

**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY**

Evidenčné číslo: FEI-16607-97831

**ŠPORTOVÁ APLIKÁCIA PRE INTELIGENTNÉ
HODINKY**

DIPLOMOVÁ PRÁCA

2023

Bc. Miroslav Kopecký

**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY**

Evidenčné číslo: FEI-16607-97831

**ŠPORTOVÁ APLIKÁCIA PRE INTELIGENTNÉ
HODINKY**
DIPLOMOVÁ PRÁCA

Študijný program: aplikovaná informatika

Názov študijného odboru: informatika

Školiace pracovisko: Ústav informatiky a matematiky

Vedúci záverečnej práce: Ing. Stanislav Marček, PhD.

Bratislava 2023

Bc. Miroslav Kopecký



ZADANIE DIPLOMOVEJ PRÁCE

Študent: **Bc. Miroslav Kopecký**
ID študenta: 97831
Študijný program: aplikovaná informatika
Študijný odbor: informatika
Vedúci práce: Ing. Stanislav Marček, PhD.
Vedúci pracoviska: doc. Ing. Milan Vojvoda, PhD.
Miesto vypracovania: Ústav matematiky a informatiky

Názov práce: **Športová aplikácia pre inteligentné hodinky**

Jazyk, v ktorom sa práca vypracuje: slovenský jazyk

Špecifikácia zadania:

Cieľom je vytvorenie športovej aplikácie pre chytré hodinky, zariadenia s WearOS. Táto aplikácia by mala pomáhať trénerom efektívnejšie pracovať. Úlohou je pomocou gest ruky a hodiniek ovládať vybrané funkcie aplikácií na telefóne.

Úlohy:

1. Naštudujte si ako vytvoriť aplikáciu pre Android OS a Wear OS.
2. Naštudujte si možnosti vytvárania, pridávania gest a prepojenie funkcionality.
3. Navrhnite a implementujte aplikáciu.
4. Zodnot'te implementované riešenie.

Zoznam odbornej literatúry:

1. Developers, A. Training for Android developers. [online]. 2013. URL: <http://developer.android.com/training/index.html>.

Termín odovzdania diplomovej práce: 12. 05. 2023

Dátum schválenia zadania diplomovej práce: 03. 05. 2023

Zadanie diplomovej práce schválil: prof. Dr. Ing. Miloš Oravec – garant študijného programu

SÚHRN

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

| | |
|---------------------------------|---|
| Študijný program: | aplikovaná informatika |
| Autor: | Bc. Miroslav Kopecký |
| Diplomová práca: | Športová aplikácia pre inteligentné hodinky |
| Vedúci záverečnej práce: | Ing. Stanislav Marček, PhD. |
| Miesto a rok predloženia práce: | Bratislava 2023 |

V tejto diplomovej práci sme si ako hlavný cieľ stanovili vyvinúť športovo zameranú Android aplikáciu pre inteligentné hodinky s operačným systémom Wear OS, ktorá by sa dala ovládať aj iba pomocou gest zápästia. Pre splnenie daného cieľa bolo potrebné oboznámiť sa s tvorbou Android aplikácií a prácou vo vývojovom prostredí Android Studio. Preskúmaním funkčnosti originálnych Android gest sme získali poznatky k tomu, aby sme vedeli tieto gestá napodobniť pomocou senzorov akcelerometra a gyroskopu, a taktiež vytvoriť 4 nové, nami definované gestá. Porovnaním výsledkov sme zistili, že sa nám úspešne podarilo vytvoriť aplikáciu, všetky navrhované gestá a aj napodobniť 2 Android gestá, pričom tie sa nám podarilo výrazne zrýchliť, a to konkrétnie o 4 až 5 desatin sekundy. Testovaním nami vytvorených gest sme zistili, že úspešnosť ich rozpoznania stúpa s počtom ich vykonaní. Na konci nášho testovania sme pri každom geste dosiahli úspešnosť nad 90%.

Klúčové slová: inteligentné hodinky, android, wear os, gestá zápästia, šport, aplikácia

ABSTRACT

SLOVAK UNIVERSITY OF TECHNOLOGY IN BRATISLAVA
FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND INFORMATION TECHNOLOGY

| | |
|-------------------------------|------------------------------|
| Study Programme: | Applied Informatics |
| Author: | Bc. Miroslav Kopecký |
| Master's thesis: | Smartwatch sport application |
| Supervisor: | Ing. Stanislav Marček, PhD. |
| Place and year of submission: | Bratislava 2023 |

In this diploma thesis, our main goal was to develop a sports-oriented Android application for smartwatches with the Wear OS operating system, which could also be controlled using only wrist gestures. In order to achieve this goal, it was necessary to become familiar with the creation of Android applications and work in the Android Studio development environment. By examining the functionality of the official Android gestures, we gained knowledge about how to recreate these gestures using accelerometer and gyroscope sensors, as well as create 4 new gestures defined by us. By comparing the results, we found that we successfully created the application, all the new gestures, and also recreated 2 Android gestures, which we were able to significantly speed up by 4 to 5 tenths of a second. By testing the gestures we created, we found that the success of their recognition increases with the number of times they are performed. At the end of our testing, we achieved a success rate of over 90% for each gesture.

Keywords: smartwatch, android, wear os, wrist gestures, sport, application

Podčakovanie

Týmto spôsobom by som sa rád podčakoval vedúcemu mojej diplomovej práce, ktorým bol Ing. Stanislav Marček, PhD. za odborné vedenie práce, konzultácií a takisto za jeho pripomienky, rady, návrhy a užitočné poznámky, ktoré mi pomohli pri vypracovaní tejto diplomovej práce.

Obsah

| | |
|---|-----------|
| Úvod | 1 |
| 1 Teoretické poznatky | 2 |
| 1.1 Základné pojmy | 2 |
| 1.1.1 Smartwatch | 2 |
| 1.1.2 Smartband | 3 |
| 1.1.3 Android | 3 |
| 1.1.4 Senzory | 4 |
| 1.2 Súčasnosť nositeľných zariadení | 7 |
| 1.2.1 Android Wear OS | 7 |
| 1.2.2 Apple WatchOS | 9 |
| 1.2.3 Ostatné | 9 |
| 2 Ovládanie Android Wear OS zariadení | 10 |
| 2.1 Potiahnutie prstom po obrazovke | 10 |
| 2.2 Dotknutie sa prstom obrazovky | 11 |
| 2.3 Stlačenie HW tlačidla | 11 |
| 2.4 Gestá zápästia | 11 |
| 2.5 Hlas | 13 |
| 3 Použité vývojové prostriedky | 14 |
| 3.1 Softvér | 14 |
| 3.1.1 Android Studio | 14 |
| 3.1.2 Kotlin | 15 |
| 3.1.3 Python | 15 |
| 3.1.4 Knižnica Pandas | 15 |
| 3.1.5 Knižnica Matplotlib | 16 |
| 3.2 Hardvér | 16 |
| 4 Návrh aplikácie | 18 |
| 4.1 Aktivita - Stopky | 19 |
| 4.2 Aktivita - Časovač | 19 |
| 4.3 Aktivita - Kolá | 20 |
| 4.4 Aktivita - Ovládanie aplikácie | 21 |

| | |
|---|-----------|
| 5 Návrh gest | 22 |
| 5.1 Gestá FLICK UP a FLICK DOWN | 22 |
| 5.2 Gesto HORE | 23 |
| 5.3 Gesto DOLE | 24 |
| 5.4 Gestá VLAVO a VPRAVO | 25 |
| 6 Návrh testovania | 27 |
| 6.1 Testovanie rýchlosťi gest | 27 |
| 6.2 Testovanie úspešnosti gest | 27 |
| 7 Implementácia | 29 |
| 7.1 Pomocná aplikácia | 29 |
| 7.1.1 Hodnoty akcelerometra v rôznych polohách | 30 |
| 7.2 Meranie rýchlosťi gest | 32 |
| 7.3 Implementácia pomocou akcelerometra | 32 |
| 7.4 Implementácia pomocou gyroskopu | 35 |
| 7.4.1 Gestá FLICK UP a FLICK DOWN | 36 |
| 7.4.2 Gestá HORE a DOLE | 37 |
| 7.4.3 Gestá VLAVO a VPRAVO | 39 |
| 7.5 Implementácia pomocou gyroskopu a akcelerometra | 40 |
| 8 Vyhodnotenie | 42 |
| 8.1 Vyhodnotenie testovania rýchlosťi | 42 |
| 8.2 Vyhodnotenie testovania úspešnosti | 44 |
| Záver | 48 |
| Zoznam použitej literatúry | 50 |
| Prílohy | I |
| A Súčasti diplomovej práce | II |

Zoznam obrázkov a tabuliek

| | | |
|------------|--|----|
| Obrázok 1 | Ukážka vzhľadu smartwatch[3] | 2 |
| Obrázok 2 | Ukážka vzhľadu smartband[5] | 3 |
| Obrázok 3 | Logo Android[7] | 4 |
| Obrázok 4 | Znázornenie detekcie pohybu gyroskopom (vľavo) a akcelerometrom (vpravo)[10] | 5 |
| Obrázok 5 | Prvé digitálne hodinky - Hamilton Pulsar P1[12] | 7 |
| Obrázok 6 | Percentuálny podiel značiek na trhu inteligentných hodiniek[13] | 8 |
| Obrázok 7 | Percentuálny podiel operačných systémov na trhu inteligentných hodiniek[14] | 8 |
| Obrázok 8 | Znázornenie pohybu posunutím (kruh - začiatok pohybu) | 10 |
| Obrázok 9 | Ukážka HW tlačidiel[24] | 12 |
| Obrázok 10 | Znázornenie pohybu gestami zápästia (ružová šípka - rýchly pohyb, šedá šípka - pomalý pohyb)[26] | 12 |
| Obrázok 11 | Ukážka Google Asistenta na Wear OS zariadení[28] | 13 |
| Obrázok 12 | Vzhľad Android Studio[30] | 14 |
| Obrázok 13 | Wear OS zariadenie použité na testovanie[37] | 17 |
| Obrázok 14 | Diagram návrhu aplikácie | 18 |
| Obrázok 15 | Ukážka menu aplikácie | 18 |
| Obrázok 16 | Diagram aktivity - Stopky | 19 |
| Obrázok 17 | Ukážka aktivity - Stopky | 19 |
| Obrázok 18 | Diagram aktivity - Časovač | 19 |
| Obrázok 19 | Ukážka aktivity - Časovač | 20 |
| Obrázok 20 | Diagram aktivity - Kolá | 20 |
| Obrázok 21 | Ukážka aktivity - Kolá | 20 |
| Obrázok 22 | Diagram aktivity - Ovládanie aplikácie | 21 |
| Obrázok 23 | Ukážka aktivity - Ovládanie aplikácie | 21 |
| Obrázok 24 | Ukážka gesta FLICK UP (vľavo) a FLICK DOWN (vpravo) | 22 |
| Obrázok 25 | Príklad ovládania aplikácie gestom FLICK UP (vľavo) a FLICK DOWN (vpravo) | 23 |
| Obrázok 26 | Ukážka prvotného gesta HORE | 23 |
| Obrázok 27 | Ukážka výsledného gesta HORE | 24 |
| Obrázok 28 | Príklad ovládania aplikácie gestom HORE | 24 |

| | | |
|------------|--|----|
| Obrázok 29 | Ukážka prvotného gesta DOLE | 25 |
| Obrázok 30 | Ukážka výsledného gesta DOLE | 25 |
| Obrázok 31 | Ukážka gesta VLAVO (vľavo) a VPRAVO (vpravo) | 26 |
| Obrázok 32 | Príklad ovládania aplikácie gestom VLAVO (vľavo) a VPRAVO (vpravo) | 26 |
| Obrázok 33 | Ukážka pomocnej aplikácie | 30 |
| Obrázok 34 | Ukážka ruky v základnej polohe | 30 |
| Obrázok 35 | Ukážka ruky v hraničnej polohe gesta FLICK UP | 30 |
| Obrázok 36 | Ukážka ruky v hraničnej polohe gesta HORE | 31 |
| Obrázok 37 | Ukážka ruky v hraničnej polohe gesta DOLE | 31 |
| Obrázok 38 | Hodnoty osí X,Y,Z akcelerometra pri geste HORE | 33 |
| Obrázok 39 | Hodnoty osí X,Y,Z akcelerometra pri geste DOLE | 34 |
| Obrázok 40 | Hodnoty osí X,Y,Z akcelerometra pri geste FLICK UP | 34 |
| Obrázok 41 | Polarita osí gyroskopu pri otáčaní | 35 |
| Obrázok 42 | Hodnoty osí X,Y,Z gyroskopu pri geste FLICK UP | 36 |
| Obrázok 43 | Hodnoty osí X,Y,Z gyroskopu pri geste FLICK DOWN | 37 |
| Obrázok 44 | Hodnoty osí X,Y,Z gyroskopu pri geste HORE | 38 |
| Obrázok 45 | Hodnoty osí X,Y,Z gyroskopu pri geste DOLE | 38 |
| Obrázok 46 | Hodnoty osí X,Y,Z gyroskopu pri geste VLAVO | 39 |
| Obrázok 47 | Hodnoty osí X,Y,Z gyroskopu pri geste VPRAVO | 40 |
| Tabuľka 1 | Priemerná rýchlosť gest v milisekundách | 32 |
| Tabuľka 2 | Priemerné časy zastavenia stopiek v sekundách | 42 |
| Tabuľka 3 | Počet chybných meraní z celkového počtu meraní | 43 |
| Tabuľka 4 | Počet pokusov potrebných na úspešné vykonanie konkrétneho gesta konkrétnym používateľom, na základe krokov z podkapitoly 6.2 | 45 |
| Tabuľka 5 | Úspešnosť vykonania všetkých gest všetkými používateľmi | 46 |
| Tabuľka 6 | Úspešnosť opakovaného vykonania gest HORE, VLAVO a VPRAVO vybranými používateľmi | 47 |

Zoznam skratiek

| | |
|-------------|---|
| AIS | Akademický Informačný Systém |
| APK | Android Package format |
| CPU | Central Processing Unit - Hlavný procesor |
| CSV | Comma Separated Values format |
| GIF | Graphics Interchange Format |
| GPS | Global Positioning System - Globálny lokalizačný systém |
| GPU | Graphics Processing Unit - Grafický procesor |
| GUI | Graphical User Interface - Grafické používateľské rozhranie |
| HW | Hardware - Hardvér |
| IDE | Integrated Development Environment - Vývojové prostredie |
| iOS | iPhone Operating Systém - Operačný systém zariadenia iPhone |
| MEMS | Microelectromechanical Systems - Mikroelektromechanické systémy |
| OHA | Open Handset Alliance |
| OS | Operating System - Operačný systém |
| RAM | Random Access Memory - Pamäť s priamym prístupom |
| SW | Software - Softvér |
| XML | Extensible Markup Language format |
| ZIP | Archívny súbor formátu ZIP |

Úvod

S rýchlim pokrokom technológií v 21. storočí sa inteligentné hodinky stali neodmysliteľnou súčasťou bežného života. Väčšinou sa však jedná o takzvané fitness náramky, ktoré sa zameriavajú na pohybovú aktivitu človeka. Takéto fitness náramky neponúkajú nejakú špeciálnu funkciu funkciu navyše a ich systém je pomerne uzavorený.

Narozdiel od nich, hodinky s operačným systémom Android Wear OS ponúkajú mnoho iných možností okrem sledovania športových aktivít a prakticky už v tejto dobe vedia plne nahradieť hlavnú funkciu smartfónu. Hodinky s týmto operačným systémom boli donedávna medzi používateľmi nie veľmi rozšírené, čo spôsobovala najmä oveľa kratšia výdrž batérie a vyššia cena oproti fitness náramkom. Avšak v posledných rokoch si ich na trhu vyberá stále viac zákazníkov, čomu vdačia najmä spolupráci so Samsungom[1].

Práve aktuálna nerozšírenosť a otvorenosť operačného systému týchto hodiniek nás motivovala k téme tejto diplomovej práce. Zamerali sme sa na ovládanie hodiniek pomocou rôznych gest zápästia, s použitím senzorov akcelerometra a gyroskopu, pričom sme sa pokúsili túto funkciu skombinovať s vývojom športovo zameranej aplikácie.

Táto diplomová práca pozostáva z ôsmich kapitol. V prvých troch kapitolách sa venujeme naštudovaniu si potrebných materiálov a oboznámeniu sa s vývojom Android aplikácií. Následne sú v kapitolách 4 až 6 opísané návrhy aplikácie, gest a testovania. V posledných dvoch kapitolách sa venujeme samotnej implementácii a vyhodnoteniu testovania.

1 Teoretické poznatky

V tejto kapitole sú vysvetlené základné pojmy, ktorým je potrebné porozumieť pri danej téme, priblížená súčasnosť nositeľných smart zariadení a vysvetlené možné spôsoby ovládania takýchto zariadení.

1.1 Základné pojmy

1.1.1 Smartwatch

Doposiaľ neexistuje presná definícia toho, čo všetko si pod pojmom *smartwatch* môžeme predstaviť. Napríklad *Kim a Shin (2015)*[2] vo svojej práci považujú za smartwatch aj zariadenia, ktoré označujeme ako "*smartband*", "*smart bracelet*" alebo "*fitness tracker*". Smartwatch alebo inteligentné hodinky, v porovnaní s týmto zariadeniami, bývajú väčších rozmerov, ponúkajú možnosti inštalácie rôznych aplikácií a viacero spôsobov používania. Taktiež, zatial čo hlavným účelom smartband je zbieranie dát, ktoré sú neskôr zobrazované a analyzované na inom zariadení, hlavným účelom smartwatch je zobrazovanie notifikácií, odpovedanie na správy, emaily a kvázi nahradiť používanie mobilu v niektorých aspektoch.



