هر دو در قطعه کد زیر نمایش داده شده‌اند.

```
1 class ... {
```

¹³field.

¹⁴Method.

¹⁵static member.

^{۱۶} اشاره‌گری به شیء جاری

```

2  /* --- static variable with initial value --- */
3  static int x = initial value;
4  /* --- static initialization block --- */
5  static { /* code to be executed once, when class is loaded */
6  }
7 }

```

همانطور که از کامنت‌های برنامه مشخص است، بلوک مربوط به ایستا در کد فقط یک بار زمانی که کلاس بارگذاری می‌شود اجرا می‌شود. بارگذاری کلاس در بخش ۴.۱۳ در اتصال به JVM مفصل بحث شده است. قوانین مختلفی بر ترتیب اجرای مقداردهی‌های ایستا حاکم است. زمانی که یک کلاس شامل هر دو مقداردهی، هم نوع عبارت و هم بلاک ایستا است. حتی محدودیت‌هایی هم بر مقداردهی ایستا وجود دارد. برای

مثال، یک مقداردهی ایستا نمی‌تواند یک حالت استثنا ایجاد کند، به این دلیل که هیچ اطمینانی وجود ندارد که یک کنترل‌کننده متناظر در هنگام بارگذاری کلاس برای آن ایجاد شود.

سربارگذاری. سربارگذاری در جاوا برحسب امضاء متد است، که شامل اسم متد، تعداد پارامترها و نوع هر پارامتر ورودی است. و همچنین اگر دو متد از یک کلاس (چه هر دو در یک کلاس اعلان شده باشند یا هر دو ارث‌بری شده باشند و یا یکی ارث‌بری شده و دیگری اعلان شده باشد) اسم یکسان^۷ اما امضاء متفاوتی داشته باشند، در نتیجه متد نام آنها سربارگذاری شده است. و همانند دیگر زبان‌ها در زمان کامپایل چک می‌شود.

زباله روب و نهایی کردن. به دلیل اینکه جاوا زباله روبی می‌شود، هیچ نیازی بر آزاد سازی صریح اشیاء نیست. به علاوه، برنامه نویسان نیازی به نگرانی در مورد ارجاع‌های زائدی که توسط بازپس‌گیری حافظه انجام می‌شود ندارند. هرچند زباله روب فقط فضایی که توسط یک شیء ایجاد شده است را باز پس‌گیری می‌کند. اما اگر شیء دسترسی بر نوع خاصی از منبع را نگه دارد، در نتیجه این منبع باید زمانی که این شیء دیگر در دسترس نیست آزاد شود. به همین دلیل، اشیاء در جاوا، متد `finalize` دارند که بر اساس دو شرط فراخوانی می‌شوند، به وسیله زباله روب، زمانی که فضا بازپس‌گیری می‌شود و به به وسیله ماشین مجازی، زمانی که ماشین مجازی خاتمه می‌یابد. یکی از عرف‌های مفید متد `finalize` فراخوانی `super.finalize` است. همانطور که در ادامه نشان می‌دهیم، هر قطعه کد خاتمه‌ای مربوط به کلاس پدر نیز فراخوانی می‌شوند:

```

1 class ... {
2     ...
3     protected void finalize () {
4         super.finalize();
5         close(file);
6     }
7 };

```

همچنین یک بازخورد جالب بین متد `finalize` و استثناها وجود دارد، بدین‌گونه که در صورت رخ دادن هر استثنا مدیریت نشده‌ای آن استثنا نادیده گرفته می‌شود.

یک مشکل مرتبط با متد `finalize` کنترل نداشتن صریح برنامه‌نویس زمان فراخوانی متد `finalize` است. که این تصمیم‌گیری به سیستم زمان اجرا واگذار شده است. و در صورتی که یک شیء یک منبع مشترک را در دسترس داشته باشد مشکل ساز است، برای مثال، چنانچه که قفل دسترسی ممکن است تا زمانی که زباله روب تشخیص ندهد که برنامه به فضای بیشتری نیاز دارد آزاد نشود. که یک راه‌حل گذاشتن عملگرهایی از جمله آزاد سازی تمامی قفل دسترسی‌ها^{۱۷} یا منابع دیگر در متدی که صریحاً در برنامه فراخوانی می‌شود. این مورد تا زمانی که درستی کار می‌کند که تمامی کاربران استفاده کننده از کلاس اسم متد را بدانند و به یاد داشته باشند که این متد را زمانی که شیء، دیگر به منابع نیاز نداشت فراخوانی کنند.

