

به نام خدا



دانشگاه تهران

دانشکده‌ی مهندسی برق و کامپیوتر

سیستم‌های نهفته‌ی بی‌درنگ

تمرین اسکنر سطح (Surface Scanner)

با هدف آشنایی با سیستم عامل اندروید و استفاده از سنسورهای تلفن همراه

اساتید درس:

دکتر مهدی کارگهی، دکتر مهدی مدرسی

نیمسال دوم ۱۴۰۱-۱۴۰۰

## ۱. مقدمه

امروزه تلفن های همراه هوشمند پیشرفت چشم گیری کرده اند و دارای قدرت پردازشی بالا، تنوعی از سنسور های مختلف با دقت بالا و پشتیبانی از چندین شبکه ارتباطی مختلف مانند Bluetooth، WiFi، NFC و ... هستند. بعلاوه، تمام این امکانات در ابعاد پایین و وزن کم در اختیار کاربران قرار گرفته اند. حال سوال اساسی اینجاست که چطور می توان از این امکانات که همیشه همراه ما است استفاده کرد؟ آیا می توان از یک تلفن همراه در کاربردهای صنعتی و تجاری بجای boardهای مرسوم استفاده نمود؟ چه محدودیتهایی برای این کار وجود دارد؟ به دنبال پاسخی برای سوالات فوق هستیم.

در این تمرین قرار است با سیستم عامل اندروید و امکاناتی که جهت تعامل با سنسورهای موبایل (حتما این [لینک](#) را بخوانید) در اختیار ما قرار می دهد آشنا شویم. همچنین با برخی محدودیت هایی که سیستم عامل جهت استفاده از سنسور ها و ارتباط با سخت افزار لایه پایین ایجاد می کند، آشنا خواهید شد.

## ۲. شرح تمرین

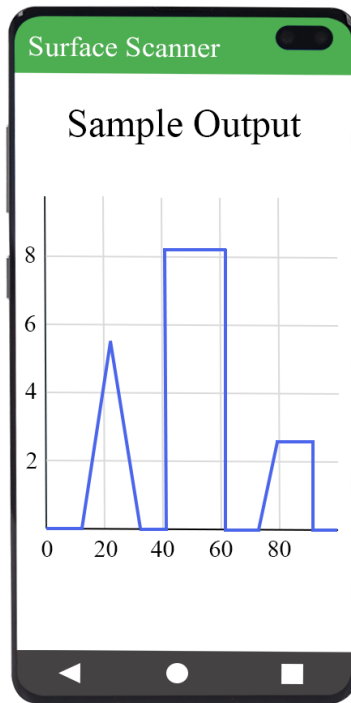
در این تمرین یک اسکنر سطح (surface scanner) را پیاده سازی خواهید کرد.



اسکنر بدین صورت عمل می‌کند که شما گوشی را بر روی یک سطح صاف قرار می‌دهید که این مکان (و مختصات نموداری آن) نقطه شروع (صفر) کار می‌شود. سپس با حرکت دادن تلفن هوشمند بر روی سطح و با استفاده از سنسورهای شتاب‌سنج (accelerometer) وژیروسکوپ (gyroscope)، سطح را اسکن خواهید کرد. بدین صورت که اگر حین اسکن با یک ناهمواری (برآمدگی یا فرورفتگی) سطح روبرو شدید، با استفاده از سنسورژیروسکوپ تغییرات زاویه‌ای تلفن را تحلیل کرده و قادر به تشخیص ناهمواری باشید. نرخ دریافت داده از سنسورژیروسکوپ (بروزرسانی تغییرات) باید متناسب با سرعت حرکت تلفن هوشمند بر روی سطح باشد. برای تعیین این نرخ، می‌توانید از سنسور شتاب‌سنج کمک بگیرید. سنسور شتاب‌سنج به شما کمک می‌کند تا بتوانید نرخ تغییر سرعت حرکت تلفن هوشمند را نمونه‌برداری نمایید. براساس این نرخ (سرعت حرکت) می‌توانید نرخ دریافت داده (بروزرسانی) سنسورژیروسکوپ را طوری تنظیم کنید تا بتوانید ناهمواری‌های سطح را به درستی و با مقیاس فاصله صحیح (فاصله نسبی بین ناهمواری‌ها) تشخیص بدهید. توجه کنید که اسکن کردن سریع سطح (حرکت تلفن با سرعت بالا) نباید موجب عدم تشخیص یک ناهمواری شود.