Obr. 1: Ukážka vzhľadu smartwatch[3]

1.1.2 Smartband

Tak ako bolo už spomenuté v podkapitole 1.1.1, Smartband je vo svete označovaný via-
cerými názvami ako *"smart bracelet"* alebo *"fitness tracker"*, alebo po slovensky in-
telligentný náramok. Toto zariadenie je hlavne využívané na sledovanie fyzickej aktivity,
kvality spánku a iných informácií, a následnú analýzu používateľom na inom zariadení,
ako napríklad mobile alebo počítači. Ako je spomenuté v práci *Wearable technologies: The
role of usefulness and visibility in smartwatch adoption[4]* , funkcia Smartbands je
oproti Smartwatch limitovaná a tieto zariadenia by sa nemali označovať ako smartwatch.



Obr. 2: Ukážka vzhľadu smartband[5]

1.1.3 Android

V článku *Android OS[6]* je Android definovaný ako open-source operačný systém založený
na Linuxe, počiatočne vyvinutý najmä pre mobilné zariadenia, avšak momentálne sa pou-
žíva aj v tabletoch, televízoroch alebo nositeľných zariadeniach. Vačšina Android aplikácií
sa od začiatku programovala v Java. V roku 2017 pridal Google ako oficiálny jazyk pre
tvorbu mobilných aplikácií Kotlin. Aj keď Kotlin nie je syntakticky kompatibilný s Javou,
je navrhnutý pre interoperabilitu s knižnicami Javy. Pôvodne bol vyvíjaný spoločnosťou
Android Inc., ktorú v roku 2005 odkúpil Google. Následne bol vývoj režírovaný konzor-
ciom OHA, pod ktoré patrilo napríklad Google, HTC, Dell, Intel, Samsung alebo Nvidia.
Momentálne je Android OS vyvíjaný spoločnosťou Google.



Obr. 3: Logo Android[7]

1.1.4 Senzory

Inteligentné hodinky ponúkajú veľké množstvo rôznych senzorov. *Shivaan Tomar* vo svojom článku[8] zhrnul všetky hlavné senzory, ktoré aktuálne majú miesto vo výbave moderných inteligentných hodiniek. Najlacnejšie modely obsahujú najmä tie najdôležitejšie senzory ako napríklad akcelerometer. V najdrahších modeloch môžeme nájsť moderné senzory ako oxymeter alebo senzor vodivosti pokožky. Vačšina senzorov slúži na sledovanie fitness aktivít a udržiavanie zdravého životného štýlu. Spoločne s definíciami slovníka stránky *Versus*[9], možeme dané senzory opísat nasledovne:

1. Akcelerometer

Je to zariadenie, ktoré zachytáva vibrácie na meranie akceleračných síl objektu. Akcelerometre sú v podstate malé senzory, ktoré sú zabudované do rôznych zariadení ako sú smartfóny, tablety, inteligentné hodinky a iné.

V mobiloch sa senzor akcelerometra používa na sledovanie orientácie zariadenia a na základe tej sa vie obrazovka „prevrátiť“, keď sa zariadenie otočí. Používa sa tiež na sledovanie pohybu, počítanie krokov, meranie vzdialenosť alebo výpočet spálených kalórií

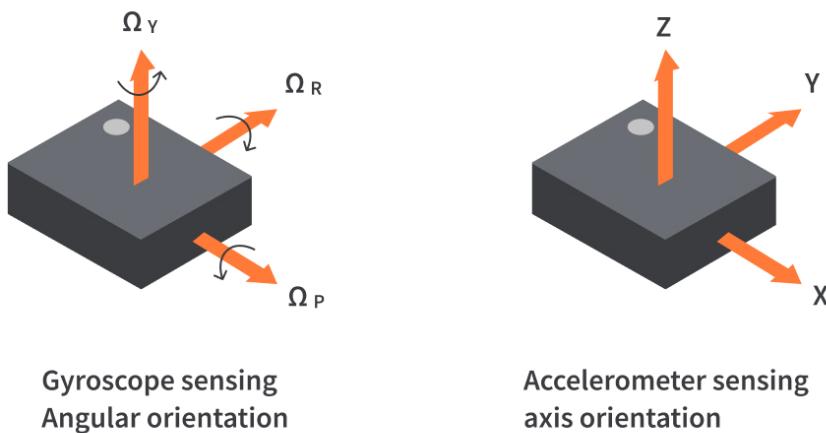
Podľa stránky versus.com ním momentálne disponuje 92% inteligentných hodiniek na trhu.

2. Gyroskop

Je to senzor, ktorý určuje zmenu natočenia zariadenia. Tradičné gyroskopy sa používajú napríklad pri navigácii v ponorkách alebo lietadlách. Pozostávajú z rotujúceho kolieska alebo disku pripojeného na osi.

Gyroskopy v spotrebnej elektronike (ako sú smartfóny alebo inteligentné hodinky) označujeme ako MEMS gyroskopy, ktoré fungujú inak ako tie tradičné a sú vyrobené podobným spôsobom ako integrované obvody. V zariadeniach, v ktorých sa nachádzajú, zvyčajne spolupracujú s akcelerometerom, čím sa zvyšuje presnosť detektie orientácie.

Podľa stránky versus.com ním momentálne disponuje 54% inteligentných hodiniek na trhu.



Obr. 4: Znázornenie detektie pohybu gyroskopom (vľavo) a akcelerometrom (vpravo)[10]

3. Magnetometer

Je to senzor, ktorý dokáže meriať magnetickú silu a pomocou neho je možné používať elektronické zariadenie ako kompas.

Podľa stránky versus.com ním momentálne disponuje 49% inteligentných hodiniek na trhu.

4. Barometer

Vďaka tomuto senzoru je možné nepriamo zistiť v akej nadmorskej výške sa používateľ nachádza. Tá sa totiž prepočítava z tlaku na mori alebo zmene oproti predošej pozícii. Po zariadeniach s týmto senzorom siahajú najmä horolezci, horskí cyklisti alebo bežci do kopca.

Existuje viacero typov barometrov. Najbežnejšie sú kvapalinový alebo aneroid (kovový alebo pružinový). V mobilných zariadeniach a nositeľnej elektronike sa používa MEMS barometer, ktorý aj zároveň zvyšuje presnosť GPS.

Podľa stránky versus.com ním momentálne disponuje 39% inteligentných hodiniek na trhu.

5. Telesný teplomer

Pomocou tohto senzoru dokáže používateľ zistiť svoju telesnú teplotu priamo zo svojho elektronického zariadenia.

Podľa stránky versus.com ním momentálne disponuje len 10% inteligentných hodiniek na trhu.

6. Heart-rate monitor

Ako už naznačuje názov, tento senzor používateľovi meria, pomocou pulzu, počet úderov srdca za minútu. Deje sa to v pravidelných intervaloch a zariadenie, v prípade abnormálneho srdcového tepu, používateľa upozorní na tento jav.

Podľa stránky versus.com ním momentálne disponuje 83% inteligentných hodiniek na trhu.

7. Oxymeter

Tento senzor informuje používateľa ohľadom okyslienia jeho krvi. Táto informácia je dôležitá najmä pri vyvýjaní fyzickej aktivity, kedy sa, pri nízkom okysličení krvi, dokáže rýchlejšie unaviť, prípadne až omdliť.

Podľa stránky versus.com ním momentálne disponuje 39% inteligentných hodiniek na trhu.

8. Senzor vodivosti pokožky

Tento senzor slúži na monitorovanie úrovne stresu. Senzor sleduje zmeny elektrickej vodivosti pokožky a potu, na základe čoho úroveň stresu vyhodnotí.

Podľa stránky versus.com ním momentálne disponujú len 2% inteligentných hodiniek na trhu.

9. GPS

Pomocou GPS dokážeme zistiť svoju aktuálnu polohu a presnejšie merať dĺžku trasy pri behaní alebo cyklistike.

Podľa stránky versus.com ním momentálne disponuje 54% inteligentných hodiniek na trhu.

1.2 Súčasnosť nositeľných zariadení

Aktuálny trh inteligentných hodiniek sa od jeho vzniku výrazne zmenil. Za hlavného predchodcu dnešných inteligentných hodiniek môžeme považovať prvé digitálne hodinky (obr. 5), ktoré boli predstavené spoločnosťou Pulsar v roku 1972. O takmer 40 rokoch neskôr začali pomaly vznikať inteligentné hodinky a inteligentné náramky také, ako ich poznáme dnes. Počas tohto obdobia až do dnes sa do výroby inteligentných hodiniek zapojilo mnoho veľkých, známych firiem ako napríklad Apple alebo Samsung, ale aj firiem, ktoré vznikli práve kvôli manufaktúre inteligentných hodiniek alebo náramkov, a to napríklad Fitbit[11].



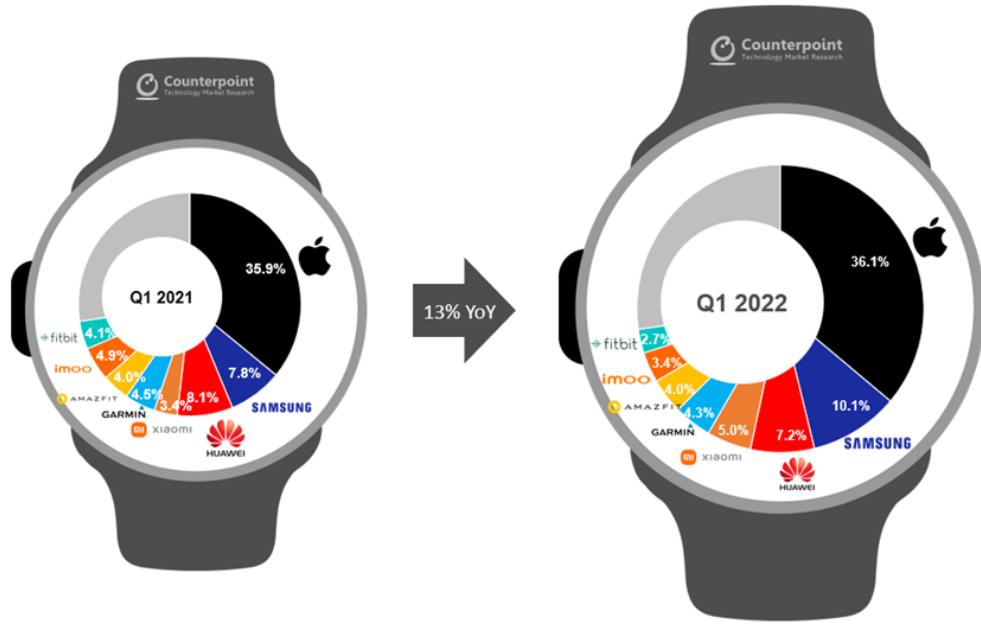
Obr. 5: Prvé digitálne hodinky - Hamilton Pulsar P1[12]

Súčasnému trhu vládne spoločnosť Apple s ich Apple Watch sériou. Po nich nasledujú firmy ako Samsung, Huawei alebo Xiaomi s menším percentuálnym podielom.

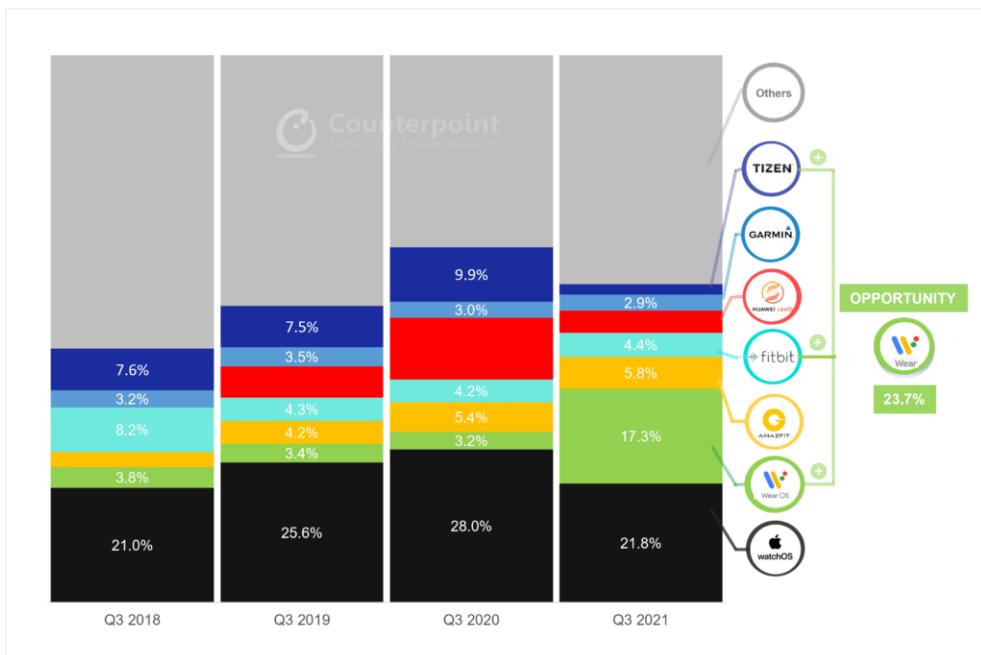
Tento trh však môžeme rozdeliť aj podľa operačného systému, aký inteligentné hodinky používajú. Ako môžeme vidieť na obrázku 7 nižšie, tu už prvenstvo Apple nie je také jasné a na druhom mieste, so stále narastajúcim trhovým podielom sa nachádza Wear OS.

1.2.1 Android Wear OS

Základom operačného systému Wear OS je upravený operačný systém Android, ktorý je určený pre mobilné zariadenia. Ako sa píše v článku *D'Orazia*[15], Wear OS tento systém rozširuje a prináša určité špecifická využitia v inteligentných hodinkách. Tento systém bol



Obr. 6: Percentuálny podiel značiek na trhu inteligentných hodiniek[13]



Obr. 7: Percentuálny podiel operačných systémov na trhu inteligentných hodiniek[14]

prvýkrát oznamený v marci 2014 pod starším názvom Android Wear. V roku 2018 bol názov systému zmenený na aktuálne používaný Wear OS[16].

Hlavný rozdiel oproti nižšie popísanému WatchOS od Apple je práve v množstve podporovaných zariadení. Kým WatchOS je nasadený len vo vlastných hodinkách firmy Apple s obdlžnikovým displejom, Wear OS môže byť a je využívaný v zariadeniach s okrúhlym, štvorcovým alebo obdlžnikovým displejom. To prináša pri vývoji ďalšie výzvy, ktoré je nutné vyriešiť. Autori knihy *Mastering Android Wear Application Development*[17] ďalej uvádzajú, že ďalšou kľúčovou vlastnosťou tohto systému je možnosť prepojenia s mobilným zariadením s oboma najpoužívanejšími operačnými systémami, Android aj iOS.

Za veľký nárast počtu zariadení, používajúcich Wear OS, na trhu, môže Google vďačiť najmä spolupráci so Samsungom a vydaniu novej verzie Wear OS 3.0. V článku *Wear OS shoots up the market-share charts, now in striking distance of Apple*[1] je spomenuté, že ich počet vzrástol zo 4% v 2. kvartáli roku 2021 na 17% hned v nasledujúcom kvartáli. Takisto, v roku 2021, Google odkúpilo firmu FitBit[18] a plánuje postupne nahradiť operačný systém FitBit OS svojím Wear OS.

1.2.2 Apple WatchOS

Apple WatchOS bol predstavený v apríli 2015 a je postavený na operačnom systéme iOS, ktorý sa nachádza na zariadeniach od spoločnosti Apple ako napríklad iPhone. Tieto dva operačné systémy sú si veľmi podobné a ponúkajú viacero spoločných funkcií. Rozdielom je len zameranie systému, kde WatchOS je špeciálne prispôsobený na používanie na hodinkách, ako poskytovanými funkciami (napríklad zdravotnými), tak ovládaním[19].

1.2.3 Ostatné

Tak ako môžeme pozorovať z obrázku 7, na trhu inteligentých hodiniek existuje viacero operačných systémov, ktoré používajú jednotlivé spoločnosti[20]. Medzi najznámejšie patria hodinky Amazfit so svojím Zepp OS, Huawei s ich LiteOS a Harmony OS, firmy FitBit a Garmin, ktoré používajú rovnomenné operačné systémy a Xiaomi, ktoré už v minulosti vydalo hodinky s Wear OS ale aktuálne používajú ich vlastný operačný systém. Samsung, pred spoluprácou s Google, používal operačný systém Tizen, ktorý aktuálne ešte beží na niektorých starších inteligentných hodinkách firmy Samsung[1].

Samostatná kapitola sú inteligentné náramky, ktoré používaju individuálne operačné systémy vhodné pre tento typ hodiniek a najmä pre dlhú výdrž batérie. Ich popularite prispieva aj fakt, že sú oveľa dostupnejšie než inteligentné hodinky[21].

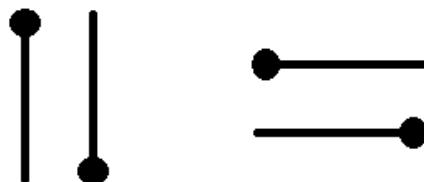
2 Ovládanie Android Wear OS zariadení

Hlavnými ovládacími prvками Wear OS systému sú gestá, ktoré používateľ vykonáva prstom na obrazovke a to konkrétnie potiahnutie, scrollovanie alebo tuknutie[22]. Taktiež sa využívajú HW tlačidlá, ktoré používateľ stláča. V neposlednom rade sa dá Wear OS zariadenie ovládať pomocou gest zápästia alebo hlasom.

2.1 Potiahnutie prstom po obrazovke

Android Wear OS zariadenia podporujú 4 zakladné pohyby potiahnutím po obrazovke:

1. Zhora nadol – týmto pohybom môžeme napríklad z domovskej obrazovky zobrazit nastavenia alebo scrollovať nejaký zoznam smerom nahor.
2. Zdola nahor – týmto pohybom môžeme napríklad z domovskej obrazovky zobrazit zoznam notifikácií alebo scrollovať nejaký zoznam smerom nadol.
3. Zleva doprava – týmto pohybom môžeme napríklad z domovskej obrazovky zobrazit aktuálne informácie ako dátum a čas, naplánované schôdzky z kalendára alebo počasie. Primárne však tento pohyb slúži na návrat o krok späť alebo zatvorenie akejkoľvek aplikácie[22].
4. Sprava dolava – týmto pohybom môžeme napríklad z domovskej obrazovky zobrazit takzvané dlaždice (tiles) a opäťovným opakováním tohto pohybu scrollovať v danom zozname.