برخی از دیگر جنبه‌های جذاب اشیاء و کلاس‌های جاوا، متدهای `main` که برای شروع اجرای برنامه استفاده می‌شود، متدهای `toString` که برای تولید یک نمایش چاپی از شیء به کار می‌رود، و امکان تعریف متدهای بومی است:

- `main` : ک برنامه جاوا از کلاسی فراخوانی می‌شود که اسم آن از اسم برنامه مشتق گرفته شده است. این کلاس باید یک متد `main` داشته باشد که باید دسترسی `public` و در نوع `static`^{۱۸} باشد و نوع `void`^{۱۹} را برگرداند. همچنین یک تک آرگومان از نوع `String[]` نیز دریافت کند. متد `main` در یک آرایه رشته به همراه برنامه فراخوانی شده است. هر کلاسی با یک متد `main` می‌تواند به صورت مستقیم فراخوانی شود مثل اینکه یک برنامه مستقل است، که می‌تواند برای امتحان مناسب باشد.
- `toString` : یک کلاس ممکن یک متد `toString` تعریف کند، و زمانی فراخوانی می‌شود که یک تبدیل نوع به رشته نیاز باش، مانند چاپ یک شیء.
- متدهای بومی: یک متد بومی، متدی است که در زبان دیگر نوشته می‌شود، مانند C با استفاده از متدهای بومی قابلیت حمل و امنیت برنامه کاهش پیدا می‌کند. کدهای بومی را نمی‌توان بر حسب تقاضا بر روی شبکه منتقل کرد، و کنترل‌های موجود در JVM به دلیل تفسیر نشدن کد با ماشین مجازی، بی‌اثر هستند. دلایل استفاده از کدهای بومی (۱) کارایی کد شیء بومی و (۲) دسترسی به کد و برنامه‌هایی که در حال حاضر در زبان دیگر نوشته شده‌اند، هستند.

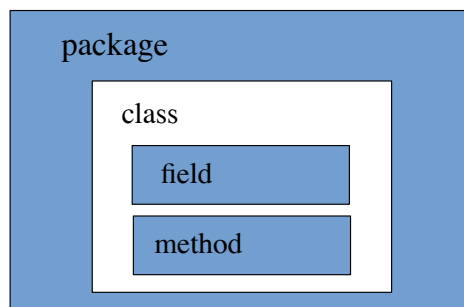
¹⁷lock.

¹⁸ایستا.

¹⁹پوچ.

۲.۲.۱۳ بسته‌ها و رؤیت

جاوا چهار رؤیت متفاوت برای فیلدها و متدها دارد، که سه مورد آنها مربوط به سطوح رؤیت در C++ و چهارمین آن ناشی از وجود بسته‌ها است.



شکل ۱.۱۳: بسته‌های جاوا و سطوح رؤیت کلاس.

بسته‌های جاوا کیسوله سازی مشابه با فضای نام ^{۲۰} C++ دارند که اجازه می‌دهند، اعلان‌های مرتبط با برخی اعلان‌های دیگر یک دسته شوند و از بسته‌های دیگر مخفی باشند. در یک برنامه جاوا، هر فیلد و متد متعلق به یک کلاس خاص است و هر کلاس بخشی از یک بسته است، همانطور که در شکل ۱.۱۳ آمده است، یک کلاس می‌تواند متعلق به یک بسته بی‌نام پیش فرض، یا برخی از بسته‌های دیگر که در فایلی که شامل کلاس است مشخص شده‌اند، باشد.

تمایزات رؤیت ^{۲۱} در جاوا حالت‌های زیر هستند:

- عمومی ^{۲۲}: قابل دسترس در همه جا و کلاس قابل رؤیت است.
- محافظت شده ^{۲۳}: قابل دسترس در متدهای کلاس و هر زیر کلاسی، و همچنین به کلاس‌های دیگر در بسته یکسان.
- خصوصی ^{۲۴}: قابل دسترس فقط در خود کلاس.
- بسته ^{۲۵}: قابل دسترس فقط در کد با بسته یکسان، و در زیر کلاس‌های بسته‌های دیگر قابل رؤیت نیست. اعضای که با یک مشخصه دسترسی خاصی اعلان نشده‌اند، فقط دسترسی بسته را دارند.

به عبارت دیگر، یک متد می‌تواند به عضوی از کلاسی که به آن تعلق دارد، به اعضای غیر خصوصی

²⁰ namespaces.

²¹ visibility.

²² public.

²³ protected.

²⁴ private.

²⁵ package.

همه کلاس‌ها در یک بسته، اعضای محافظت شده از کلاس‌های پدر (شامل کلاس‌های پدر در بسته‌های دیگر)، و همچنین اعضای عمومی همه کلاس‌ها در هر بسته قابل رؤیتی، مراجعه کند. نام‌های که در بسته‌های دیگر اعلان شده‌اند می‌توانند به وسیله `import` قابل دسترس باشند، که اعلان‌های دیگر بسته‌ها را وارد می‌کند، یا اسامی واجد شرایط که در حالت زیر هستند، که نشان می‌دهد، بسته صریحاً شامل اسم است:

`java.lang.String.substring()`
 package class method

۳.۲.۱۳ ارث‌بری

در اصلاح، یک زیرکلاس از کلاس پدر خود ارث‌بری می‌کند. که مکانیسم ارث‌بری جاوا ذاتاً مشابه ارث‌بری در Smalltalk، C++، دیگر زبان‌های برپایه کلاس و شیء کرا است. که نحو نگارش آن در ارث‌بری مشابه C++، اما با کلیدواژه `extends` است. همانطور که در این مثال نشان داده شده است، کلاس `ColorPoint` از کلاس `Point` در زیربخش ۱.۲.۱۳ گسترش یافته است:

```
1 class ColorPoint extends Point {
2     // Additional fields and methods
3     private Color c;
4     protected void setC (Color d) {c = d;}
5     public Color getC() {return c;}
6     // Define constructor
7     ColorPoint(int xval, Color cval) {
8         super(xval); // call Point constructor
9         c = cval;
10    } // initialize ColorPoint field
11 };
```

برجسته‌سازی متد^{۲۶} و پنهان‌سازی فیلدها. همانطور که در زبان‌های دیگر، یک کلاس تمامی فیلدهای کلاس پدر خود را به ارث می‌برد، بجز زمانی که یک فیلد یا متد به همان نام در زیرکلاس مورد نظر اعلان شده باشد. زمانی که یک متد در کلاس فرزند با یک متد در کلاس پدر هم نام باشد، زیرکلاس آن متد را با همان امضاء برجسته می‌کند. در یک برجسته‌سازی نوع بازگشتی متد نباید با متدی که برجسته^{۲۷} می‌شود، با برگشت دادن نوع داده دیگر تداخل داشته باشد. یک متد برجسته شده می‌تواند به وسیله کلمه کلیدی `super` قابل دسترس باشد. برای فیلدها، یک اعلان فیلد در کلاس فرزند با اسم مشابه، تمامی فیلدهای کلاس پدر با همان نام را پنهان می‌کند. یک فیلد می‌تواند با یک نام توصیف شده (اگر نوع آن ایستا باشد) یا با استفاده از یک عبارت دسترسی به فیلد که شامل یک تبدیل به نوع

^{۲۶} برتر سازی متد overriding.

^{۲۷} override /əʊnə'raɪd/.

کلاس پدر است و یا استفاده از کلیدواژه `super` قابل دسترس باشد.

سازنده‌ها. جاوا ضمانت می‌کند، زمانی که یک شیء ایجاد شود سازنده آن نیز فراخوانی می‌شود. در کامپایل شدن سازنده زیرکلاس، کامپایلر چک می‌کند که حتماً سازنده کلاس پدر نیز فراخوانی شود. که اینکار به روشی خاصی که عموماً برنامه‌نویسان در نظر دارند، انجام می‌شود. بخصوص زمانی که در خط ابتدایی یک سازنده فراخوانی سازنده کلاس پدر انجام نشده است، در نتیجه کامپایلر فراخوانی تابع `super()` را در خط اول اضافه می‌کند. البته این حالت همیشه درست عمل نمی‌کند، زیرا اگر کلاس پدر سازنده‌ای با هیچ آرگومانی^{۲۸} وجود نداشته باشد. فراخوانی متد `super()` با سازنده‌های اعلان شده همخوانی نخواهد داشت، و در نتیجه باعث خطای زمان کامپایل می‌شود. یک استثنا در این مورد زمانی است که یک سازنده سازنده دیگری را فراخوانی کند. در این حالت سازنده اول نیازی به فراخوانی سازنده کلاس پدر را ندارد، اما سازنده دوم باید این کار را انجام دهد. برای مثال، اگر چنین سازنده کلاسی `{ ColorPoint(0,blue); ColorPoint() } ColorPoint` به کلاس `ColorPoint` که قبلاً معرفی شد اضافه شود. در نتیجه این سازنده بدون اضافه کردن فراخوانی از سازنده کلاس پدر کامپایل می‌شود. یک عجب جزئی جاوا متفاوت بودن رفتارهای ارث‌بری در دو متد `finalize`^{۲۹} و سازنده است، که کامپایلر هیچ اجباری برای فراخوانی متد `finalize` کلاس پدر در متد `finalize` زیرکلاس وجود ندارد.

متد نهایی^{۳۰} و کلاس‌ها. جاوا دارای مکانسیم‌های جذابی برای محدود سازی زیرکلاس‌های یک کلاس دارد: به این ترتیب که یک متد یا تمام یک کلاس می‌تواند به صورت `final` اعلان شود. اگر کلاس `final` باشد در نتیجه، آن کلاس نمی‌توند هیچ زیر کلاسی داشته باشد. دلیل این ویژگی این است که اگر یک برنامه نویس بخواهد تمام رفتارهای تمامی شیء‌های یک نوع را تعریف کند. به دلیل اینکه یک زیرکلاس زیرنوع‌هایی ایجاد می‌کند، همانطور که در بخش ۳.۱۳ بررسی خواهد شد، اینکار نیازمند چند محدودیت بر روی زیرکلاس‌ها است. برای نشان دادن یک مثال مناسب، الگوی یکتایی^{۳۱} است که در بخش ۴.۱۰ مورد بررسی قرار گرفت، که نشان داد چطور کلاسی طراحی کنیم که فقط یک شیء از کلاس بتواند ایجاد شود. این الگو سازنده را مخفی می‌کند و فقط یک تابع عمومی ایجاد می‌کند که در حین اجرای برنامه فقط یک بار می‌تواند سازنده را فراخوانی کند، اما فقط اگر هیچ زیرکلاسی متدی عمومی را برای ایجاد بیشتر از یک شیء `override` نکند. اگر برنامه نویس واقعاً بخواهد الگوی یکتایی اجبار کند، باید راهی برای جلوگیری از برنامه نویسان برای تعریف زیرکلاس از یک کلاس یکتا، باشد. کلاس جاوا `java.lang.System` یک مثال دیگر برای یک کلاس `final` است. این کلاس `final` است، تا برنامه نویسان متدهای سیستم را `override` نکنند.