شما باید یک دکمه برای شروع اسکن سطح و یک دکمه برای پایان اسکن (از همان دکمه می‌توانید برای اعلام پایان نیز استفاده کنید) داشته باشید. نهایتاً، پس از شناسایی ناهمواری‌های سطح، لازم است تا مختصات این ناهمواری‌ها ذخیره شود تا در انتها بتوانید به عنوان خروجی کار خود، نموداری از تغییرات حرکت گوشی بر روی سطح (حرکت از نقطه مبدا تا نقطه مقصد) ارائه دهید. بدین منظور، فرض کنید که تلفن هوشمند شما سطح یک میز افقی را در دو بعد (معادل زمانی که محور  $y$  به صورت  $y=0$  تراز بماند) اسکن می‌کند. در شکل زیر، نمونه‌ای از خروجی اسکن سطح تحت یک نمودار در دو بعد نشان داده شده است. با فرض این که  $(0,0)$  نقطه آغاز اسکن سطح یک میز باشد، محور افقی نشان‌دهنده طول سطح (حرکت طولی موبایل) و محور عمودی نشان‌دهنده ناهمواری‌های آن (حرکت موبایل روی ناهمواری‌ها) است. توجه کنید که نمودار زیر صرفاً یک مثال است و خروجی اسکن برای انواع مختلف ناهمواری‌های دیگر متفاوت خواهد بود. دقت کنید که برنامه باید قادر به اسکن سطح به طول حد/قل یک متر باشد.

در پایان نیاز است تا با ابزار Systrace مجموعه eventهایی را که در سطح سیستم عامل رخ می‌دهد تا داده از سنسور خوانده شده و اسکن سطح کامل شود، رصد (profile) کنید و با توجه به نتایج آن، به سوالات بخش ۵ در گزارش خود پاسخ دهید.



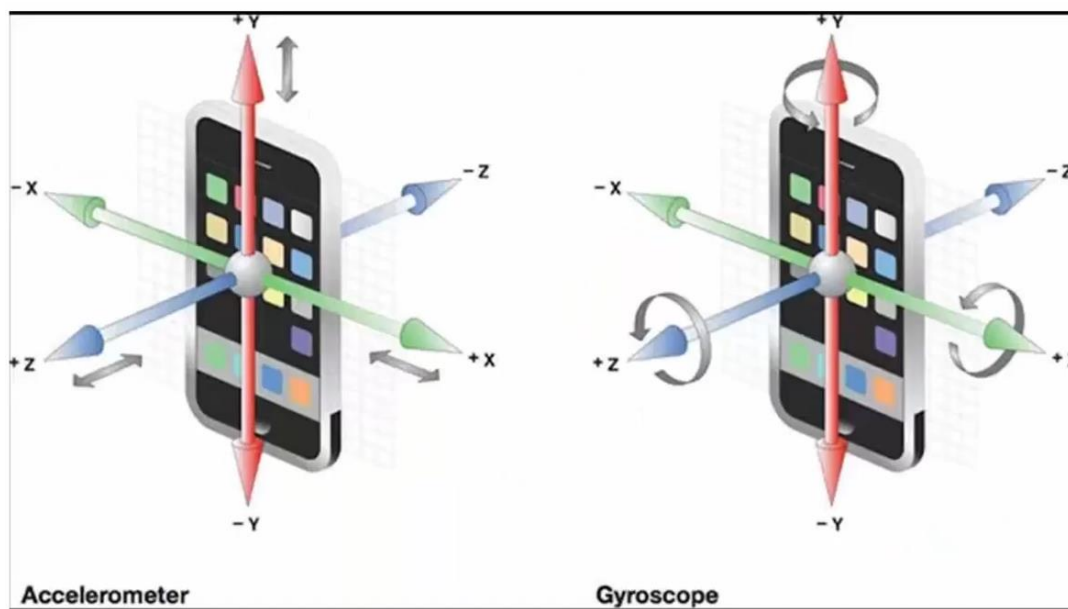
### ۳. پیاده‌سازی

پیاده‌سازی این تمرین به کمک دریافت داده از دو سنسور ذکر شده انجام خواهد شد. مطابق با تصویر زیر، در صورتیکه موبایل را حول هر یک از محورها بچرخانیم، تغییرات زاویه آن بر حسب زمان (سرعت زاویه‌ای) به وسیله سنسور ژيروسکوپ در دسترس است. به طور مشابه، تغییرات سرعت موبایل که در اثر حرکت آن در راستای هر کدام از محورها صورت می‌پذیرد، به وسیله سنسور شتابسنج در دسترس خواهد بود. به عبارت دیگر، سنسور شتاب سنج میزان شتاب حرکت تلفن هوشمند را در محورهای مورد نیاز به ما گزارش می‌دهد.