Obr. 8: Znázornenie pohybu posunutím (kruh - začiatok pohybu)

2.2 Dotknutie sa prstom obrazovky

Android Wear OS zariadenia podporujú 3 zakladné možnosti ovládania dotykom:

1. Členutím – tento dotyk slúži napríklad na spustenie nejakej aplikácie. Funguje rovnako ako na Android smartfóne.
2. Podržaním – tento dotyk slúži väčšinou na zobrazenie dodatočných možností, ak to práve používaná aplikácia podporuje.
3. Prekrytím – ak je zariadenie momentálne aktívne, po prekrytí jeho displeja dlaňou, dokážeme hodinky prepnuť do neaktívneho stavu.

2.3 Stlačenie HW tlačidla

Každé Android Wear OS zariadenie musí obsahovať minimálne 1 HW tlačidlo. Toto tlačidlo slúži na zobrazenie zoznamu nainštalovaných aplikácií, ak sa nachádzame na domovskej obrazovke. Inak slúži na priamy návrat na domovskú obrazovku odkiaľkoľvek. Podržaním daného tlačidla dokážeme na niektorých modeloch aktivovať Google Hlasového Asistenta. Dlhším podržadlím sa aktivujú možnosti na reštartovanie a vypnutie zariadenia.

Na niektorých zariadeniach toto tlačidlo disponuje takzvanou „korunkou“. Jej točením v smere od seba vieme scrollovať zoznam smerom nadol a opačným točením zase nahor. Taktiež je možné pomocou tejto domovskej obrazovky zobraziť zoznam nastavení točením ku sebe, a zobrazením notifikácií točením od seba.

Niekteré zariadenia môžu taktiež obsahovať 1 alebo viac HW tlačidiel naviac. Tie si používateľ zariadenia vie nastaviť tak, aby po ich stlačení, sa mu otvorila aplikácia, ktorú si na dane tlačidlo predvolil[23].

2.4 Gestá zápästia

Android Wear OS zariadenia podporujú 3 základné gesta pohybom zápästím:[25]

1. Prvé gesto aktivujeme rýchlim pohybom smerom od seba a následným pomalším



Obr. 9: Ukážka HW tlačidiel[24]

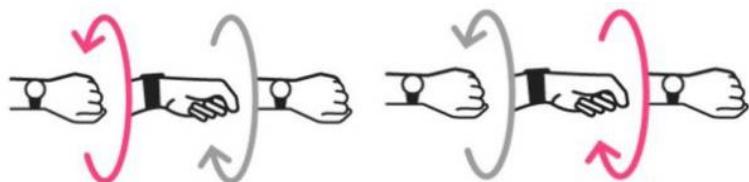
pohybom smerom k sebe. Týmto spôsobom vieme napríklad zobraziť zoznam notifikácií a následným opakovaním tohto pohybu, scrollovať zoznam notifikácií alebo nejaký smerom nadol až po koniec.

Zaužívaný názov tohto gesta je "FLICK UP"

2. Druhé gesto aktivujeme pomalším pohybom smerom od seba a následným rýchlim pohybom smerom ku sebe. Týmto spôsobom vieme napríklad zobraziť nastavenia alebo scrollovať zoznam notifikácií alebo aplikácií smerom nahor.

Zaužívaný názov tohto gesta je "FLICK DOWN"

3. Tretie gesto aktivujeme dvojitým rýchlim potrasením zápästia smerom od seba a ku sebe. Týmto spôsobom vieme otvoriť zoznam aplikácií alebo navrátiť sa na hlavnú obrazovku z hociktorého aktuálneho stavu.



Obr. 10: Znázornenie pohybu gestami zápästia (ružová šípka - rýchly pohyb, šedá šípka - pomalý pohyb)[26]

2.5 Hlas

Android Wear OS zariadenie sa dá ovládať aj hlasom a využitie tejto funkcionality opísal *David Nield* vo svojom článku *How to use voice commands on Wear OS*[27].

Ovládanie hlasom sa využíva najmä v spojitosti s Google Asistentom. Aktivuje sa pomocou vyslovenia „Ok, Google“. Funguje rovnako ako na mobilnom telefóne, avšak ponúka menej funkcií, napríklad nie je možné otvoriť webový prehliadač priamo na hodinkách.

Taktiež je táto funkciu úžitočná pri odpovedaní na správu alebo e-mail cez hodinky, kedy používateľ môže správu nadiktovať a nemusí strácať čas písaním na malej klávesnici.



Obr. 11: Ukážka Google Asistenta na Wear OS zariadení[28]

3 Použité vývojové prostriedky

V tejto kapitole je zhrnutý SW a HW použitý pri vyhotovení tejto diplomovej práce.

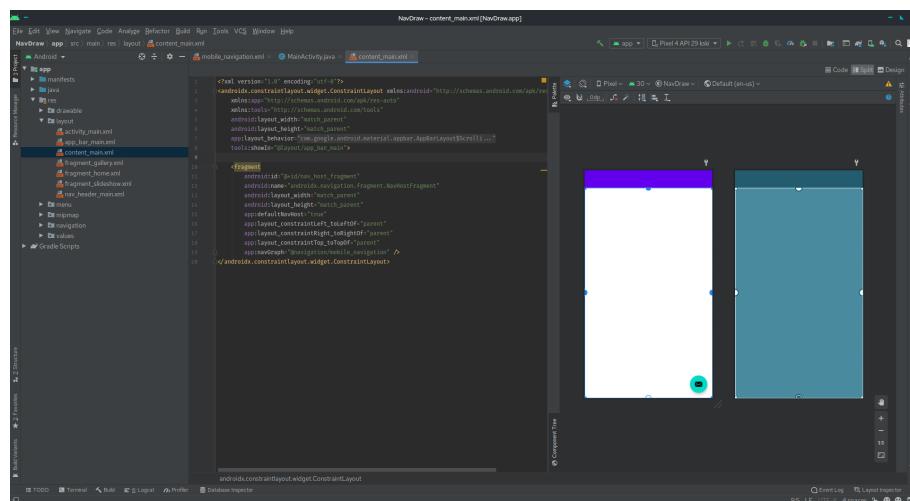
3.1 Softvér

3.1.1 Android Studio

Android Studio je oficiálne IDE na vývoj Android aplikácií, ktoré je založené na IntelliJ IDEA (IDE pre vývoj Java aplikácií).

Je možné ho spustiť na všetkých desktop operačných systémoch a Android aplikácie je teda možné využívať aj na Windows, macOS a Linux. Android Studio ponúka mnoho nástrojov na zjednodušenie vývoja aplikácie. Napríklad používa funkciu Instant Push, ktorá slúži na prenesenie zmien kódu do už spustenej aplikácie alebo poskytuje, ako mnohé moderné IDE, doplnenie kódu pri jeho písaní alebo úpravu formátovania zarovanania kódu. Taktiež poskytuje možnosť vytvárania používateľského rozhrania bez písania kódu či už priamou úpravou XML súboru alebo pomocou GUI. Android Studio ponúka aj emulátor rôznych Android zariadení (mobilov, hodiniek, tabletov a iných), takže v prípade, ak vývojár nevlastní zariadenie s Androidom, na ktorom by vedel testovať svoju aplikáciu, môže použiť jedno z týchto virtuálnych zariadení.

Aplikácie vytvorené v Android Studiu sa kompilujú do formátu APK. Súbor v tomto formáte je následne možné nainštalovať na všetky podporované Android zariadenia[29].



Obr. 12: Vzhľad Android Studia[30]

3.1.2 Kotlin

Jazyk Kotlin bol oficiálne predstavený v júli 2011. S verziou 1.0, vydanou 15. februára 2016 sa radí medzi jeden z najnovších celosvetovo používaných programovacích jazykov. Za jeho vývoj je primárne zodpovedná firma JetBrains. Kotlin, rovnako ako Java, je jazykom pre vývoj Android aplikácií. Kotlin bol inšpirovaný jazykom Java. Dobré vlastnosti sa snaží zanechať a nedostatky napraviť, pričom pridáva funkcionality z iných jazykov[31].

Rovnako ako Java, aj Kotlin má objektovo orientovaný základ. Navyše však umožňuje písat kód aj mimo tried. To umožňuje Kotlinu rozšíriť funkciu bez potreby rošírenia celej triedy. Taktiež má s Javou spoločnú platformovú nezávislosť vďaka podpore JVM. Kotlin narozenie od Javy neobsahuje statické premenné alebo primitívne dátové typy, tie musia byť realizované pomocou tried[32].

V roku 2019 Google vyhlásil, že preferovaným jazykom na vývoj Android aplikácií sa stane Kotlin a mnoho Jetpack API funkcionálít bude dostupných najskôr preň. Citovaný produktový manažér Google James Ward v článku *Five years later, Google is still all-in on Kotlin*[33] tvrdí, že po 3 rokoch sú vývojári viac spokojnejší s Kotlinom ako s Javou a aj kvalita aplikácií je vyššia. Preto sa bude Google zameriavať na to, aby sme sa dostali do bodu, kedy Android aplikácie, budú vyvíjane iba v Kotline. Aj tieto výroky a jasné cieľ spoločnosti Google, sústredit sa najmä na Kotlin, nás prinutili k rozhodnutiu vyvíjať našu aplikáciu v Kotline.

3.1.3 Python

V knihe *Learning Python*[34] od Marka Lutza je Python opísaný ako vysokoúrovňový, interpretovaný programovací jazyk, ktorý je ľahko čitateľný a zapisovateľný. Python má mnoho výhod, ako napríklad jednoduchú syntax, prenositeľnosť kódu medzi rôznymi platformami, rozsiahlu knižnicu modulov a podporu pre objektovo orientované, funkcionálne a imperatívne programovanie. Python sa používa v mnohých oblastiach, ako sú vedecké výpočty, umelá inteligencia, web development, automatizácia a ďalšie, a je oblúbený pre svoju jednoduchosť použitia a efektivitu. Vo tejto práci sme Python využili na vykreslovanie grafov pomocou knižníc Pandas a Matplotlib.

3.1.4 Knižnica Pandas

Podľa oficiálnej dokumentácie[35] je Pandas open-source knižnica pre jazyk Python, ktorá sa používa na manipuláciu s dátami a ich analýzu. Jej hlavným cieľom je uľahčiť prácu s tabulkovými dátami, ako sú CSV súbory alebo databázy. Pandas ponúka jednoduchý

spôsob na načítanie, filtrovanie, transformovanie a spájanie dát z rôznych zdrojov. Jeho popularita rastie kvôli jednoduchosti použitia a flexibilite.

3.1.5 Knižnica Matplotlib

Matplotlib je knižnica programovacieho jazyka Python, ktorá sa používa na vizualizáciu dát v grafoch. Knižnica umožňuje používateľom jednoducho vytvárať rôzne druhy grafov, vrátane čiarových, stĺpcových, koláčových a iných. Podporuje exportovanie týchto grafov v mnohých formátoch čo z nej robí ideálny nástroj na prezentáciu a zdieľanie výsledkov analýzy dát. Matplotlib sa často používa v kombinácii s knižnicami na spracovanie dát ako je napríklad Pandas[36]

3.2 Hardvér

Bezproblémové bežanie programu Android Studio a prípadne aj nejakého virtuálneho zariadenia je náročnejšie na výkon počítača. Preto bol na vývoj použitý nasledovný výpočtový výkon:

Výpočtový výkon použitý na vývoj aplikácie

Názov: Asus Zephyrus G14

CPU: AMD Ryzen 5 4600HS (3GHz, Boost: 4GHz)

GPU: Nvidia GeForce GTX 1650M Ti (4GB GDDR6)

RAM: 16GB (3200MHz)

Android Wear OS zariadenie

Názov: Fossil Gen5 Carlyle HR

CPU: Qualcomm Snapdragon Wear 3100

RAM: 1GB

Wear OS verzia: 2.38

Senzory: akcelerometer, gyroskop, svetelný senzor, krokomer, GPS, heart-rate monitor, výškomer, kompas

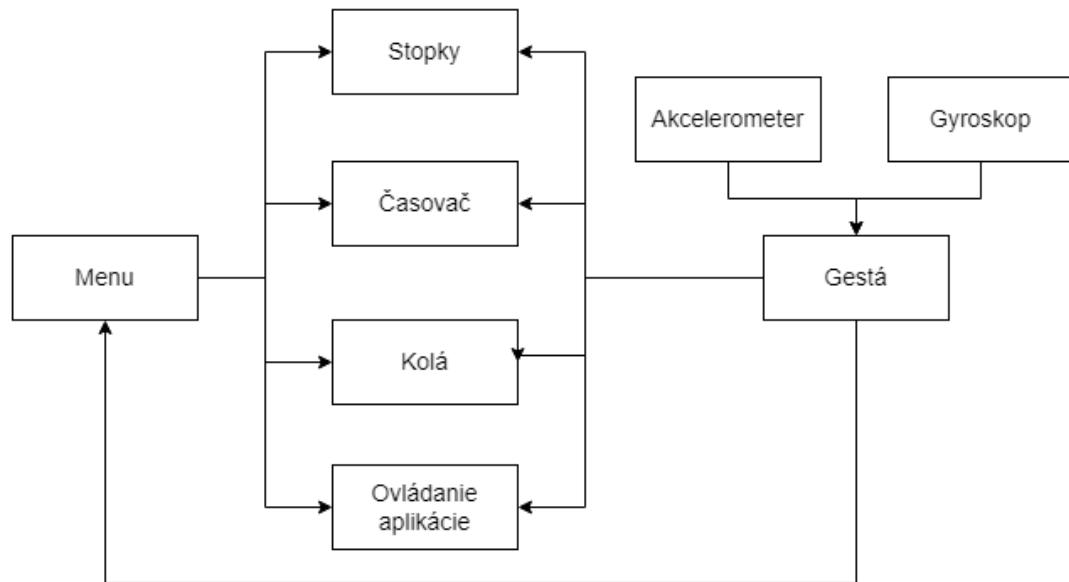


Obr. 13: Wear OS zariadenie použité na testovanie[37]

4 Návrh aplikácie

Pri návrhu aplikácie sme sa snažili brať do úvahy najmä športovo zameranú tému tejto diplomovej práce a rozsiahlosť implementácie gest. Preto sme sa rozhodli vytvoriť aplikáciu s rôznymi aktivitami, ktoré budú primerane demonštrovať ovládanie inteligentných hodiniek pomocou gest zápästím. Návrh aplikácie môžeme pozorovať na obrázku 14 nižšie.

Po otvorení aplikácie sa nám zobrazí menu, v ktorom si môžeme vybrať zo 4 nasledujúcich aktivít: Stopky, Časovač, Kolá, a Ovládanie aplikácie. Funkcionalita týchto aktivít je zobrazená na obrázkoch 16, 18, 20 a 22.



Obr. 14: Diagram návrhu aplikácie



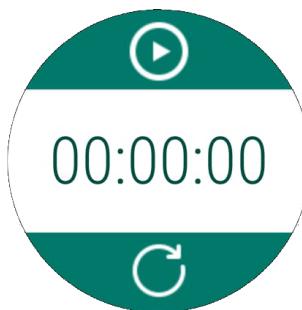
Obr. 15: Ukážka menu aplikácie

4.1 Aktivita - Stopky

V aktivite Stopky je možné spustiť čas, spustený čas zastaviť a následne buď pokračovať v meraní času alebo čas resetovať.



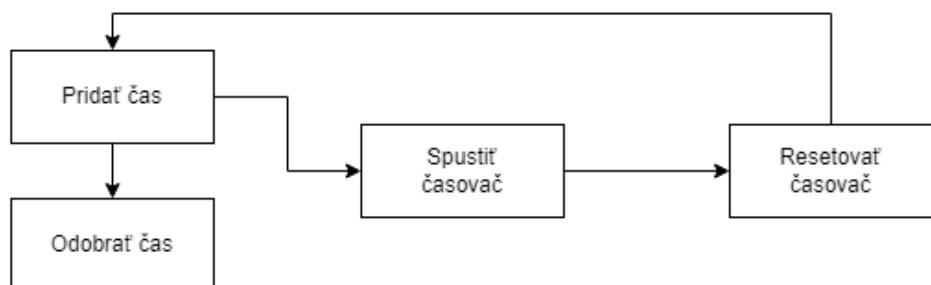
Obr. 16: Diagram aktivity - Stopky



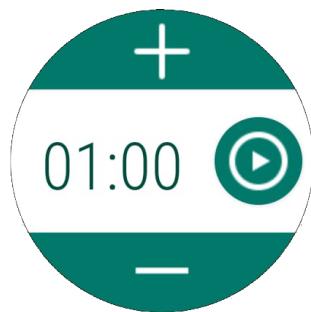
Obr. 17: Ukážka aktivity - Stopky

4.2 Aktivita - Časovač

V aktivite Časovač je pre jeho spustenie najskôr potrebné nastaviť čas, ktorý sa bude odpočítavať. Následne je možné časovač spustiť. Po spustení časovača môžeme buď čas resetovať alebo počkať na vypršanie času, čo nám bude oznámené zavibrovaním hodiniek.