به عبارت دیگر، متد `final` جاوا برعکس توابع مجازی^{۳۲} `C++` است: متدهای جاوا تا زمانی که

^{۲۸} متغیرهایی که در ورودی تابع تعبیه می‌شوند تا بتوان به هنگام فراخوانی مقادیر را به تابع فرستاد.

^{۲۹} نهایی سازی.

^{۳۰}Final method.

^{۳۱}singleton

^{۳۲}virtual functions.

به عنوان `final` معرفی نشده باشند، می‌توانند `override` شوند، اگر چه توابع عضو `C++` فقط زمانی می‌توانند `override` شوند که به عنوان تابع مجازی در نظر گرفته شوند. این قیاس خیلی دقیق نیست، هرچند که یک تابع عضو `C++` نمی‌تواند همزمان در یک کلاس مجازی باشد و در کلاس پدر خود و یا در کلاس مشتق شده آن مجازی نباشد، زیرا، شکل یکسان مورد نیاز جدول مجازی برای کلاس‌های پایه و مشتق شده را نقض می‌کند.

کلاس `Object`. در اصل، هر کلاس که در جاوا اعلان می‌شود یک گسترش^{۳۳} از کلاسی دیگر است، بدین صورت که هر کلاسی که صراحتاً از کلاس دیگری ارث برای نشود به عنوان یک زیر کلاس از کلاس `Object` در نظر گرفته می‌شود. کلاس `Object` یک کلاس است که هیچ کلاس پدری ندارد. کلاس `Object` شامل متدهای زیر است که در کلاس‌های مشتق شده `override` می‌شوند:

- `getClass` که یک شیء کلاس را که نمایانگر شیء کلاس است را بر می‌گرداند. که می‌تواند برای پی بردن به اسم کاملاً توصیف شده کلاس، اعضای آن کلاس، کلاس پدر بی واسطه آن و رابط‌هایی که کلاس پیاده سازی می‌کند استفاده کرد.
 - `ToString` یک رشته که نمایانگر شیء است بر می‌گرداند.
 - `equals` که یک ارزش از مفهوم شیء تعریف می‌کند، که مرجع مقایسه نیست.
 - `hashCode` که یک مقدار برای ذخیره سازی شیء در جداول درهم^{۳۴} را بر می‌گرداند.
 - `clone` که برای ایجاد یک کپی از شیء استفاده می‌شود.
 - متدهای `wait`، `notify` و `notifyAll` که در برنامه نویسی همزمانی استفاده می‌شود.
 - `finalize` که درست زمانی که یک شیء از بین برود اجرا می‌شود (که در زیر بخش ۱.۲.۱۳ مرتبط با زباله روب مورد بررسی قرار گرفت).
- به دلیل اینکه تمامی کلاس‌ها از متدهای کلاس `Object` ارث‌بری می‌کنند، در نتیجه هر شیء تمامی متدهایی که در بالا ذکر شد را دارد.

۴.۲.۱۳ کلاس‌های انتزاعی و رابط‌ها

مکانیزم کلاس‌های انتزاعی

^{۳۵} زبان جاوا مشابه با زبان `C++` است. همانطور که ما در فصل ۱۲ بررسی کردیم. کلاس انتزاعی کلاس است که تمامی متدهای آن نیاز به پیاده سازی ندارند و از طرفی دیگر هیچ نمونه‌ای نمی‌تواند داشته باشد. جاوا از کلیدواژه `abstract` به جای نحو `"=0"` در `C++` استفاده می‌کند، که در کد زیر نشان داده شده است:

³³extend, inherited

³⁴hash table.

³⁵abstract.

همچنین جاوا یک قالب از کلاس "انتزاعی خالص" را نیز دارد که رابط ^{۳۶} نامیده می‌شود. یک رابط مانند یک کلاس تعریف می‌شود، بجز اینکه تمام اعضای یک رابط باید ثابت یا متد انتزاعی باشند. یک رابط هیچ پیاده سازی مستقیمی ندارد، اما کلاس‌ها ممکن است طوری اعلان شوند که یک رابط را ^{۳۷}implement کنند. به علاوه، یک رابط ممکن است به عنوان یک افزونه برای سایر کلاس‌ها باشد، که یک قالب از ارث برای رابط است.