برای پیاده‌سازی این تمرین، تلفن هوشمند را بر روی یک سطح میز افقی تراز کرده و فرض کنید که موبایل در راستای محور  $y$  حرکت نمی‌کند ( $y=0$ ). برای بدست آوردن حرکت طولی موبایل از داده سنسور شتاب‌سنج در محور  $x$  استفاده کنید. علاوه بر این، می‌توانید برای ناهمواری‌ها از داده سنسور شتاب‌سنج در محور  $z$  و داده سنسور ژيروسکوپ در محور  $y$  (تغییرات زاویه‌ای حول این محور) استفاده کنید.

نرخ سنسور شتاب‌سنج بر نرخ نمونه‌برداری سنسور ژيروسکوپ تاثیر دارد و ارتباط بین این دو، حرکت موبایل و تغییرات زاویه‌ای درک شده توسط سنسور ژيروسکوپ برای تشخیص یک ناهمواری باید در نظر گرفته شود. به عبارت دیگر، با به‌کارگیری و تحلیل همزمان داده‌های گفته شده در طول زمان، اسکنر باید تشخیص دهد که چه

میزان و چگونگی حرکت روی این ناهمواری انجام گرفته تا در صورت حرکت سریع، یک ناهمواری نادرست تشخیص داده نشود (در مقایسه با طول، ارتفاع و زوایای ناهمواری واقعی میز). دقت نمونه‌برداری باید به گونه‌ای باشد تا بتوان مقیاس صحیح فاصله ناهمواری‌ها و ارتفاع آن‌ها را از یکدیگر تشخیص داد. به طور مثال اگر با نرخ ۱ ثانیه، نمونه‌برداری انجام دهیم، احتمالاً با داده‌های بروز مطابق با حرکت تلفن مواجه هستیم (در نمونه‌برداری با سرعت بالا، عملاً بعضی از داده‌ها تکراری هستند و نیازی به آن‌ها نداریم). همین شرایط به طور برعکس نیز می‌تواند رخ دهد. همچنین بدیهی است که در ابتدا نیاز است تا با چندین بار بررسی خروجی، به یک نرخ نمونه مناسب دست یافت. برای اینکار می‌توان نرخ نمونه‌برداری سنسورها را به صورت دستی (برحسب میکروثانیه) وارد کرد یا از حالت‌های آماده که خود سیستم عامل اندروید در اختیار برنامه‌نویس گذاشته است (مانند `SENSOR_DELAY_NORMAL` یا دیگر نرخ‌های آماده) استفاده نمود (این لینک را بررسی کنید). دقت کنید که لزوماً دریافت داده، برحسب نرخ خواسته‌شده توسط شما (نرخ‌های تعیین کرده‌اید) نیست و زمان دریافت برورسانی برحسب عملکرد سیستم عامل می‌تواند کمی متفاوت از آنچه وارد شده است، باشد.



#### • استفاده از سنسور Gyroscope در برنامه اندروید

برای استفاده از سنسور Gyroscope می‌بایست سنسور مذکور را از `SensorManager` دریافت کنید. برای این کار می‌توانید از کد زیر کمک بگیرید:

```
private SensorManager sensorManager;
private Sensor sensor;
...
sensorManager = (SensorManager) getSystemService(Context.SENSOR_SERVICE);
sensor = sensorManager.getDefaultSensor(Sensor.TYPE_GYROSCOPE);
```

برای دریافت داده از سنسور باید یک `EventListener` در `SensorManager` ثبت نام کنید. برای این کار از متد `registerListener` در کلاس `SensorManager` استفاده نمایید. در شکل زیر می‌توانید اطلاعات مربوط به سنسور را مشاهده نمایید:

TYPE_GYROSCOPE	SensorEvent. values[0]	Rate of rotation around the x axis.	rad/s
	SensorEvent. values[1]	Rate of rotation around the y axis.	
	SensorEvent. values[2]	Rate of rotation around the z axis.	