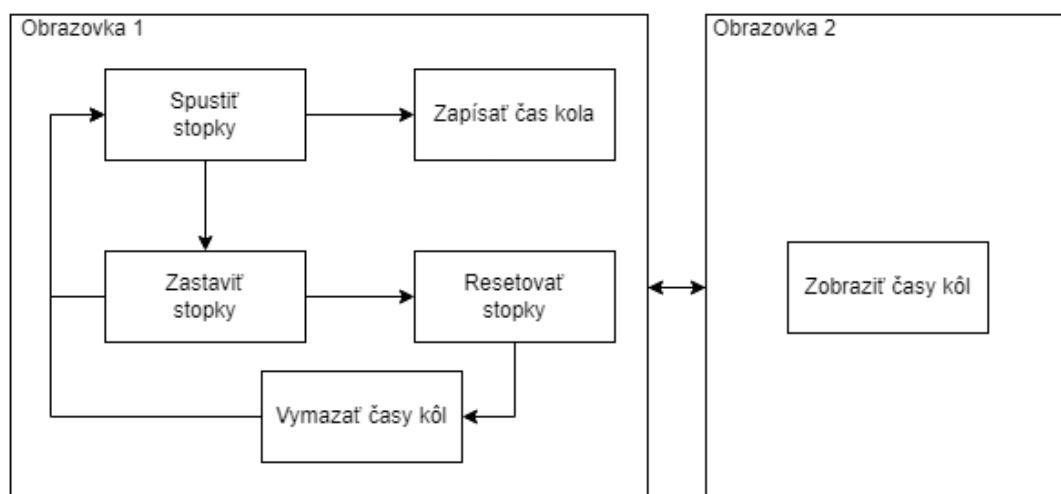
Obr. 18: Diagram aktivity - Časovač



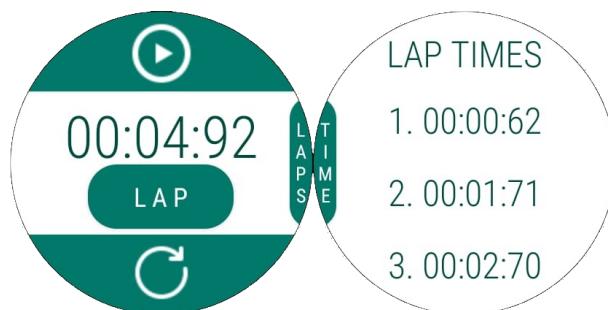
Obr. 19: Ukážka aktivity - Časovač

4.3 Aktivita - Kolá

Aktivita Kolá funguje prakticky rovnako ako aktivita Stopky, s doplnenou funkcionalitou zapísania času kôl, ich zobrazením a vymazaním. Funkcionalita vymazávania časov kôl funguje automaticky po vyresetovaní stopiek.



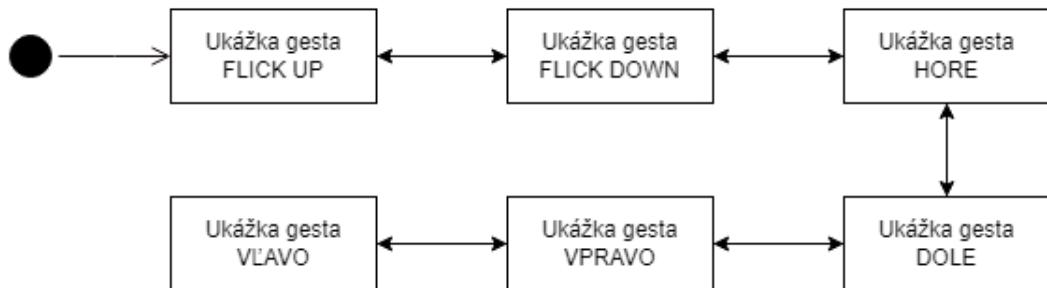
Obr. 20: Diagram aktivity - Kolá



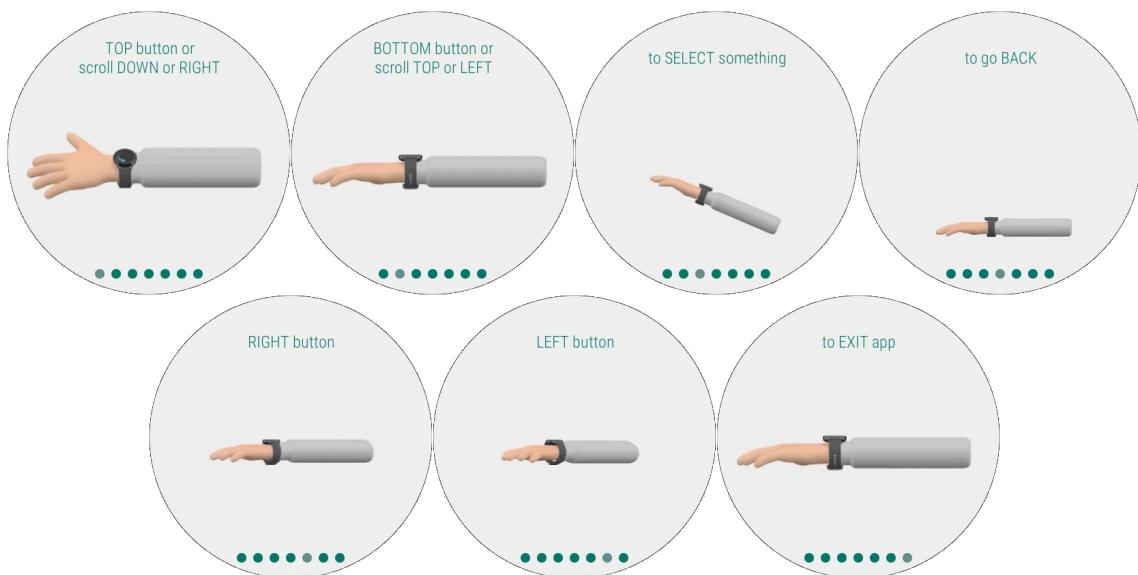
Obr. 21: Ukážka aktivity - Kolá

4.4 Aktivita - Ovládanie aplikácie

V danej aktivite sú znázornené všetky gestá pomocou GIF obrázkov, pričom pri každom geste je popísané, ktorú funkciu aplikácie je možné ovládať pomocou daného gesta.



Obr. 22: Diagram aktivity - Ovládanie aplikácie



Obr. 23: Ukážka aktivity - Ovládanie aplikácie

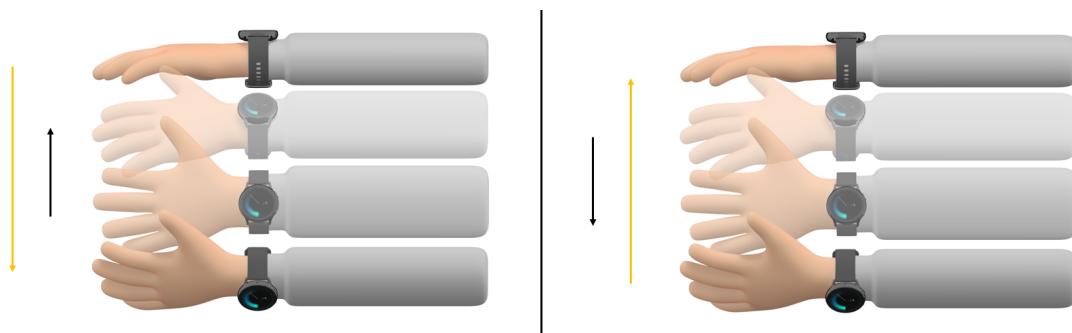
5 Návrh gest

V tejto diplomovej práci sme sa snažili navrhnúť a implementovať rôzne gestá, pomocou ktorých budeme vedieť ovládať celú našu navrhnutú aplikáciu. Android Wear OS ponúka 3 základné gestá, spomenuté v podkapitole 2.4, z ktorých 2 (FLICK UP a FLICK DOWN) sú jednoducho použiteľné pre vývojára nejakej aplikácie. Pre potreby našej aplikácie sme sa rozhodli použiť a otestovať tieto gestá, vytvoriť 2 totožné gestá ku FLICK UP a FLICK DOWN a následne porovnať úspešnosť a rýchlosť medzi týmito, nami vytvorenými a originálnymi Android gestami. Ďalej sme sa rozhodli doplniť aplikáciu o 4 úplne nové gestá, ktoré budú dopĺňať funkcia aplikácie tak, aby sa dala ovládať aj iba pomocou gest. Pri všetkých gestách počítame s tým, že používateľ nosí hodinky na ľavej ruke.

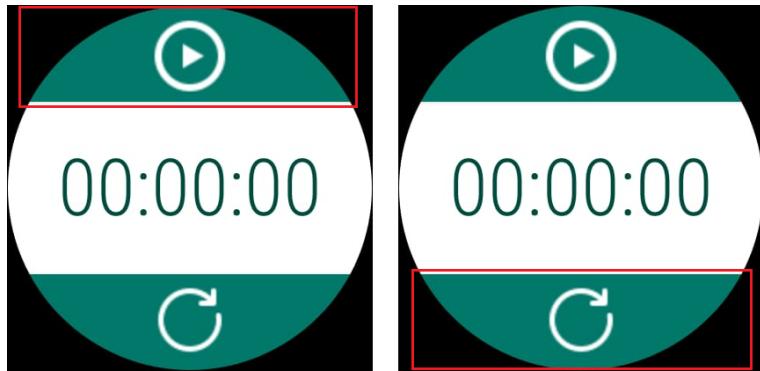
5.1 Gestá FLICK UP a FLICK DOWN

Tieto gestá fungujú rovnako ako Android gestá, ktoré sú opísane v podkapitole 2.4 a teda gesto FLICK UP (obrázok 24 vľavo) aktivujeme prudším otočením zapästia smerom od seba (žltá šípka) a pomalším otočením smerom ku sebe (čierna šípka). Gestu FLICK DOWN (obrázok 24 vpravo) aktivujeme presne naopak a to pomalším otočením zápästia smerom od seba (čierna šípka) a rýchlejším otočením smerom ku sebe (žltá šípka).

V našej aplikácii gesto FLICK UP slúži na posúvanie sa zoznamom smerom nadol alebo doprava a ovládanie horného tlačidla aktivít, ako napríklad na obrázku 25 vľavo. Gestu FLICK DOWN zase slúži na posúvanie sa zoznamom smerom nahor alebo doľava a ovládanie dolného tlačidla aktivít, ako napríklad na obrázku 25 vpravo.



Obr. 24: Ukážka gesta FLICK UP (vľavo) a FLICK DOWN (vpravo)

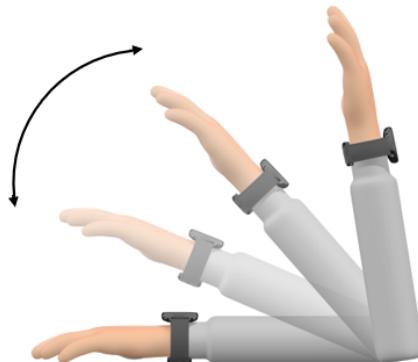


Obr. 25: Príklad ovládania aplikácie gestom FLICK UP (vľavo) a FLICK DOWN (vpravo)

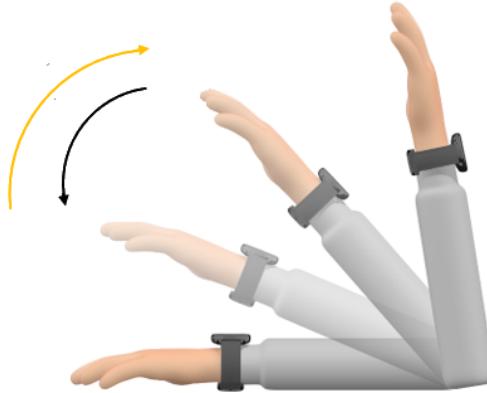
5.2 Gesto HORE

Gesto HORE sme sa rozhodli definovať ako pohyb ruky z vodorovnej polohy spred tela do zvislej polohy nahor vedľa tela, a naspäť, pomocou otáčania lakta. Tento pohyb je znázornený na obrázku 26. Vzhľadom na výsledky testovania gesta HORE pomocou akcelerometra (podkapitola 8.1), a úpravy gesta DOLE, popísaných v podkapitole 5.3, sme sa však rozhodli inšpirovať gestom FLICK UP a upraviť gesto HORE (obrázok 27) tak, aby sa aktivovalo v prípade rýchlejšieho pohybu ruky z vodorovnej do zvislej polohy (žltá šípka) a pomalšieho pohybu naspäť do vodorovnej polohy (čierna šípka).

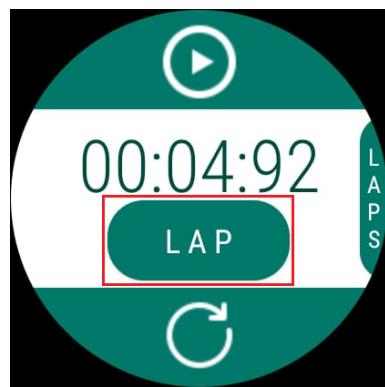
Toto gesto sa v našej aplikácii používa na funkcionalitu ponúkanú v strede obrazovky, ako napríklad tlačidlo LAP na obrázku 28.



Obr. 26: Ukážka prvotného gesta HORE



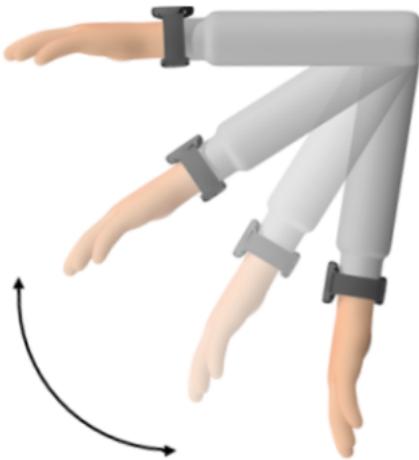
Obr. 27: Ukážka výsledného gesta HORE



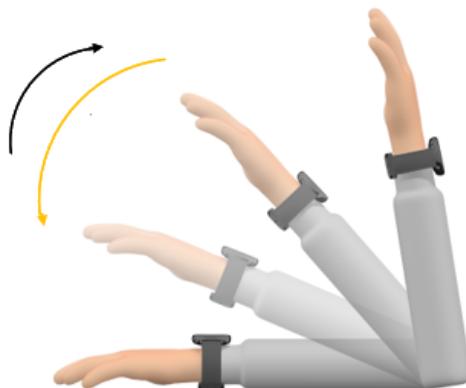
Obr. 28: Príklad ovládania aplikácie gestom HORE

5.3 Gesto DOLE

Gesto DOLE sme sa rozhodli definovať opačne ako prvotné gesto HORE a teda ako posun ruky z vodorovnej polohy spred tela do zvislej polohy nadol vedľa tela, a naspäť, pomocou otáčania lakta (obrázok 29). Po testovaní sme zistili, že pohyb tohto gesta nie je pre človeka veľmi prirodzený pričom v sede je tento pohyb aj dosť nepohodlný. Preto sme sa rozhodli toto gesto ďalej nepoužívať a namiesto neho sme vytvorili opačné gesto k už upravenému gestu HORE, pričom sme sa inšpirovali gestom FLICK DOWN. Upravené gesto DOLE (obrázok 30) sa má teda aktivovať v prípade pomalšieho pohybu ruky z vodorovnej do zvislej polohy (čierna šípka), pričom aj v tomto prípade sa zápästie nachádza vyššie ako laket, a rýchlejšieho pohybu naspäť do vodorovnej polohy (žltá šípka). Gesto DOLE sa v našej aplikácii používa len na návrat na predchádzajúcu aktivitu.



Obr. 29: Ukážka prvotného gesta DOLE

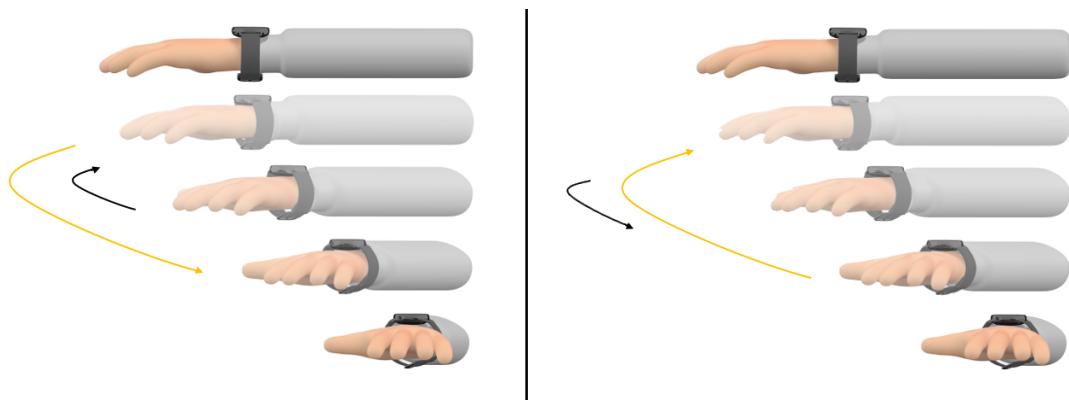


Obr. 30: Ukážka výsledného gesta DOLE

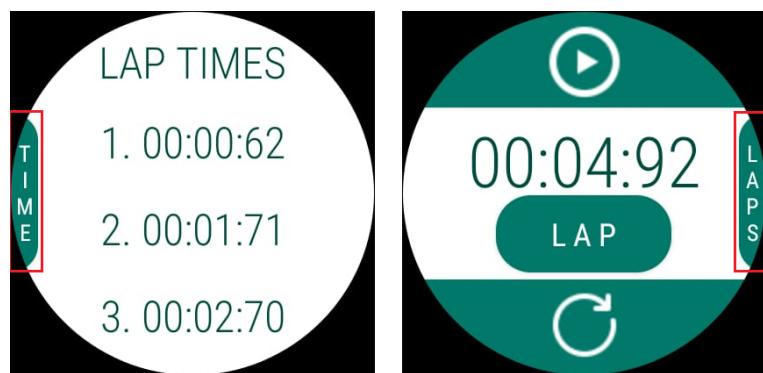
5.4 Gestá VLAVO a VPRAVO

Na základe predošlých skúseností sme sa rozhodli tieto gestá odlišiť rovnako ako predchádzajúce gestá a to rýchlejším a pomalším pohybom. Ich pohyb sme definovali ako pohyb z vodorovnej polohy spred tela do vodorovnej polohy kedy zápästie smeruje smerom od tela, a naspäť. Gesto VLAVO (obrázok 31 vľavo) sa aktivuje v prípade rýchlejšieho pohybu smerom od tela (žltá farba) a pomalšieho pohybu smerom k telu (čierna farba) a gesto VPRAVO (obrázok 31 vpravo) v prípade pomalšieho pohybu smerom od tela (čierna farba) a rýchlejšieho pohybu smerom k telu (žltá farba).