یکی از دلایل اینکه برنامه نویسان جاوا به جای کلاس‌های انتزاعی خالص از رابط و در زمانی که یک مفهوم تعریف شده اما پیاده سازی نشده است، استفاده می‌کنند، این است که جاوا اجازه می‌دهد که یک کلاس مجزا چندین رابط را implement کند، درحالی که یک کلاس فقط می‌تواند یک کلاس پدر داشته باشد. در کلاس و رابط‌های زیر این حالت به نمایش درآمده است. رابط Shape چند ویژگی از یک شکل هندسی ساده را مشخص می‌کند، برای مثال هرکدام دارای یکی نقطه مرکزی و یک متد ^{۳۸}rotate هستند. و همچنین Drawable چند ویژگی از شیء را که می‌تواند بر روی صفحه به نمایش درآید را نشان می‌دهد. اگر دایره یک شکل هندسی است پس همچنین می‌تواند بر روی صفحه به نمایش درآید، در نتیجه همانطور که در ادامه نشان داده شده است، کلاس Circle می‌تواند به نحوی اعلان شود که هر دو Shape و Drawable را implement کند.

```
1 interface Shape {
2     public Point center();
3     public void rotate(float degrees);
4 }
5 interface Drawable {
6     public void setColor(Color c);
7     public void draw();
8 }
9 class Circle implements Shape, Drawable {
10    // does not inherit any implementation
11    // but must define Shape, Drawable methods
12 }
```

برخلاف ارث‌بری چندگانه در C++ (که در بخش ۵.۱۲ بررسی شد)، هیچ مشکل تصادم اسم در رابط‌های جاوا وجود ندارد. به طور خاص، فرض کنید که دو رابط Shape و Circle تعریف شده در قبل هر دو متد Size را پیاده سازی کرده‌اند. اگر متدهای Size هر دو تعداد آرگومان با نوع یکسان داشته باشند. در نتیجه کلاس Circle باید یک متد Size با این با تعداد آرگومان و نوع آرگومان موجود در دو رابط پیاده سازی کند. از طرف دیگر، اگر دو متد Size آرگومان‌هایی با تعداد و یا نوع متمایز داشته باشند، در نتیجه آنها به عنوان دو متد متفاوت در نظر گرفته شده و کلاس Circle باید

^{۳۶}interface.

^{۳۷} در اینجا به عنوان یک کلمه کلیدی به کار رفته است.

^{۳۸} دوران.

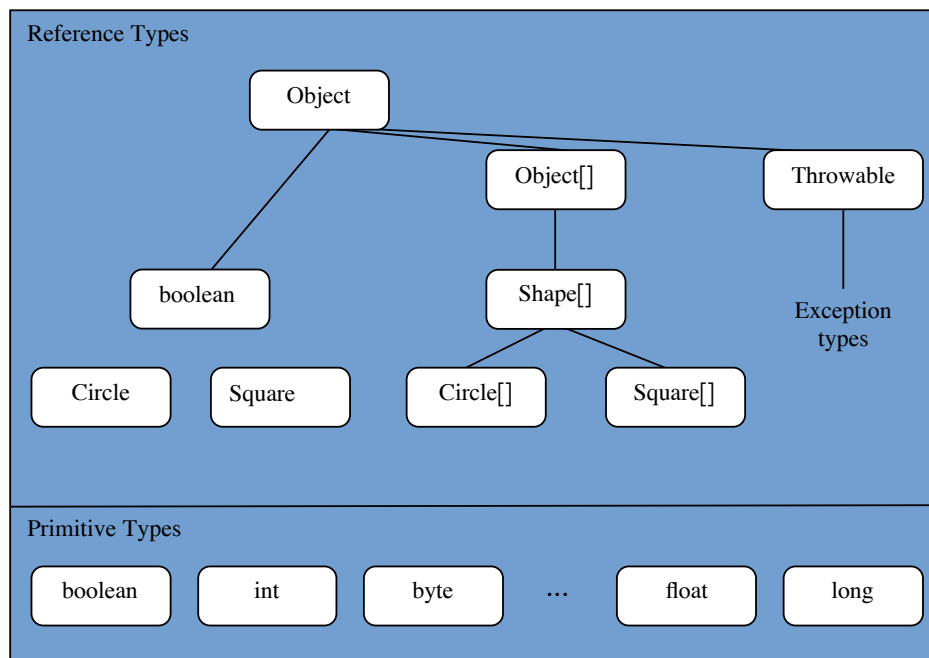
متد `Size` را برای هر کدام را پیاده سازی کند. به این خاطر که جستجوی متد جاوا از نام و تعداد و نوع آرگومان‌ها برای انتخاب کد متد استفاده می‌کند، دو متد با نام‌های یکسان در زمان جستجوی متدها به صورت مجزا تلقی می‌شوند.