### • استفاده از سنسور Accelerometer در برنامه اندروید

برای استفاده از سنسور Accelerometer در برنامه، مشابه سنسور Gyroscope عمل نمایید. به تفاوت خروجی این سنسور با سنسور Gyroscope توجه داشته باشید. می‌توانید اطلاعات مربوط به سنسور را در شکل زیر مشاهده نمایید:

Sensor	Sensor event data	Description	Units of measure
TYPE_ACCELEROMETER	SensorEvent. values[0]	Acceleration force along the x axis (including gravity).	m/s <sup>2</sup>
	SensorEvent. values[1]	Acceleration force along the y axis (including gravity).	
	SensorEvent. values[2]	Acceleration force along the z axis (including gravity).	

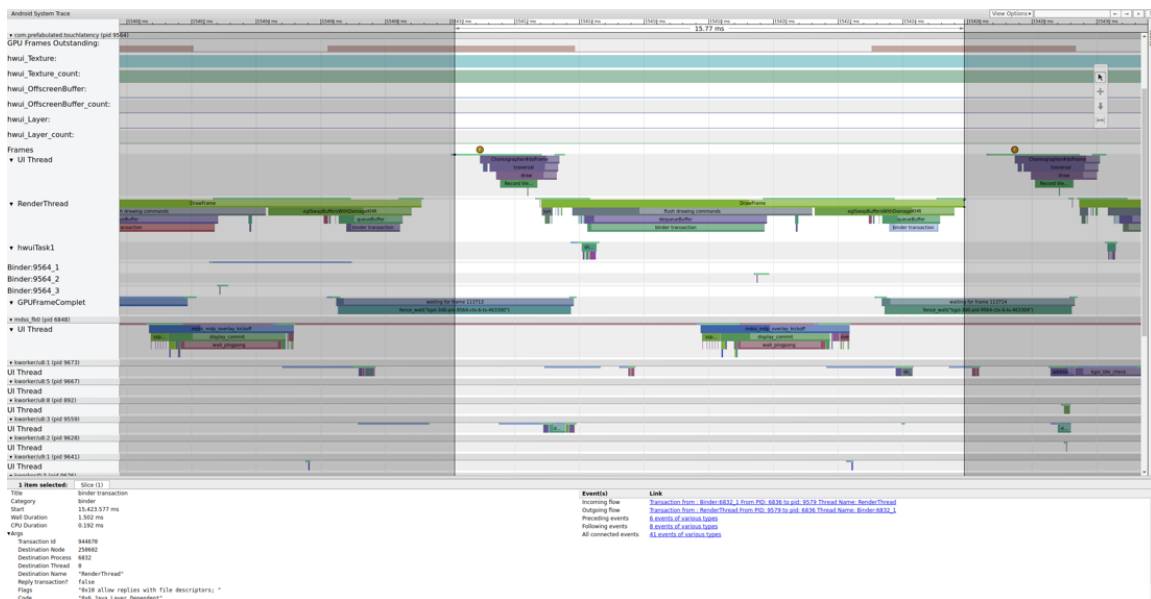
برای تحویل این تمرین، یک خروجی apk تحویل خواهید داد که قابلیت اسکن سطح (همراه با کلید شروع و پایان اسکن) به همراه رسم نمودار خروجی آن را (ناهمواری‌های یافت شده در طی اسکن برحسب مقیاس فاصله (محور افقی؛ فاصله، محور عمودی؛ تغییرات زاویه‌ای ناهمواری سطح) ) داشته باشد.

## نمره امتیازی برای پیاده‌سازی:

- در صورت رسم آنلاین نمودار (نمایش ناهموازی ها در لحظه اسکن کردن) نمره امتیازی تعلق خواهد گرفت. در این حالت همچنین، می‌بایست دقت نتایج را در زمانی که نمودار را آنلاین رسم می‌نمایید با حالت غیر آنلاین مقایسه کنید و نتیجه بدست‌آمده را توجیه نمایید.
- پیاده‌سازی تمرین با سنسورهای گفته شده الزامی است. اگرچه، نمره اضافی برای افزایش کیفیت پاسخ با به کارگیری سنسورهای دیگر، تشریح دقیق مزایا و معایب آنها و مقایسه با حالتی که تنها از دو سنسور گفته‌شده استفاده شده‌است، تعلق خواهد گرفت.