V našej aplikácií sa gesto VLAVO používa na ovládanie tlačidla na ľavej strane, ako napríklad na obrázku 32 vľavo, a gesto VPRAVO na ovládanie tlačidla na pravej strane, ako napríklad na obrázku 32 vpravo.



Obr. 31: Ukážka gesta VLAVO (vľavo) a VPRAVO (vpravo)



Obr. 32: Príklad ovládania aplikácie gestom VLAVO (vľavo) a VPRAVO (vpravo)

6 Návrh testovania

6.1 Testovanie rýchlosťi gest

Testovanie sme sa rozhodli vykonávať priamo pomocou našej aplikácie a to konkrétnie v aktivite Stopky. Pri testovaní sme sa zamerali na rýchlosť odozvy nejakého nami vykonaného gesta nasledovne:

1. Spustili sme stopky.
2. Akonáhle na stopkách zobrazilo 1 sekundu, čo najrýchlejšie sme vykonali gesto a počkali kým sa stopky zastavia.
3. Daný čas sme zapísali do tabuľky.

Týmto spôsobom sme testovali všetky gestá, až pokým sa nám úspešne podarilo namerat 50 hodnôt (25 v sede a 25 v stoji). Výsledky deného testovania sú uvedené v podkapitole 8.1.

6.2 Testovanie úspešnosti gest

Pre objektívnosť testovania sme sa taktiež rozhodli otestovať aplikáciu na menšej množine ľudí rôzneho veku a pohlavia. V tomto prípade sme nehodnotili rýchlosť ale úspešnosť, na ktorú pokus sa konkrétnie gesto podarilo správne vykonať. Testovanie prebiehalo pomocou našej aplikácie a nasledujúcich krokov:

1. Spustenie aplikácie.
2. Otvorenie aktivity Ovládanie aplikácie.
3. Vyskúšanie všetkých gest.
4. Návrat do menu a otvorenie aktivity Stopky.
5. Spustenie času.
6. Zastavenie času.
7. Opäťovné spustenie času.
8. Resetovanie času.
9. Návrat do menu a otvorenie aktivity Časovač.

10. Pridanie času (dvakrát).
11. Odobratie času.
12. Spustenie časovača.
13. Resetovanie časovača.
14. Návrat do menu a otvorenie aktivity Kolá.
15. Spustenie času.
16. Odmeranie kola (trikrát).
17. Zastavenie času.
18. Zobrazenie času kôl.
19. Zobrazenie merania času.
20. Resetovanie času.
21. Zobrazenie času kôl.
22. Zobrazenie merania času.
23. Návrat do menu a zatvorenie aplikácie.

Do merania úspešnosti gest, sme brali do úvahy gestá až od bodu 4. Týmto spôsobom sme zaistili, že do merania zahrnieme všetky gestá. Výsledky tohto testovania sú uvedené v podkapitole 8.2.

7 Implementácia

Implementáciu našich gest sme sa rozhodli vykonať najskôr pomocou akcelerometra. Na základe výsledkov testovania gest, vytvorených pomocou akcelerometra, sme sa však rozhodli implementovať gestá aj pomocou gyroskopu a neskôr aj kombináciou oboch týchto senzorov. Pri tomto rozhodnutí sme čerpali motívaciu aj z článku [38], kde autori dokázali, že kombináciou viacerých senzorov je možné dosiahnuť vyššiu úspešnosť rozpoznania pohybu. V ich prípade sa jednalo o detekciu pohybu celého tela ako napríklad sedenie, chodenie po rovine, chodenie po schodoch a iné.

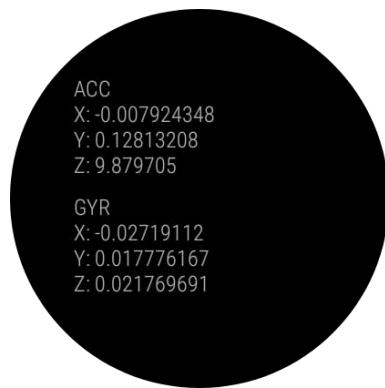
7.1 Pomocná aplikácia

Pre naše potreby sme si vytvorili pomocnú aplikáciu, ktorá ukazuje hodnoty osí X, Y a Z senzorov akcelerometra a gyroskopu. Následne sme ruku s hodinkami nakláňali do potrebných polôh tak, aby sme získali hraničné hodnoty senzoru akcelerometra, pri vykonávaní gest. Pomocou týchto hodnôt sme sa najskôr snažili implementovať gestá HORE, DOLE a FLICK UP. Pri testovaní tejto implementácie, opísanom v podkapitole 8.1, sme však narazili na viacero problémov, preto sme všetky gestá implementovali už len buď pomocou gyroskopu alebo gyroskopu s doplnením akcelerometra.

Pre naše potreby sme si definovali termíny základná poloha a hraničná poloha nasledovne:

- Základná poloha - poloha ruky vo vodorovnej polohe pred telom (obrázok 34)
- Hraničná poloha - maximálna poloha ruky pri vykonávaní nejakého gesta (napríklad obrázok 36)

Kedže gyroskop meria zmenu natočenia zariadenia okolo nejakej osi, jeho hraničné hodnoty je možné odpozorovať len pri vykonávaní pohybu nejakého gesta. Preto sme nedokázali tieto hodnoty získať pomocou našej pomocnej aplikácie ale získavali sme ich z meraní rýchlosťi gest.



Obr. 33: Ukážka pomocnej aplikácie

7.1.1 Hodnoty akcelerometra v rôznych polohách

1. Základná poloha

- os X: od $-1,5 \text{ m/s}^2$ do $2,5 \text{ m/s}^2$
- os Y: od -2 m/s^2 do 2 m/s^2
- os Z: od 9 m/s^2 do 11 m/s^2



Obr. 34: Ukážka ruky v základnej polohe

2. Hraničná poloha gesta FLICK UP

- os X: od $-2,5 \text{ m/s}^2$ do 1 m/s^2
- os Y: od -8 m/s^2 do -11 m/s^2
- os Z: od $-6,5 \text{ m/s}^2$ do -4 m/s^2



Obr. 35: Ukážka ruky v hraničnej polohe gesta FLICK UP

3. Hraničná poloha gesta HORE

os X: od 9 m/s^2 do 11 m/s^2

os Y: od $-3,5 \text{ m/s}^2$ do $4,5 \text{ m/s}^2$

os Z: od -3 m/s^2 do 3 m/s^2



Obr. 36: Ukážka ruky v hraničnej polohe gesta HORE

4. Hraničná poloha gesta DOLE

os X: od -8 m/s^2 do -10 m/s^2

os Y: od -2 m/s^2 do 2 m/s^2

os Z: od 2 m/s^2 do 6 m/s^2



Obr. 37: Ukážka ruky v hraničnej polohe gesta DOLE

7.2 Meranie rýchlosťi gest

Toto meranie sme vykonávali pomocou obyčajných stopiek, kedy sme 20 krát merali čas od začiatku vykonávania nejakého gesta až po jeho koniec. Meranie sme robili pre 3 rôzne pohyby: rýchlo, prirodzene a pomaly.

| Gesto | Rýchly | Prirodzený | Pomalý |
|------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| FLICK UP | $179,60 \pm 0,01$ | $449,00 \pm 0,01$ | $967,75 \pm 0,01$ |
| FLICK DOWN | $271,05 \pm 0,01$ | $495,05 \pm 0,01$ | $875,25 \pm 0,01$ |
| HORE | $191,90 \pm 0,01$ | $497,45 \pm 0,01$ | $896,80 \pm 0,01$ |
| DOLE (prvotná verzia) | $316,05 \pm 0,01$ | $495,70 \pm 0,01$ | $880,75 \pm 0,01$ |
| DOLE (výsledná verzia) | $362,00 \pm 0,01$ | $704,20 \pm 0,01$ | $912,40 \pm 0,01$ |
| VĽAVO | $343,05 \pm 0,01$ | $592,20 \pm 0,01$ | $908,75 \pm 0,01$ |
| VPRAVO | $380,55 \pm 0,01$ | $587,20 \pm 0,01$ | $927,85 \pm 0,01$ |

Tabuľka 1: Priemerná rýchlosť gest v milisekundách

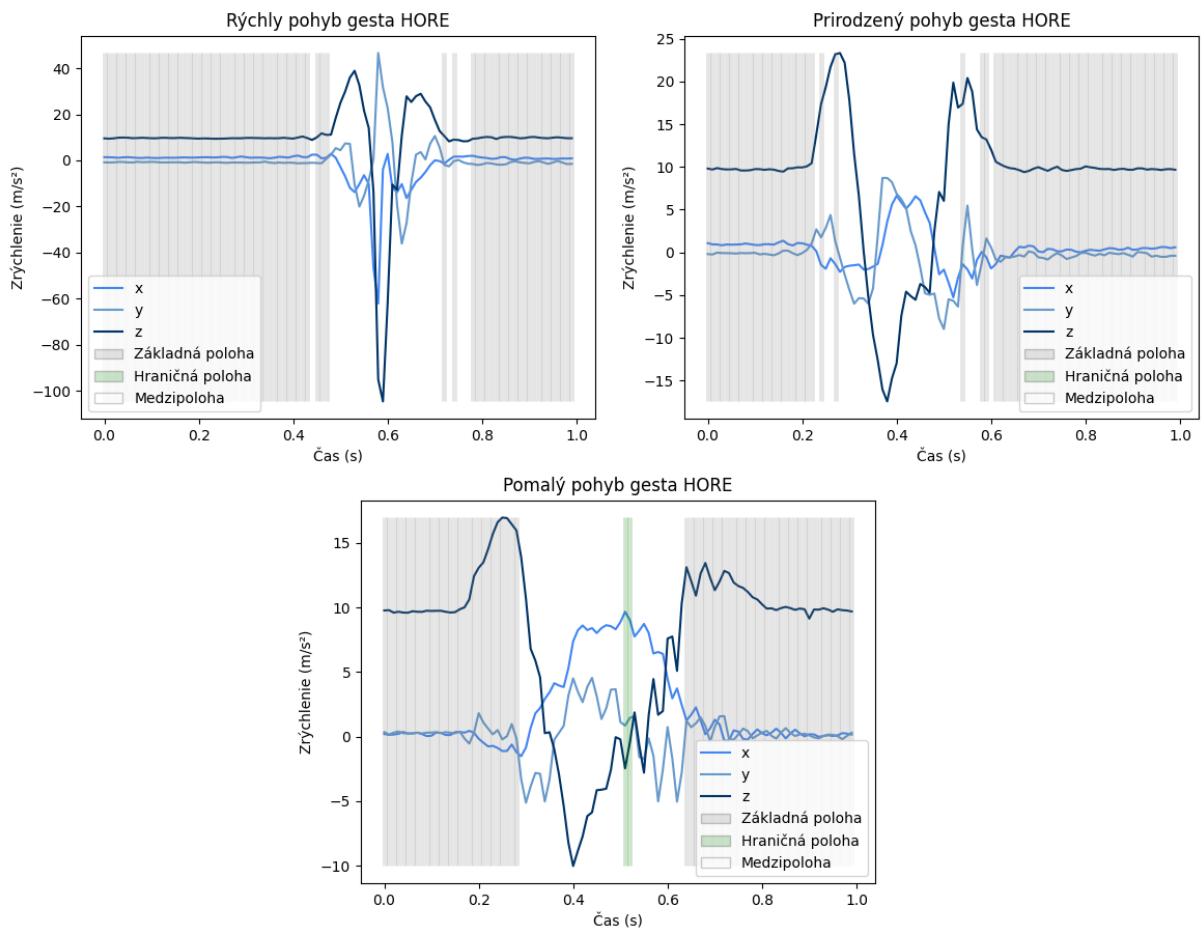
Taktiež sme zaznamenávali hodnoty osí akcelerometra a gyroskopu a ukladali ich do CSV súborov, ktoré sme vykreslovali v grafoch. Tieto grafy sú zobrazené v nasledujúcich častiach implementácie na obrázkoch 38 až 40 a 42 až 47. Vďaka týmto meraniam sme zistili nedostatky implementácie pomocou akcelerometra a hraničné hodnoty gest pre implementáciu pomocou gyroskopu.

7.3 Implementácia pomocou akcelerometra

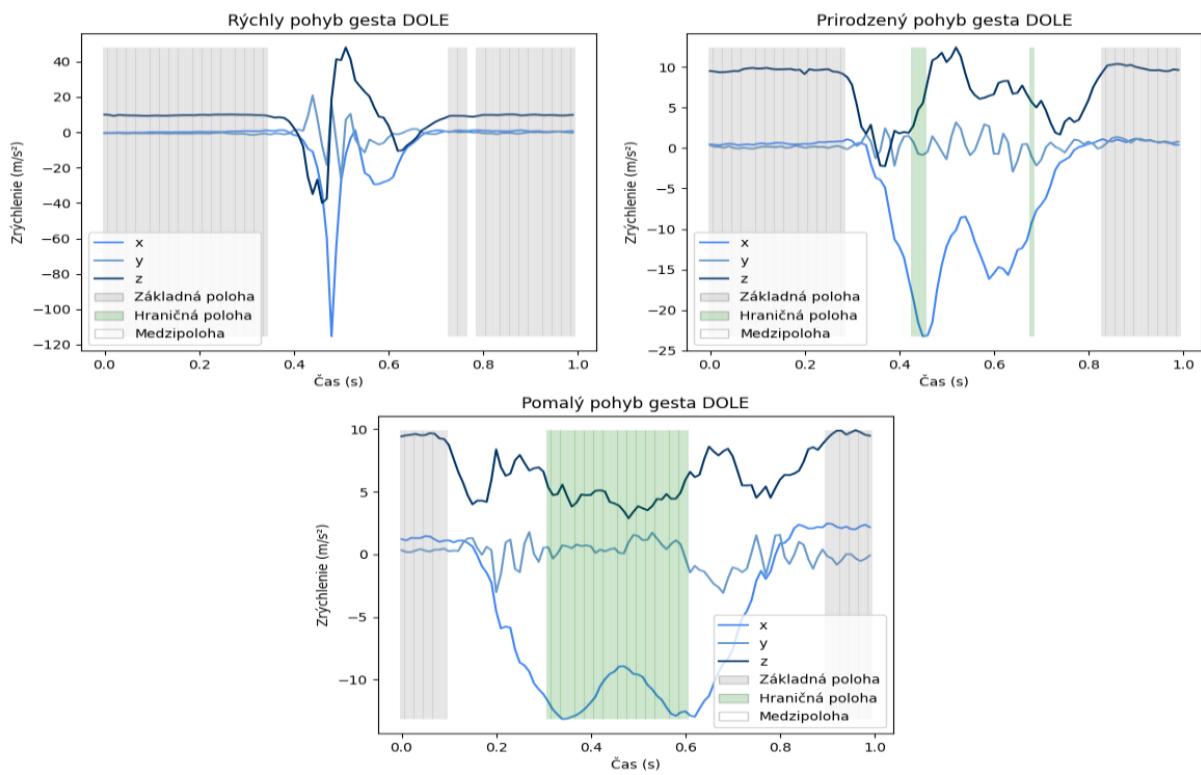
Pomocou senzoru akcelerometra sme sa snažili rozpoznať gestá, ako pohyb ruky zo základnej polohy do hraničnej polohy nejakého gesta a naspäť. Taktiež sme si definovali časové rozmedzie v ktorom sa gesto muselo stihnúť vykonať. Z meraní z predchádzajúcej kapitoly sme určili, že touto hranicou bude 1 sekunda. Takýmto spôsobom sme vytvorili gestá HORE, DOLE a FLICK UP. Hraničné hodnoty akcelerometra pre tieto gestá sú uvedené v podkapitole 7.1.1 vyššie. Pri testovaní sme však zistili, že takto implementované gestá pri rýchлом pohybe dosahujú veľmi nízku úspešnosť rozpoznania. Deje sa tak kvôli nami nastaveným hraničným hodnotám, kedy pri rýchлом pohybe a prerátavaní gravitačného zrýchlenia, sa osi X, Y a Z vychýľujú do veľmi vysokých alebo veľmi nízkych hodnôt. Tým pádom náš algoritmus nevedel zachytiť či sa ruka niekedy nachádzala v nejakej hraničnej polohe, pretože nenastal stav, kedy by všetky osi naraz splňali pravidlá rozmedzia hraničnej polohy gesta.

Na nasledujúcich grafoch (obrázky 38, 39, 40) sú znázornené hodnoty osí X,Y a Z akcelerometra pri všetkých typoch meraní pohybu. Šedou farbou je zvýraznené pozadie, keď sa hodinky nachádzali v základnej polohe a zelenou farbou, keď sa nášmu algoritmu podarilo zachytiť hraničnú polohu gesta. Pozadie s bielou farbou symbolizuje stav medzi nami definovanými polohami.