۳.۱۳. نوع‌ها و زیرنوع‌های جاوا

۱.۳.۱۳ طبقه بندی نوع‌ها

نوع‌های جاوا در دو دسته تقسیم می‌شوند: نوع‌های اولیه و نوع‌های ارجاعی. هشت نوع اولیه به نوع `boolean` و هفت نوع دیگر از انواع عددی در فرم `byte`، `int`، `short`، `long`، `char` و نوع‌های اعشاری `float` و `double` هستند. سه نوع در انواع ارجاعی وجود دارند، نوع‌های `class`، `interface` (که اخیراً بحث شد) و نوع آرایه. و همچنین نوع خاص `null` هم موجود است. مقادیر یک نوع ارجاعی یک ارجاع به شیء است (که شامل آرایه نیز می‌شود). تمام اشیاء، شامل آرایه‌ها، متدهای کلاس `Object` را پشتیبانی می‌کنند.

رابطه زیر نوع بین نوع‌های اصلی در شکل ۲.۱۳ به نمایش درآمده‌اند، که شامل رابط‌های `Shape` و کلاس‌های `Circle` و `Square` تا نشان بدهند که چطور کلاس‌ها و رابط‌های تعریف شده توسط کاربر در تصویر گنجانده شده‌اند. مابقی نوع‌های پیش تعریف شده مانند: `Strings`، `ClassLoader` و `Thead` در جایگاهی مانند `Exception` در این شکل دارند. `Object[]` نوع آرایه‌ای از `object` ها است. و همینطور برای نوع‌های آرایه `Shape[]`، `Circle[]` و `Square[]` نیز همینطور است. همچنین این یک استاندارد از اصلاحات جاوا برای فراخوانی `Object` و نوع‌های ارجاعی زیرنوع آن است، که ممکن است کمی گیج کننده باشد. همچنین `C++` نوع `Object` را از `* Object` متمایز می‌کند، که در جاوا ما هیچ نوع اشاره‌گری نداریم. در عوض تفاوت صریحی بین یک اشاره‌گر به شیء و خود شیء، بدر دسترسی به اشاره‌گر ترکیب شده با عمل‌هایی مانند فراخوانی متد و یا دسترسی به فیلد وجود دارد. اگر `T` یک نوع ارجاعی باشد، در نتیجه متغیر `x` از نوع `T` یک ارجاع به اشیاء `T` است، که در `C++` متغیر `x` نوع `* T` را دارد. زیرا هیچ راه صریحی برای دسترسی به شیء `x` برای گرفتن مقدار نوع `T` نیست، جاوا هیچ نوع جدایی برای اشیائی که اشاره‌گر نباشند ندارد. به این دلیل که هر کلاس یک



شکل ۲.۱۳: طبقه بندی نوع‌ها در جاوا.

زیرنوع از `Object` است، متغیرهای از نوع `Object` می‌توانند به اشیاء و یا آرایه‌ای از هر شیء اشاره کنند.

۲.۳.۱۳ زیر نوع سازی برای کلاس‌ها و رابط‌ها

زیر نوع بودن برای کلاس‌ها به وسیله کلاس‌های سلسه مراتبی و مکانیسم رابط مشخص می‌شود. اگر کلاس `A` از کلاس `B` ارث بری شود، زیرنوع‌های کلاس `A` زیرنوع‌های کلاس `B` نیز هستند. هیچ راهی برای تعریف یک کلاس از نوع دیگر برای یک کلاس وجود ندارد. و هیچ کلاس خصوصی (مانند `C++`) اجازه ارث بری بدون زیرنوع بودن را نمی‌دهد.

یک کلاس ممکن است اعلان شده باشد تا یک یا چند رابط را `implement` کند، بدین معنی که هر نمونه از کلاس تمامی متدهای انتزاعی مشخص شده در رابط را پیاده سازی می‌کند. این زیرنوع شدن از رابط (ها) به اشیاء اجازه پشتیبانی از یک (یا چند) نوع رفتار بدون خاص بدون اشتراک گذاری یک پیاده سازی مشترک را می‌دهد.

تبدیل نوع زمان اجرا. جاوا اجازه هیچ نوع تبدیل بررسی نشده‌ای را نمی‌دهد، هرچند اشیاء یک نوع پدر ممکن است با استفاده از یک مکانیسم که شامل آزمون نوع زمان اجرا می‌شود به زیر نوع‌ها تبدیل شوند. اگر شما نیازمند ایجاد یک کلاس لیست در جاوا هستید، شما طوری آن را می‌سازید که

اشیاء نوع `Object` را نگه دارد. اشیاء هر کلاسی می‌توانند داخل یک لیست قرار بگیرند، اما برای جداسازی و استفاده از آنها به صورت غیر مستقیم، باید به نوع اصلی خود تبدیل شوند (یا برخی نوع پدر). در جاوا، تبدیل نوع در زمان اجرا بررسی می‌شود، و اگر شیء نوع تبدیل شده را نداشته باشد یک استثنا ایجاد می‌شود.

پیاده سازی. جاوا از یک ساختار بایت‌کد متفاوت برای جستجو اعضا بر اساس رابط و کلاس یا زیر کلاس استفاده می‌کند. در کامپایلر با عملکرد بالا، جستجو بر اساس کلاس می‌تواند مانند `C++`، به وسیله جابجایی^{۳۹} شناخته شده در زمان کامپایل پیاده سازی شود. هرچند، امکان جستجو بر اساس رابط نمی‌تواند چنین باشد، زیرا یک کلاس ممکن است چندین رابط را پیاده سازی^{۴۰} کرده باشد و ممکن است رابط‌ها با ترتیب دیگری اعضا را لیست کنند. که در زیر بخش ۳.۴.۱۳ به جزئیات پرداخته شده است.