## ۴. ابزار Profile

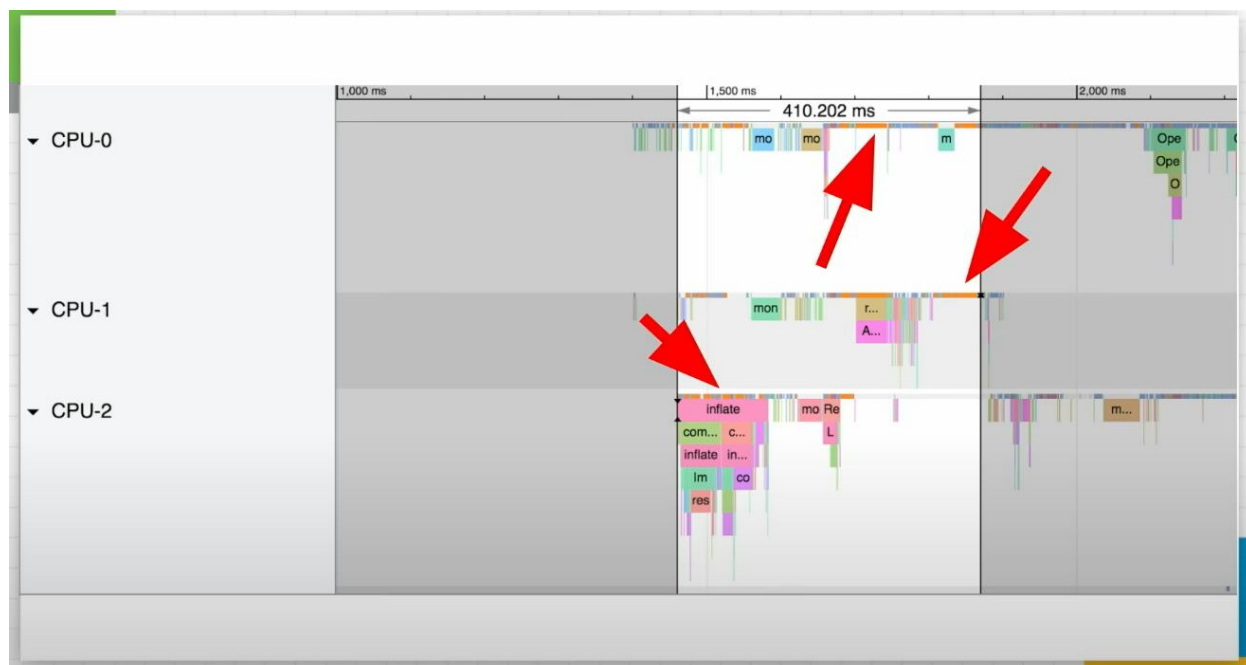
ابزار Systrace نرم‌افزاریست که با استفاده از آن می‌توان اتفاقاتی را که در سیستم عامل رخ می‌دهد، رصد کرد. این برنامه روی سیستم شما اجرا می‌شود و موبایلی را که به سیستم متصل شده‌است profile می‌کند. در شکل زیر یک نما از این برنامه آمده‌است.



هر Thread در این برنامه یک نوار مختص به خود دارد که وضعیت آن را در زمان را نمایش می‌دهد. هر وضعیت یک رنگ خاص دارد. بطور مثال در مدت زمانی که یک Thread در وضعیت idle باشد، در نوار مربوطه به آن

Thread، رنگ آن بخش خاکستری است. از این طریق می‌توان وضعیت زمانبندی Thread ها و پردازش‌های مختلف را مشاهده کرد.

به طور مثال، در تصویر زیر، عملکرد سه هسته CPU هنگام پردازش و مدت زمان صرف شده برای هر پردازش و بخش‌هایی که این مدت زمان را به خود اختصاص داده‌اند، آورده شده‌است. اگر شما برای پیاده‌سازی، از Thread استفاده نمایید (اجباری به استفاده از Thread نیست) یا به نحوی برنامه را بنویسید که Thread های مختلف CPU درگیر شوند، با توجه به اینکه از دو سنسور به صورت همزمان برای دریافت داده (I/O) استفاده می‌کنید، ممکن است مسئله I/O Contention رخ دهد (فلش‌های قرمز در شکل زیر، نشان‌دهنده معطل ماندن سیستم‌عامل بدین منظور است) و جابجایی بین این Thread ها در صورت رخ دادن مسئله بالا باعث تحمیل سربار زمانی و پردازشی اضافی‌تری از لحاظ عملکرد به برنامه شما خواهد شد. به همین منظور برای جلوگیری از این موارد، حتماً [راهنمای گوگل](#) برای کار با سنسورها و نحوه دریافت بروزرسانی داده از آنها و ... را در نظر داشته باشید. همچنین به وسیله این ابزار، می‌توانید، مدت زمان اجرای هر بخش مثل UI Thread، تابع‌های نوشته شده توسط شما یا فراخوانی‌های سیستمی و مدت زمانی که اجرای هر کدام بطول انجامیده را از لحظه ورود به برنامه رصد نمایید.