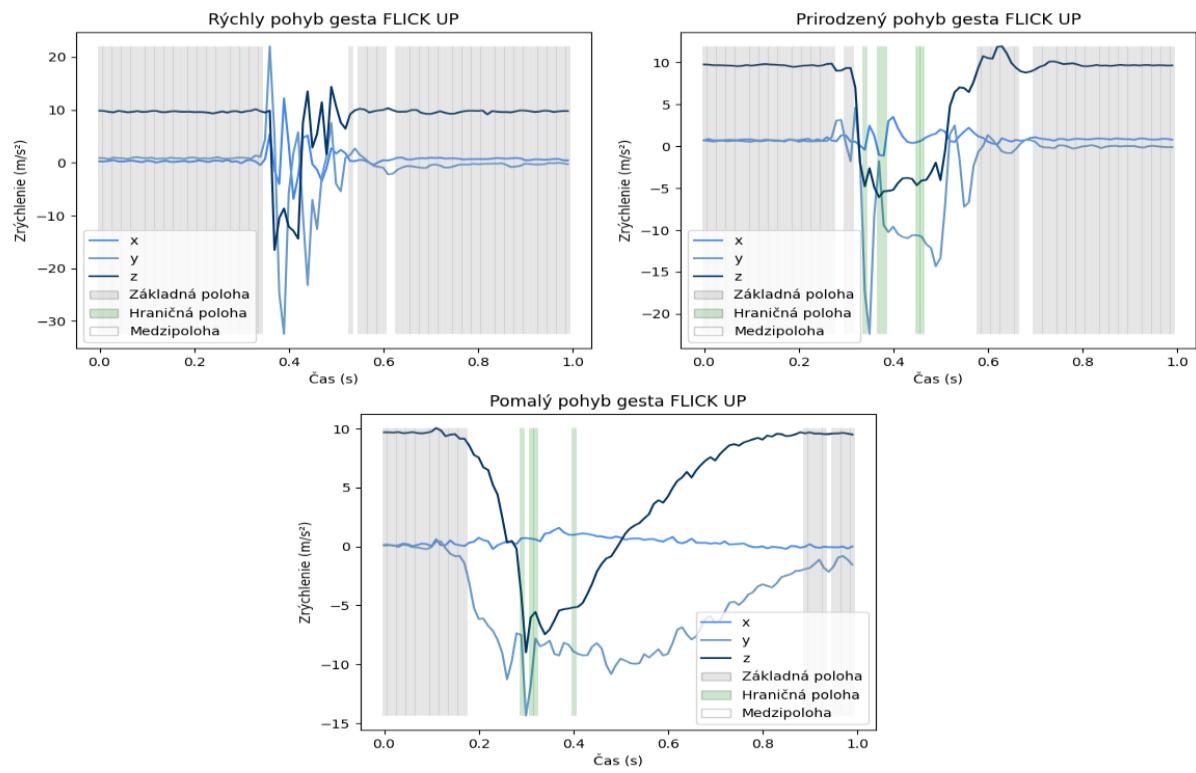
Z grafov môžeme pozorovať, že pri rýchлом pohybe nás algoritmus nedokázal rozpoznať hraničnú polohu žiadneho gesta. Pri geste HORE dokonca nezachytil hraničnú polohu ani pri prirodzenom rýchлом pohybe. Tieto grafy však zachytávajú vždy iba jeden konkrétny test a teda nerozpoznanie hraničnej hodnoty nenastalo v 100% prípadoch. Testovanie rýchleho pohybu je opísané v podkapitole 8.1 spolu s chybovostou vyhodnotenia.



Obr. 38: Hodnoty osí X,Y,Z akcelerometra pri geste HORE



Obr. 39: Hodnoty osí X,Y,Z akcelerometra pri geste DOLE

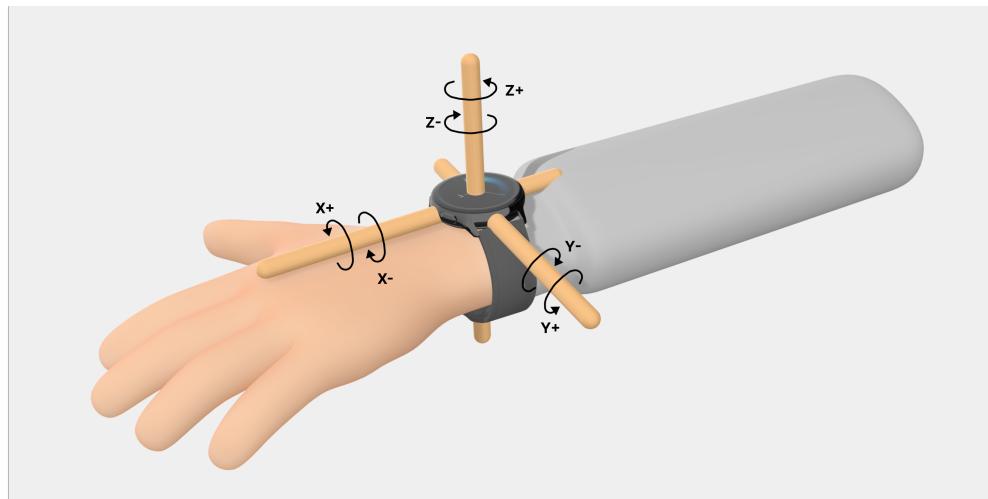


Obr. 40: Hodnoty osí X,Y,Z akcelerometra pri geste FLICK UP

7.4 Implementácia pomocou gyroskopu

Po nedostatočne úspešnej implementácii gest pomocou akcelerometra sme sa rozhodli prerobiť existujúce gestá, a vytvoriť ostatné gestá, pomocou gyroskopu. Týmto spôsobom sme vytvorili 6 gest rozpoznávaním či prvá polovica nejakého gesta bola rýchlejšie vykonaná ako druhá, alebo naopak. Tým pádom sme v skutočnosti vytvorili 3 gestá, a 3 gestá opačné k prvým 3 gestám. V tomto prípade sme hraničné hodnoty získavali z merania rýchlosťi gest a následného vykreslenia grafov. Pri rýchлом pohybe sú absolútne hodnoty osí gyroskopu vyššie ako pri pomalom pohybe. Z grafov s pomalým pohybom sme si určili hraničné hodnoty gest, ktoré treba pri pohybe prekonáť, aby bolo gesto úspešne rozpoznané. Teda ak používateľ vykoná pohyb príliš pomaly a neprekročí minimum a maximum, tak gesto nebude rozpoznané. Z celkového pohybu sme taktiež odpozorovali minimálnu a maximálnu hodnotu z tej osi gyroskopu, po ktorej sa práve dané gesto vykonáva. Následne sme porovnávali ich absolútne hodnoty. Vyššia absolúttna hodnota znamenala, že dané gesto bolo v danej polovici pohybu vykonané rýchlejšie ako v ostatnej polovici pohybu. Takto sme dokázali určiť o ktoré gesto sa jedná.

Všetky gestá, vytvorené pomocou gyroskopu, dosahovali oveľa väčšiu úspešnosť rozpoznania oproti gestám, vytvoreným pomocou akcelerometra. Tieto výsledky sú zobrazené v kapitole 8.



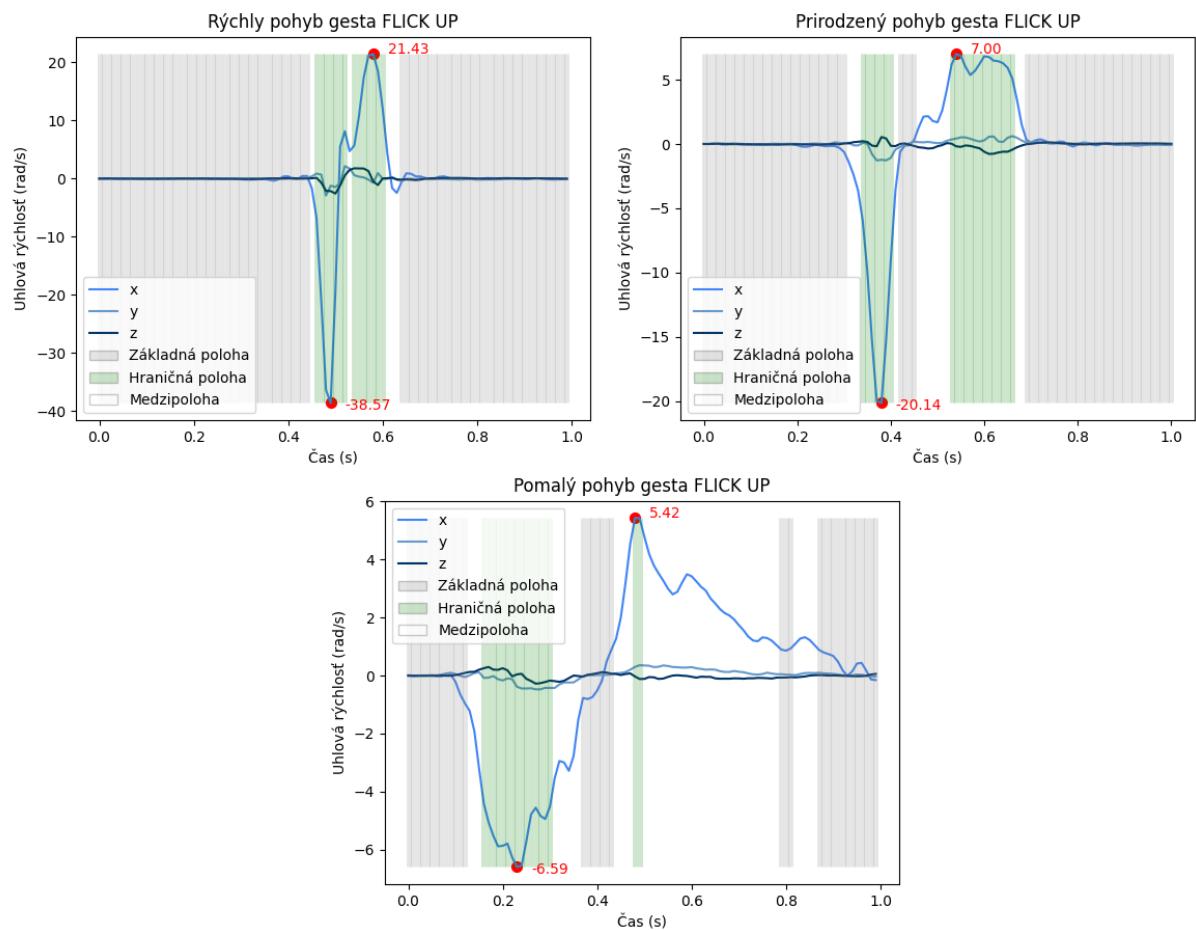
Obr. 41: Polarita osí gyroskopu pri otáčaní

Na grafoch v nasledujúcich podkapitolách (obrázky 42 až 47) sú znázornené hodnoty osí X,Y a Z gyroskopu pri všetkých typoch meraní pohybu. Podobne ako pri grafoch s osami akcelerometra, šedou farbou je zvýraznené pozadie, keď sa hodinky nachádzali v

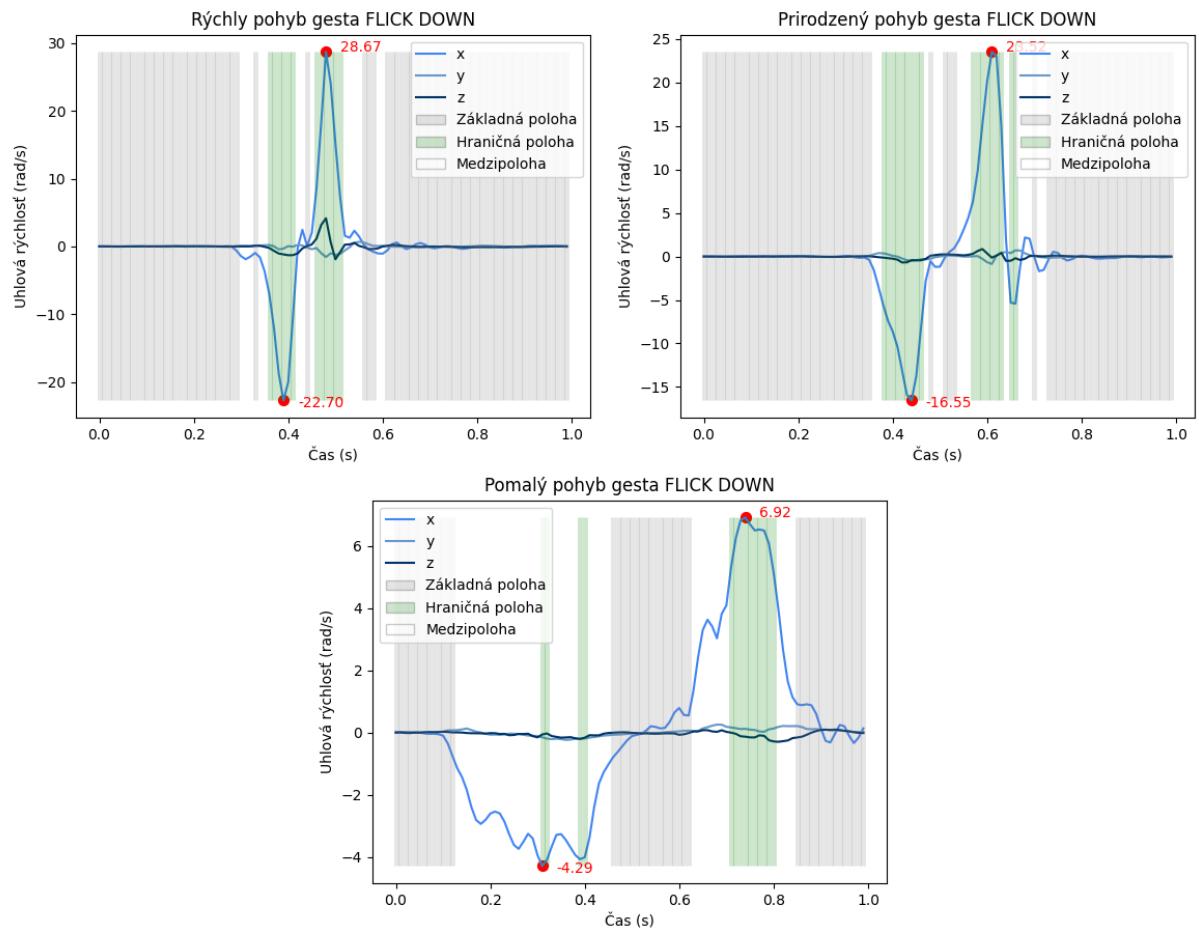
základnej polohe, zelenou farbou, keď hodinky pohybom prekonali hraničné hodnoty gesta a bielou farbou, keď sa hodinky nachádzali v stabe medzi nami definovanými polohami. Taktiež je na grafoch červenou farbou vyznačená minimálna a maximálna hodnota kvôli lepšej viditeľnosti rozpoznania, ktorá polovica gesta bola vykonaná rýchlejšie.

7.4.1 Gestá FLICK UP a FLICK DOWN

Po viacerých meraniach sme za hraničné hodnoty týchto gest určili hodnoty -4 rad/s a 5 rad/s. Pre úspešné rozpoznanie pohybu musí X-ová os gyroskopu v prvej polovici pohybu dosiahnuť hodnoty nižšie ako -4 rad/s a v druhej polovici pohybu vyššie ako 5 rad/s. Následne porovnávame absolútne hodnoty minima a maxima gesta. Ak je absolútna hodnota minima väčšia ako absolútна hodnota maxima, jedná sa o pohyb FLICK UP, keďže prvá polovica bola vykonaná rýchlejšie. V opačnom prípade sa jedná o gesto FLICK DOWN.



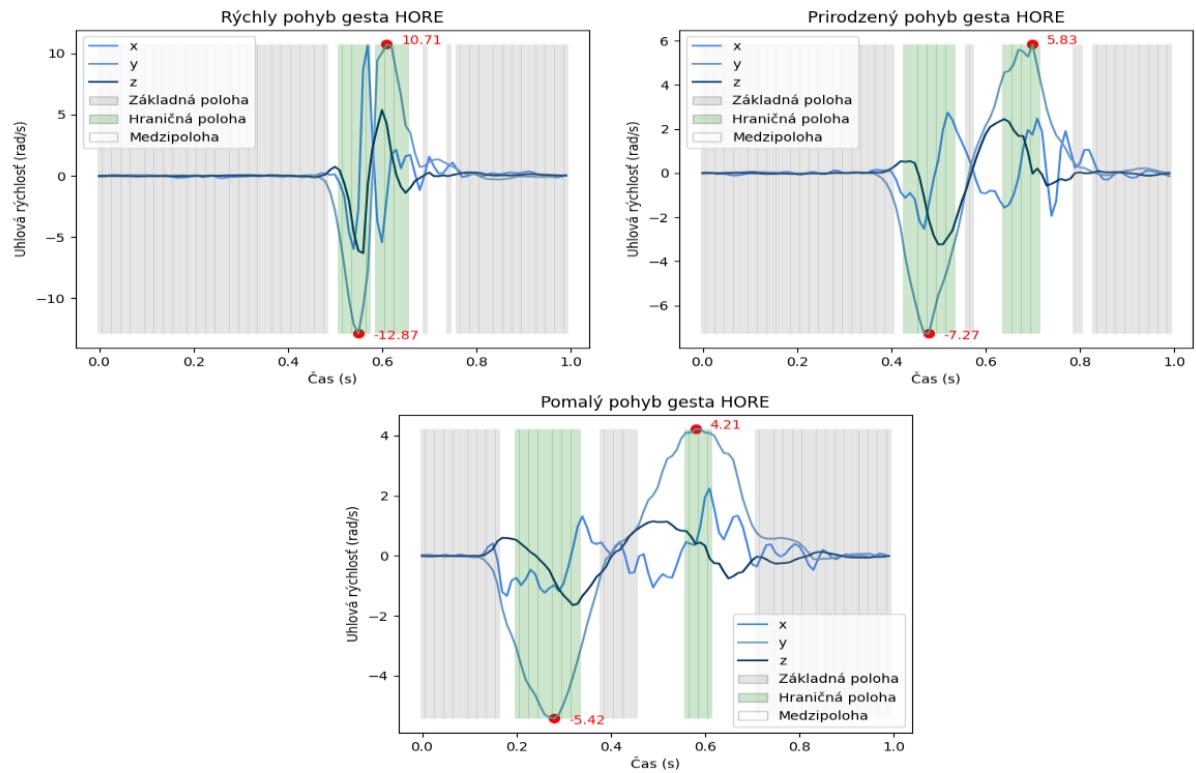
Obr. 42: Hodnoty osí X,Y,Z gyroskopu pri geste FLICK UP