۳.۳.۱۳. آرایه‌ها،

برای هر نوع `T`، جاوا یک نوع آرایه `T[]` از آرایه‌ای که عناصرش از نوع `T` هستند دارد. همچنین نوع‌های آرایه با کلاس‌ها و رابط‌ها هم سطح هستند. امکان اینکه از یک آرایه ارث بری شود وجود ندارد، آرایه‌ها در اصلاحات جاوا نوع نهایی هستند.

نوع‌های آرایه زیر نوعی از `Object` هستند، از این رو تمامی متدهای مرتبط با کلاس `Object` را ساپورت می‌کنند. مانند نوع‌های ارجاعی دیگر، یک متغیر آرایه یک اشاره‌گر به یک آرایه است و می‌تواند `null` باشد. و زمانی که یک آرایه اعلان می‌شود، مرسوم است که یک شیء از آرایه نیز ایجاد کنیم، مانند:

```
1 Circle[] x = new Circle[array size]
```

هرچند، این امکان وجود دارد که یک آرایه را "ناشناس" ایجاد کنیم، به همان روشی که ما می‌توانیم دیگر اشیاء جاوا را ایجاد کنیم. برای مثال:

```
1 new int[] {1,2,3, ...10}
```

که یک عبارت برای ایجاد یک آرایه از اعداد صحیح به طول ۱۰، با مقادیر ۱، ۲، ۳، ...، ۱۰ است. به این دلیل که یک متغیر از نوع `T[]` می‌تواند با یک آرایه از هر اندازه‌ای مقدار دهی شود، طول آرایه جزئی از نوع ایستای آن نیست.

برخی عوارض در طریقه‌ای که نوع‌های آرایه جاوا در سلسله مراتب زیر نوع قرار گرفته است، وجود دارند. قابل توجه‌ترین آن‌ها این است که اگر `B <: A`^{۴۱} در نتیجه بررسی کننده جاوا همچنین از زیر نوع

^{۳۹}offset n / 'bf, set/

^{۴۰}implement

^{۴۱} به معنی اینکه `A` یک زیرکلاس از `B` است.

`B[] <: A[]` نیز برای بررسی استفاده می‌کند. که این مشکلی ایجاد می‌کند که اغلب از آن به عنوان کواریانس آرایه یاد می‌شود. برای مثال، اعلان کلاس و آرایه زیر را در نظر بگیرید:

```
1 class A {...}
2 class B extends A {...}
3 B[] bArray = new B[10]
4 A[] aArray = bArray // considered OK since B[] <: A[]
5 aArray[0] = new A() // allowed but run-time type error; raises
    ↳ ArrayStoreException
```

در این کد، ما `B <: A` را داریم، زیرا کلاس `B` از کلاس `A` ارث بری می‌کند. آرایه ارجاعی `bArray` به یک آرایه از اشیاء `B` اشاره می‌کند، و همه را `null` مقداردهی می‌کند، و آرایه ارجاعی `aArray` نیز به همان آرایه اشاره می‌کند. اعلان `A[] aArray = bArray` به وسیله بررسی کننده نوع جاوا مجاز است (اگرچه از لحاظ معنایی نباید مجاز باشد) به این خاطر که در تصمیمات طراحی جاوا اگر `B <: A` در نتیجه `A[] <: B[]`. مشکل اجازه دادن اینکه آرایه ارجاعی `A[]` به آرایه‌ای از نوع اشیاء `B` اشاره کند در آخرین دستور نشان داده شده است. انتصاب `aArray[0] = new A()` به نظر کاملاً منطقی است: که `aArray` یک آرایه از نوع ایستای `A[]` است، نشان می‌دهد که انتصاب یک شیء `A` در هر اندیس آرایه قابل قبول است. هرچند به خاطر اینکه `aArray` به یک آرایه از اشیاء `B` اشاره می‌کند، این انتصاب نوع `bArray` را نقض می‌کند. به خاطر اینکه این انتصاب باعث ایجاد مشکلات نوع می‌شود، ساختار جاوا اجازه اجرای چنین انتصابی را نمی‌دهد. یک آزمایش زمان اجرا مشخص می‌کند که مقداری که به آرایه از اشیاء `B` انتصاب داده شده است یک شیء `B` نیست و استثنا `ArrayStoreException` رخ می‌دهد.

همچنین طراحان زبان جاوا کواریانس آرایه را برای برخی اهداف مشخص سودمند دانستند (نوشتن برخی روال‌های کپی باینری)، با اینحال کواریانس آرایه در جاوا باعث ایجاد برخی سردرگمی‌ها و آزمون‌های زمان اجرای زیادی می‌شود. که به نظر نمی‌رسد یک تصمیم طراحی موفق زبان باشد.