برای نصب این برنامه ابتدا لازم است Android Studio روی سیستم شما نصب شده باشد. سپس:



- باید در Android SDK > System Settings > Appearance&Behavior، گزینه Android Studio Tools نصب شده باشد.
- Python باید نصب باشد و در execution path پروژه شما اضافه شده باشد.
- دستگاه شما باید نسخه اندروید 4.3 یا بیشتر داشته باشد.
- گزینه USB debugging tool باید در موبایل شما فعال شده باشد.

نرم افزار systrace در آدرس [android-sdk-directory]/platform-tools/systrace قابل دسترسی است. فرمت دستور اجرای این نرم افزار بصورت زیر است:

```
$ python systrace.py [options] [categories]
```

بطور مثال:

```
$ python systrace.py -o mynewtrace.html sched freq idle am wm gfx view \
binder_driver hal dalvik camera input res
```

حتما این [لینک](#) را درباره Systrace مطالعه کنید<sup>۱</sup>.

پس از اجرای نرم افزار، خروجی آن در یک فایل با پسوند html ذخیره می گردد.

## ۵. سوالات

- از وقتی که درخواست خواندن داده به سنسور داده شده تا گرفتن داده چه اتفاقاتی در سطح سیستم عامل افتاده است؟ توضیح خود را با خروجی systrace توضیح داده و توجیه کنید.
- چه مدت زمانی طول می کشد تا تغییرات اسکن شده از سطح بر اساس مقداری که از سنسور خوانده شده است، روی صفحه نمایش ظاهر شود؟ (تصویر واضح از systrace قرار داده شود)
- بهترین دوره تناوب برای خواندن مقادیر سنسور شتاب سنج وژیروسکوپ چه مقدار است؟ با استدلال توجیه شود.

<sup>۱</sup> برای اطلاعات بیشتر درباره Systrace می توان از این [لینک](#) هم استفاده کرد.

- اگر از Android NDK بجای Android SDK استفاده می‌شد، اسکنر شما چه مزایا و معایبی خواهد داشت؟
- در مورد سنسورهای hardware-based و software-based تحقیق نمایید و هر یک را تشریح نمایید. هر کدام از سنسورهای مورد استفاده در این تمرین در کدام دسته قرار می‌گیرند؟
- چه تفاوتی بین تعریف سنسور به صورت wake-up و non-wake-up وجود دارد؟ ضمن تشریح مزایا و معایب هر کدام، مشخص کنید که انجام این کار تاثیری بر نحوه دریافت بروزرسانی سنسورها و نتیجه اسکن سطح دارد؟

## ۶. نکات مهم

- برای پیاده‌سازی این تمرین تنها می‌توانید از زبان‌های Java و C++ استفاده نمایید.
- گزارش کار باید کامل باشد. بنابراین تمامی تصاویر مربوط به خروجی برنامه و تصاویر systrace و گراف خروجی تغییرات سطح باید ضمیمه شود و نمره‌دهی طبق آن صورت خواهد گرفت. لذا برای نوشتن آن و پاسخ به سوالات مطرح شده وقت کافی بگذارید.
- این تمرین تحویل اسکایی دارد.
- علاوه بر کدها، فایل apk مربوط به پیاده‌سازی را نیز باید آپلود کنید. دقت کنید که فایل apk شما باید سازگار با اندرویدهای 6 به بالا باشد.
- کد اسکنر شما باید روی گوشی واقعی تست شده باشد (شبیه‌ساز اندروید کافی نیست).
- برای نصب Android Studio و مطالعه منابع به V\_P\_N نیاز خواهید داشت.
- هرگونه شباهت در کدها و گزارش‌ها به عنوان تقلب در نظر گرفته خواهد شد.
- تسلط به تمام بخش‌های تمرین از راه اندازی ابزارها تا کدهای نوشته شده الزامی است و در تحویل، از بخش‌های مختلف سوال پرسیده خواهد شد.
- در صورتیکه هیچ تجربه‌ای در نوشته برنامه اندروید ندارید از همین امروز تمرین را شروع کنید تا از نظر زمانی به مشکل بر نخورید. می‌توانید از این لینک برای نوشتن اولین برنامه استفاده کنید.
- برای آشنایی با محیط Android Studio می‌توانید این صفحه را ببینید.

**موفق باشید**