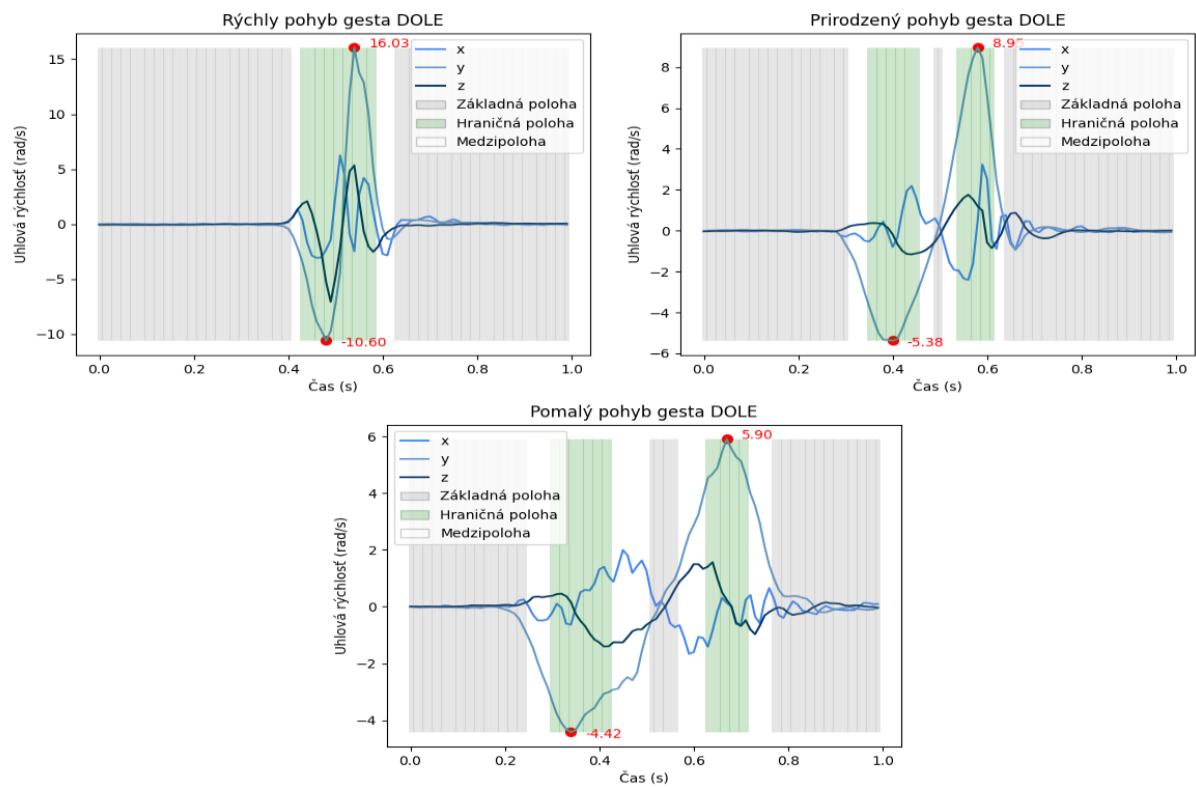
Obr. 43: Hodnoty osí X,Y,Z gyroskopu pri geste FLICK DOWN

7.4.2 Gestá HORE a DOLE

Podobne ako pri gestách FLICK UP a FLICK DOWN sme meranie vykonali viackrát. Nakoniec sme určili za hraničné hodnoty gest HORE a DOLE hodnoty -3 rad/s a 4 rad/s. Pre úspešné rozpoznanie pohybu musí, v tomto prípade Y-ová os gyroskopu v prvej polovici pohybu dosiahnuť hodnoty nižšie ako -3 rad/s a v druhej polovici pohybu vyššie ako 4 rad/s. Následne porovnávame absolútne hodnoty minima a maxima gesta. Ak je absolútna hodnota minima väčšia ako absolútна hodnota maxima, jedná sa o pohyb HORE, kedže prvá polovica bola vykonaná rýchlejšie. V opačnom prípade sa jedná o gesto DOLE.



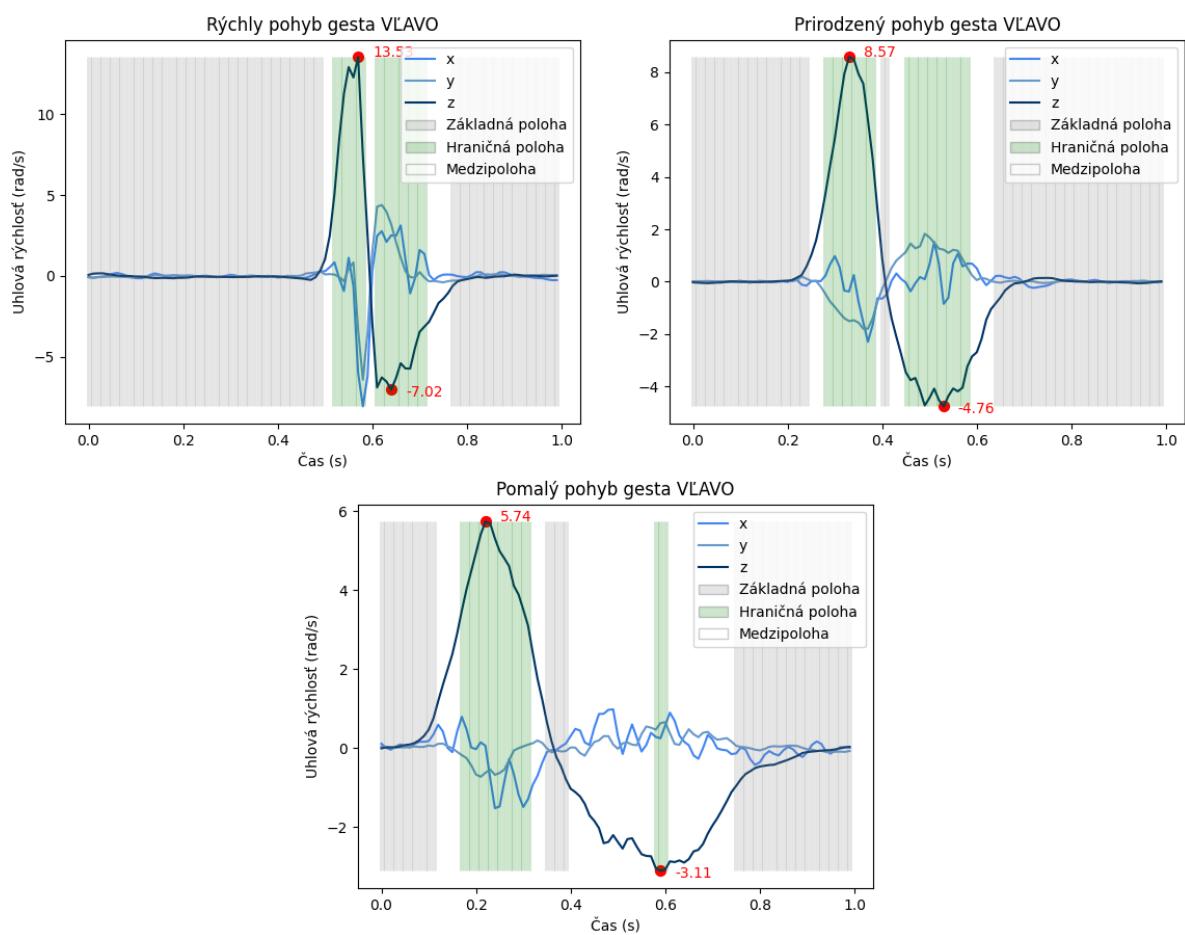
Obr. 44: Hodnoty osí X,Y,Z gyroskopu pri geste HORE



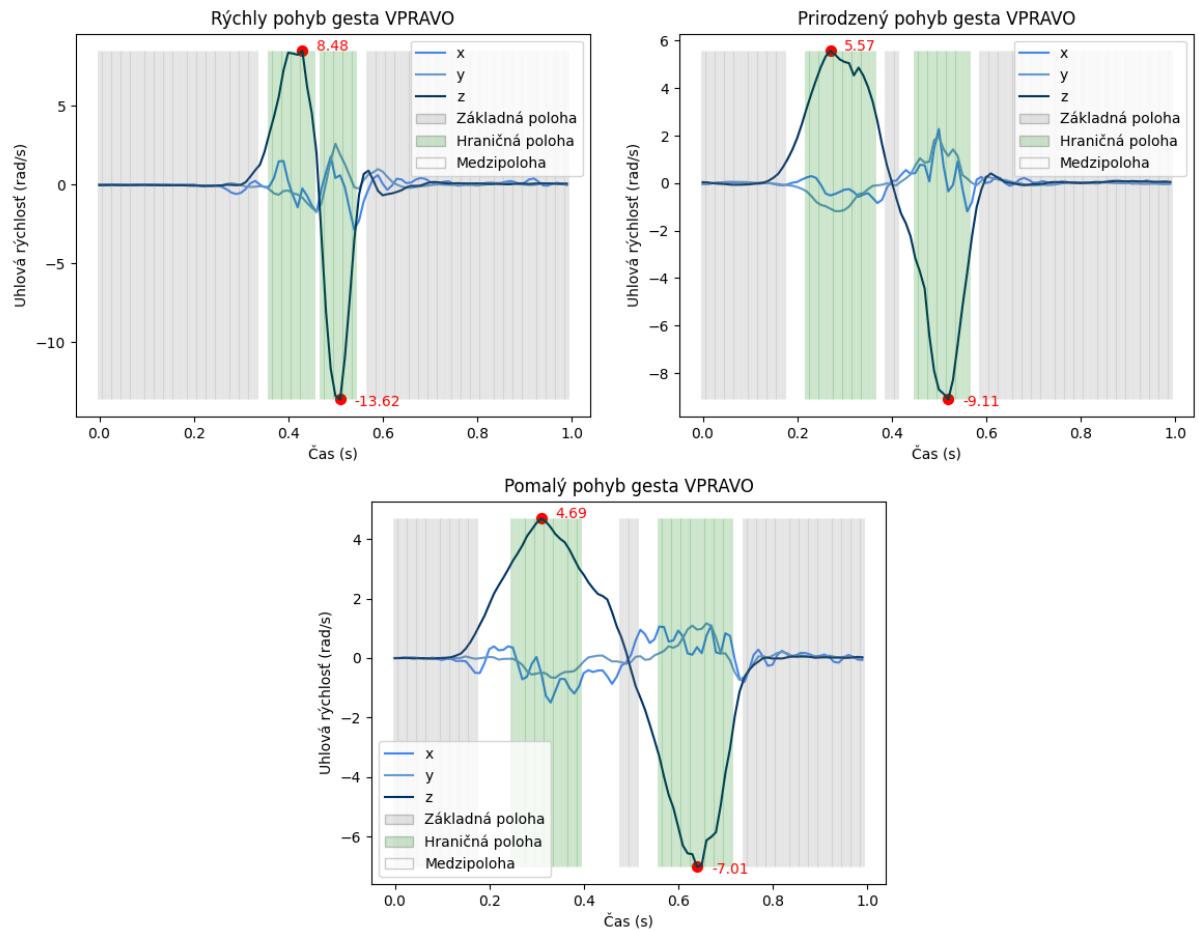
Obr. 45: Hodnoty osí X,Y,Z gyroskopu pri geste DOLE

7.4.3 Gestá VLAVO a VPRAVO

Takisto ako v predchádzajúcich dvoch prípadoch sme po viacerých meraniach určili za hraničné hodnoty týchto gest hodnoty -3 rad/s a 3 rad/s. Tentokrát pre úspešné rozpoznanie pohybu musí Z-ová os gyroskopu v prvej polovici pohybu dosiahnuť hodnoty vyššie ako 3 rad/s a v druhej polovici pohybu nižšie ako -3 rad/s. Následne opäť porovnávame absolútne hodnoty minima a maxima. Ak je absolútна hodnota minima väčšia ako absolútна hodnota maxima, jedná sa o pohyb VPRAVO, kedže prvá polovica bola vykonaná pomalšie. V opačnom prípade sa jedná o gesto VLAVO.



Obr. 46: Hodnoty osí X,Y,Z gyroskopu pri geste VLAVO



Obr. 47: Hodnoty osí X,Y,Z gyroskopu pri geste VPRAVO

7.5 Implementácia pomocou gyroskopu a akcelerometra

Aby sme úplne napodobnili originálne Android gestá FLICK UP a FLICK DOWN bolo potrebné pridať kontrolu či sa ruka s hodinkami počas vykonávania našich gest FLICK UP a FLICK DOWN nachádza vo vodorovnej polohe pred telom. Implementácia týchto gest iba pomocou gyroskopu totiž fungovala aj v prípade, ak bola ruka napríklad vo vystrejtej polohe vedľa tela a používateľ vykonal jedno z týchto gest. Túto kontrolu sme sa rozhodli pridať pomocou senzoru akcelerometra.

Z grafov akcelerometra pri pohybe FLICK UP sme odpozorovali, že hodnota X-ovej osi sa vo väčšine prípadov nachádza medzi hodnotami -4 m/s^2 a 4 m/s^2 , avšak pri rýchлом geste dosahuje X-ová os aj hodnoty mimo tohto rozsahu. Preto sme sa rozhodli upraviť náš algoritmus tak, aby rozpoznal gesto len vtedy, ak zaznamenáme aspoň 3 menšie hodnoty ako je spodná hraničná hodnota gyroskopu týchto gest (teda menej ako

-4 m/s^2) a aspoň 3 väčšie hodnoty ako je vrchná hraničná hodnota gyroskopu týchto gest (teda viac ako 4 m/s^2), počas toho, ako sa X-ová os akcelerometra nachádzala medzi hodnotami -4 m/s^2 až 4 m/s^2 .

Týmto krokom sme nijak nezhorsili rozpoznateľnosť gest FLICK UP a FLICK DOWN, čo je možné pozorovať aj vo výsledkoch testovania, pričom sme zúžili možnosť vykonania týchto gest len ak je ruka vo vodorovnej polohe pred telom.

8 Vyhodnotenie

Podľa návrhu testovania sme teda najskôr testovali rýchlosť odozvy gest a neskôr aj úspešnosť vykonania gest nezainteresovanými osobami. Týmto spôsobom sme zistili aj to či sú naše gestá jednoduché na pochopenie, naučenie a vykonávanie.

8.1 Vyhodnotenie testovania rýchlosťi

Toto testovanie prebiehalo súbežne s vývojom aplikácie a gest, čo súvisí s tým, že nie všetky gestá sú implementované pomocou akcelerometra, keďže sme si odsledovali úspešnosť tohto spôsobu priebežne, a rozhodli sme sa pokračovať už len s implementáciou gest pomocou gyroskopu. Pri gestách FLICK UP a FLICK DOWN sme nakonci pridali do algoritmu aj senzor akcelerometra, kvôli maximálnemu napodobneniu originálnych Android gest.

Meranie sme vykonávali v aktivite Stopky, kedy sme sa snažili čo najrýchlejšie vykonať konkrétné gesto po tom, ako čas ukázal 1 sekundu. Výsledky meraní všetkých gest, všetkými spôsobmi je možné pozorovať v tabuľke 2 nižšie. Hodnoty v tabuľke teda zobrazujú čas, kedy sa stopky zastavili. Každé gesto sme merali tak, aby sme dosiahli 50 úspešných meraní (25 v sede a 25 v státí). Chybovosť meraní je zobrazená v tabuľke 3. Kedže celé meranie vykonával jeden človek, neberieme do úvahy reakčný čas oka a predpokladáme, že minimálny počet úspešných meraní (50) je dostatočný na získanie priemernej hodnoty merania rýchlosťi gesta.

| Gesto | Android | Akcelerometer | Gyroskop | Gyr. + Akc. |
|------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| FLICK UP | $1,803 \pm 0,001$ | $1,703 \pm 0,001$ | $1,373 \pm 0,001$ | $1,394 \pm 0,001$ |
| FLICK DOWN | $2,014 \pm 0,001$ | - | $1,527 \pm 0,001$ | $1,522 \pm 0,001$ |
| HORE | - | $1,807 \pm 0,001$ | $1,375 \pm 0,001$ | - |
| DOLE (prvotná verzia) | - | $1,859 \pm 0,001$ | - | - |
| DOLE (výsledná verzia) | - | - | $1,472 \pm 0,001$ | - |
| VLAVO | - | - | $1,518 \pm 0,001$ | - |
| VPRAVO | - | - | $1,542 \pm 0,001$ | - |

Tabuľka 2: Priemerné časy zastavenia stopiek v sekundách

| Gesto | Android | Akcelerometer | Gyroskop | Gyr. + Akc. |
|------------------------|---------|---------------|----------|-------------|
| FLICK UP | 0/50 | 48/98 | 1/51 | 1/51 |
| FLICK DOWN | 20/70 | - | 5/55 | 3/53 |
| HORE | - | 23/73 | 3/53 | - |
| DOLE (prvotná verzia) | - | 15/65 | - | - |
| DOLE (výsledná verzia) | - | - | 5/55 | - |
| VLAVO | - | - | 0/50 | - |
| VPRAVO | - | - | 4/54 | - |

Tabuľka 3: Počet chybných meraní z celkového počtu meraní

Z tabuľiek vyššie môžeme pozorovať nasledujúce výsledky.

Android gesto FLICK UP sa nám pomocou akcelerometra podarilo napodobniť a dokonca aj zrýchliť o 1 desatinu, avšak jeho chybovost bola až 49%. Gyroskopom sme dokázali zvýšiť rýchlosť o viac než 4 desatiny a znížiť chybovosť na 2%. Takmer totožné výsledky sme dosiahli aj pridaním akcelerometra.

Android gesto FLICK DOWN sa nám podarilo napodobniť pomocou gyroskopu. Zrýchliли sme ho o takmer 5 desatín pričom sme dokázali vylepšiť jeho úspešnosť oproti Android gestu takmer o 20% pri implementácii iba gyroskopom a približne o 23% použitím gyroskopu a akcelerometra. Naše gesto teda dosiahlo chybovosť menej ako 6%.

Gesto HORE sme najskôr vytvorili pomocou senzoru akcelerometra, pričom sme dosiahli chybovosť 31,5%. Implementáciou tohto gesta pomocou gyroskopu sme znížili chybosť na menej ako 6% a zvýšili rýchlosť, oproti implementácií akcelerometrom, o viac ako 4 desatiny.