۴.۳.۱۳ سلسله مراتب

جاوا ممکن است استثنائات را اعلان، ایجاد، و کنترل کند.

مکانیسم استثناء جاوا دارای ویژگی‌های کلی است که در بخش ۲.۸ در مورد آنها صحبت کردیم. استثنائات جاوا ممکن است ناشی از دستور `throw` در برنامه کاربر و یا نتیجه برخی از حالت‌های خطا که توسط ماشین مجازی تشخیص داده شده‌اند باشد، مانند دسترسی خارج از محدوده یک آرایه. در اصطلاحات جاوا، یک استثنا از جایی که رخ داده است پرتاب ^{۴۲} می‌شود و باید در جایی که کنترل

⁴²thrown

منتقل شده است گرفته ^{۴۳} شود. مانند زبان‌های دیگر، پرتاب یک استثنا باعث می‌شود که جاوا هر عبارت، دستور، فراخوانی متد یا سازنده، مقدار دهی، و مقدار دهی فیلدهای یک عبارت که اجرای آن شروع شده است اما پایان نیافته است را متوقف کند. این عمل تا زمانی که یک کنترل‌کننده مطابق با کلاس استثنا اتفاق افتاده پیدا نشود ادامه پیدا می‌کند.

یک جنبه جالب از مکانیسم استثنا جاوا، طریقه ارتباط آن با کلاس و سلسله مراتب نوع است. هر استثنا جاوا نمایانگر یک نمونه از کلاس Throwable یا یکی از زیر کلاس‌های آن است. یک مزیت نمایانگر بودن استثناها به عنوان شیء حمل اطلاعات از نقطه‌ای که پرتاب می‌شوند به نقطه‌ای که یک کنترل‌کننده آن را می‌گیرد است. زیر نوع بودن همچنین می‌تواند کمک شایانی در کنترل استثنا داشته باشد: به این صورت که زمانی یک کنترل‌کننده با استثنا مطابقت می‌کند که صراحتاً هم نام کلاسی که استثنا را پرتاب کرده یا همانم با یک کلاس پدر از کلاس استثنا باشد.

مکانیزم استثنا جاوا به گونه‌ای طراحی شده است که در برنامه‌های چند نخه (همزمانی) به خوبی کار کند. هنگامی که یک استثنا پرتاب می‌شود، فقط نخه که استثنا در آن رخ داده، تحت تأثیر قرار می‌گیرد. تأثیر یک استثنا در مکانیسم هماهنگ سازی همزمانی این است که قفل کردن به عنوان دستورات هماهنگ منتشر می‌شود و فراخوانی متدهای هماهنگ کاملاً ناگهانی انجام می‌شود. که ما در فصل ۱۴ به این موضوع باز می‌گردیم.

استثنائات جاوا در ساختاری به نام بلاک `try-finally` گرفته می‌شوند. و اینجا یک مثال ساختار آورده شده است، که یک بلاک با دو کنترل‌کننده نشان می‌دهد، و هر کدام با کلیدواژه `catch` مشخص می‌شوند. واضح است که، یک بلاک `try-finally` سعی می‌کند تا یک دنباله از دستورات را اجرا کند. اگر دنباله دستورات به طور معمول خاتمه یابد، سپس آنجا پایان نتیجه بلوک خواهد بود. هرچند اگر یک استثنا رخ دهد، ممکن است داخل بلاک گرفته ود. اگر یک استثنا رخ دهد و گرفته شود، سپس دنباله دستورات کلمه کلیدی `finally` بعد از اینکه کنترل‌کننده استثنا به اتمام رسید، اجرا خواهد شد:

```
1 try {
2     <statements>
3 } catch (<ex-type1>?identifier1) {
4     <statements>
5 } catch (<ex-type2><identifier2>) {
6     <statements>
7 } finally {
8     <statements>
9 }
```

اگرچه ممکن است به طور واضح مشخص نباشد، اما در JVM مشکلاتی با بلاک‌های `try-finally` وجود دارد. مخصوصاً، بخش قابل توجهی از پیچیدگی‌های تأیید bytecode جاوا، نتیجه پیاده سازی

⁴³catch

قسمت‌های `finally` به عنوان ”زیر روال محلی“ (به نام `jsr`) در مفسر `bytecode` جاوا است. ما JVM را در بخش ۴.۱۳ مورد بررسی قرار خواهیم داد.

The exceptions of classes shown in Figure ۳.۱۳. Every exception is by is Throwable class. The Throwable of subclass some of object and tion. definition. classes exception preexisting the use can Programs. Object of subclass direct a exceptions Additional classes. exception additional define or statements throw in ad- take To subclasses. its of one or Throwable of classes sub- be must classes it handlers. exception for checking compile-time platform's Java the of vantage classes. exception checked as classes tion excep- new most define to typical is RuntimeException of subclasses not are that Exception of subclasses are These compile- to refer exceptions” “unchecked and exceptions checked phrases The. The program. Java a in thrown be may that exceptions of set the of checking time