Pôvodné gesto DOLE dosahovalo približne rovnakú rýchlosť ako gesto HORE implementované rovnakým senzorom a chybovosť nad 33%.

Výsledné gesto DOLE sa nám, oproti pôvodnému, podarilo zrýchliť o takmer 4 desatiny. Taktiež sme dosiahli jasne nižšiu chybovost a to okolo 9%.

Gestá VLAVO a VPRAVO sme implementovali iba pomocou gyroskopu a teda ich nevieme priamo porovnať s nejakou ich inou implementáciou. Avšak z tabuľiek vyššie môžeme vidieť, že dosahovali podobne dobré výsledky ako ostatné gestá. Obe gestá dosiahli podobnú rýchlosť ako gesto FLICK DOWN. Chybovosť gesta VLAVO pri testovaní rýchlosťi pohybu bola 0% a gesta VPRAVO menej ako 8%.

Kedže sa nám úspešne podarilo vytvoriť všetky gestá, pričom ich chybovosť bola pri rýchлом pohybe vždy menej ako 10%, a takisto sa nám podarilo výrazne zrýchliť odozvu gest FLICK UP a FLICK DOWN oproti Android implementácii, považujeme implementáciu našich gest za úspešnú.

8.2 Vyhodnotenie testovania úspešnosti

Na toto testovanie bola potrebná skupina ľudí rôzneho veku a pohlavia. Po uvážení sme sa rozhodli otestovať našu aplikáciu na 10 používateľoch, pričom 5 z nich bolo ženského pohlavia a 5 mužského. Pred testovaním sme každému používateľovi predstavili aplikáciu, ukázali jednotlivé gestá v aktivite Ovládanie aplikácie a vysvetlili, akú funkcionality aplikácie, ovláda konkrétné gesto. Následne si používatelia párikrt vyskúšali vykonat všetky gestá, aby sa s nimi oboznámili. Celý tento proces trval približne 5 minút.

Týmto testovaním sme sa snažili zistiť akú úspešnosť budú dosahovať naše gestá, ak ich budú vykonávať osoby, ktoré sa nepodieľali na ich vývoji. Počas testovania sme sa taktiež zamerali aj na intuitívnosť a zapamätateľnosť vykonávaných gest. Tabuľka 4 nižšie reprezentuje počet pokusov potrebných na úspešné vykonanie daného gesta používateľom. V názvoch stĺpcov sú uvedené údaje o používateľovi, a to pohlavie **M** (muž) alebo **Ž** (žena), a vek. Pri testovaní vykonal používateľ každé gesto aspoň raz pričom konkrétny počet vykonaní jednotlivých gest každým používateľom bol nasledovný:

- gesto FLICK UP: 9 vykonaní
- gesto FLICK DOWN: 6 vykonaní
- gesto HORE: 8 vykonaní
- gesto DOLE: 5 vykonaní
- gesto VPRAVO: 2 vykonania
- gesto VLAVO: 2 vykonania

| Krok | Gesto | Ž, 19 | M, 59 | Ž, 49 | M, 14 | Ž, 21 | M, 23 | M, 23 | Ž, 22 | Ž, 24 | M, 24 |
|------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | DOLE | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | FLICK DOWN | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3 | FLICK DOWN | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 4 | FLICK DOWN | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 5 | HORE | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| 6 | FLICK UP | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 7 | FLICK UP | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 8 | FLICK UP | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 9 | FLICK DOWN | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 |
| 10 | DOLE | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 11 | FLICK UP | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| 12 | HORE | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| 13 | FLICK UP | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 14 | FLICK UP | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 15 | FLICK DOWN | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 16 | HORE | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 17 | HORE | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| 18 | DOLE | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 19 | FLICK UP | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 20 | HORE | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 21 | FLICK UP | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 22 | HORE | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 23 | HORE | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 24 | HORE | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| 25 | FLICK UP | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 26 | VPRAVO | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| 27 | VLAVO | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| 28 | FLICK DOWN | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 29 | VPRAVO | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| 30 | VLAVO | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 31 | DOLE | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 32 | DOLE | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Tabuľka 4: Počet pokusov potrebných na úspešné vykonanie konkrétneho gesta konkrétnym používateľom, na základe krokov z podkapitoly 6.2

Počas testovania sme s používateľmi stále komunikovali a zaznamenávali ich pripomienky. Medzi najčastejšie patrila neintuitívnosť FLICK UP a FLICK DOWN gesta pri

scrollovaní. Keďže FLICK UP gesto ovláda funkcia funkcialitu v hornej časti obrazovky, používateľom prišlo prirodzenejšie scrollovať týmto gestom v zozname smerom nahor, teda opačne ako to je definované v našej aplikácii. S gestom FLICK DOWN to bolo presne naopak. Túto funkciu si však vieme obhájiť tým, že originálne Android FLICK UP a FLICK DOWN gestá sú rovnako definované v celom systéme Wear OS. Bolo by teda nelogické upraviť ich tak, aby v našej aplikácii fungovali pri scrollovaní opačne.

Taktiež používateľom prišlo vhodné predĺžiť čas na naučenie sa všetkých 6 gest pred oficiálnym testovaním. Práve kvôli tomu im robila problém aj asociácia si niektorých gest s konkrétnou funkciou.

Úspešnosť vykonávania gest, vykonaných všetkými používateľmi, je zobrazená v nasledujúcej tabuľke.

| Gesto | Minimálny počet vykonaní | Skutočný počet vykonaní | Úspešnosť |
|------------|--------------------------|-------------------------|-----------|
| FLICK UP | 90 | 92 | 97,8% |
| FLICK DOWN | 60 | 66 | 90,9% |
| HORE | 80 | 95 | 84,2% |
| DOLE | 50 | 53 | 94,3% |
| VĽAVO | 20 | 23 | 87% |
| VPRAVO | 20 | 27 | 74,1% |

Tabuľka 5: Úspešnosť vykonania všetkých gest všetkými používateľmi

Gestá FLICK UP, FLICK DOWN a DOLE dosiahli veľmi dobrú úspešnosť u všetkých používateľov. Obzvlášť gesto DOLE považovali používateelia za veľmi intuitívne.

Gesto HORE dosiahlo nižšiu úspešnosť najmä preto, že používateelia síce v prvej polovici gesta rýchlo zdvihli ruku do zvislej polohy, ale do vodorovnej polohy ju vrátili nevedome ešte rýchlejšie. Tým pádom vykonali gesto DOLE a nie HORE.

Z dôvodu nižšej úspešnosti gest VĽAVO a VPRAVO považujeme hlavne malý počet vykonaní počas testovania. Každý používateľ vykonal tieto gestá rovnako 2 razy.

Z dôvodov spomenutých vyššie, sme sa rozhodli gestá HORE, VĽAVO a VPRAVO otestovať znova na 5 používateľoch, ktorí dosiahli najnižšiu celkovú úspešnosť, za predpokladu, že opäťovným vysvetlením a naučením sa gest, ich úspešnosť zvýšime. Každé z týchto gest musel používateľ tentokrát vykonať 10 krát. V tabuľke 6 môžeme vidieť výsledky tohto testovania, kde nám evidentne stúpla úspešnosť týchto gest. Vzhľadom

na priebeh tohto testovania môžeme tvrdiť, že úspešnosť nami implementovaných gest stúpa s počtom ich vykonaní.

| Gesto | Minimálny počet vykonaní | Skutočný počet vykonaní | Úspešnosť |
|--------|--------------------------|-------------------------|-----------|
| HORE | 50 | 55 | 90,9% |
| VLAVO | 50 | 53 | 94,3% |
| VPRAVO | 50 | 55 | 90,9% |

Tabuľka 6: Úspešnosť opakovaného vykonania gest HORE, VLAVO a VPRAVO vybranými používateľmi

Záver

Cieľom tejto diplomovej práce bolo vytvoriť športovo zameranú aplikáciu pre operačný systém Android Wear OS, ktorú by vedel používateľ ovládať aj iba pomocou gest zápästia, ktoré si my sami definujeme. Potrebné teoretické znalosti, ktoré sme na začiatku práce na tejto téme získali, sú opísané v kapitole 1. Taktiež bolo potrebné zanalyzovať spôsoby, akými sa dajú inteligentné hodinky ovládať. Na základe tejto analýzy, sme vedeli v aplikácií použiť originálne Android gestá, a následne ich napodobniť našou implementáciou.

Ďalej sme získali poznatky v oblasti vývoja Android aplikácií pomocou programovacieho jazyka Kotlin. Vývoj gest a aplikácie prebiehal vo vývojovom prostredí Android Studio. Na testovanie našej aplikácie sme mali k dispozícii fyzické Android Wear OS zariadenie, a to konkrétnie Fossil Gen5 Carlyle HR s verziou operačného systému 2.38.

Následne sme sa venovali návrhu aplikácie (kapitola 4) a gest (kapitola 5). Aplikáciu sme navrhli s ohľadom na športovú tému tejto diplomovej práce a teda pozostáva z týchto 4 hlavných aktivít: Stopky, Časovač, Kolá a Ovládanie aplikácie. Gestá sme navrhli, najskôr pomocou využitia senzora akcelerometra, následne pomocou senzora gyroskopu a nakoniec aj kombináciou týchto dvoch senzorov. Najprv sme navrhli rovnaké gestá, ako používa Android (FLICK UP a FLICK DOWN), a tie sme sa snažili napodobniť. Následne sme navrhli nové gestá HORE, DOLE, VLAVO a VPRAVO. Pri návrhu nových gest sme sa inšpirovali gestami FLICK UP a FLICK DOWN.

Taktiež sme navrhli 2 spôsoby testovania výsledných gest. Prvým testom bolo testovanie rýchlosťi všetkých gest, kde sme sa zamerali aj na viditeľne neskorú odozvu originálnych Android gest FLICK UP a FLICK DOWN. Preto bolo ďalším našim cieľom, pokúsiť sa nami implementovanými rovnakými gestami zrýchliť ich odozvu. Druhým testom bolo testovanie úspešnosti na používateľoch, ktorí sa najskôr oboznámili s aplikáciou a všetkými gestami, a potom vykonávali gestá na základe našich príkazov.

Implementácia gest, opísaná v kapitole 7 prebiehala najskôr iba pomocou senzoru akcelerometra. Na základe priebežných výsledkov sme sa však rozhodli použiť na vývoj gest radšej gyroskop, ktorý sme pri gestách FLICK UP a FLICK DOWN neskôr doplnili aj akcelerometrom. Gyroskopom sme teda implementovali všetky gestá, pričom prvotne navrhnuté gesto DOLE sme nahradili novým gestom, najmä kvôli neprirodzenosti a nepohodlnosti pôvodne navrhnutého pohybu.

Nakoniec sme vykonali testovanie v našej aplikácii na základe nášho návrhu z kapitoly 6. Pri pozorovaní výsledkov sme skonštatovali úspešnú implementáciu všetkých, nami navrhnutých aj nami napodobnených gest, pričom gestá FLICK UP a FLICK DOWN

sa nám podarilo zretelne zrýchliť. Kvôli lepšej predstave intuitívnosti všetkých týchto gest sme vyvinuté gestá otestovali aj na rôznych používateľoch. Toto testovanie dopadlo pre gestá FLICK UP, FLICK DOWN a DOLE pomerne úspešne, avšak gestá DOLE, VĽAVO a VPRAVO vo výsledku vykazovali menšiu ako očakávanú úspešnosť. Opäťovným testovaním sme však pozorovali, že viacerým počtom opakovania týchto gest, a teda aj ich lepším naučením sa, stúpa úspešnosť ich vykonania. Vďaka týmto výsledkom považujeme cieľ tejto diplomovej práce za splnený.

Jedným z možných pokračovaní alebo vylepšení rozpoznávania gest na inteligentných hodinkách s Android Wear OS by mohla byť implementácia neurónovej siete. Avšak vzhľadom na výpočtový výkon, ktorý majú bežné inteligentné hodinky, predpokladáme, že takáto implementácia by bola v tejto dobe príliš časovo náročná.

Zoznam použitej literatúry

1. AMADEO, R. Wear OS shoots up the market-share charts, now in striking distance of Apple. *arsTechnica* [online]. 2021 [cit. 2022-11-27]. Dostupné z : <https://arstechnica.com/gadgets/2021/11/wear-os-market-share-explodes-after-google-and-samsung-team-up/>.
2. KIM, K.J. a SHIN, D.-H. *An acceptance model for smart watches: Implications for the adoption of future wearable technology*. Zv. 25. online, 2015. Č. 4. Dostupné z DOI: <https://doi.org/10.1108/IntR-05-2014-0126>.
3. DEEHAN, T. Best Smartwatch 2022. *Trusted Reviews* [online]. 2022 [cit. 2022-10-17]. Dostupné z : <https://www.trustedreviews.com/best/best-smartwatch-3434307>.
4. STEPHANIE, S.H.-W., RAUSCHNABEL, P.A., KREY, N., NGUYEN, B., RAMAYAH, T. a LADE, S. *Wearable technologies: The role of usefulness and visibility in smartwatch adoption*. Zv. 65. online, 2016. ISSN 0747-5632. Dostupné z DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.07.047>.
5. JOVIN, I. Xiaomi Mi Smart Band 6 vs Huawei Band 6 vs Honor Band 6: feature comparison. *Gadgets Wearables* [online]. 2021 [cit. 2022-10-17]. Dostupné z : <https://gadgetsandwearables.com/2021/04/07/xiaomi-mi-smart-band-6-vs-huawei-band-6-vs-honor-band-6/>.
6. *Android OS* [online]. online, 2018 [cit. 2022-11-11]. Dostupné z : <https://www.techopedia.com/definition/14873/android-os>.
7. Android Logo. *Logos-World* [online]. 2022 [cit. 2022-10-17]. Dostupné z : <https://logos-world.net/android-logo/>.
8. TOMAR, S. Explained: All Kinds Of Sensors In Smartwatch, Pros and Cons. *Cashify* [online]. 2022 [cit. 2022-11-14]. Dostupné z : <https://www.cashify.in/explained-sensors-in-smartwatch>.
9. Versus Glossary. *Versus* [online]. 2022 [cit. 2022-11-29]. Dostupné z : <https://versus.com/en/glossary>.
10. UPADHYAY, J. How do Accelerometers and Gyroscopes work? *CircuitBread* [online]. 2022 [cit. 2022-10-19]. Dostupné z : <https://www.circuitbread.com/ee-faq/how-do-accelerometers-and-gyroscopes-work>.

11. LAMKIN, P. Smartwatch timeline: The devices that paved the way for the Apple Watch. *Wereable* [online]. 2021 [cit. 2022-11-27]. Dostupné z : <https://www.wareable.com/smartwatches/smartwatch-timeline-history-watches>.
12. VŘESKÁ, A. Hamilton PSR: oživenie ikony, ktorá dala podobu digitálnym hodinkám. *hodinky365* [online]. 2021 [cit. 2022-10-28]. Dostupné z : <https://www.hodinky-365.sk/blog/hamilton-psr-digital-quartz-predstavenie>.
13. SUJEONG, L. Smartwatch Market Grows 13% YoY in Q1 2022. *Counterpoint* [online]. 2022 [cit. 2022-10-28]. Dostupné z : <https://www.counterpointresearch.com/smartwatch-market-grows-13-yoy-q1-2022-apple-stays-first-samsung-solidifies-second-place/>.
14. SUJEONG, L. Wear OS Share Surges on Samsung's Highest Quarterly Smartwatch Shipments in Q3 2021. *Counterpoint* [online]. 2021 [cit. 2022-10-28]. Dostupné z : <https://www.counterpointresearch.com/wear-os-share-surges-samsungs-highest-quarterly-smartwatch-shipments-q3-2021/>.
15. D'ORAZIO, D. Google reveals Android Wear, an operating system for smartwatches. *The Verge* [online]. 2014 [cit. 2022-11-27]. Dostupné z : <https://www.theverge.com/2014/3/18/5522226/google-reveals-android-wear-an-operating-system-designed-for>.
16. WELCH, C. Google just changed the name of Android Wear to Wear OS. *The Verge* [online]. 2018 [cit. 2022-11-27]. Dostupné z : <https://www.theverge.com/2018/3/15/17124448/google-wear-os-announced-android-wear-rebranding-smartwatch>.
17. HAMEED, S. a CHIDA, J. Mastering Android Wear Application Development. 2016. ISBN 978-1-78588-172-5.
18. OSTERLOH, R. Google completes Fitbit acquisition. *Google blog* [online]. 2021 [cit. 2022-11-27]. Dostupné z : <https://blog.google/products/devices-services/fitbit-acquisition/>.
19. DANIEL, S. F. Apple Watch App Development. 2016. ISBN 978-1-78588-636-2.
20. SAIG, E. List Of All Operating Systems That Are Running On Different Smartwatches (Wearables) In 2023. *Wear To Track* [online]. 2022 [cit. 2022-11-28]. Dostupné z : <https://weartotrack.com/operating-systems-on-smartwatches-wearables/>.

21. SARKAR, D. What is RTOS, the ‘most popular’ smartwatch OS for Android phone users. *Gadgets Now* [online]. 2021 [cit. 2022-11-28]. Dostupné z : <https://www.gadgetsnow.com/featured/what-is-rtos-the-most-popular-smartwatch-os-for-android-phone-users/articleshow/82823921.cms>.
22. Navigation. *Android Developer* [online]. 2022 [cit. 2022-12-10]. Dostupné z : <https://developer.android.com/training/wearables/design/navigation>.
23. Hardware buttons. *Android Developer* [online]. 2022 [cit. 2022-12-10]. Dostupné z : <https://developer.android.com/training/wearables/design/buttons>.
24. SAWANT, N. FOSSIL SPORT SMARTWATCH REVIEW. *Firstpost* [online]. 2019 [cit. 2022-10-30]. Dostupné z : <https://www.firstpost.com/tech/reviews/fossil-sport-smartwatch-review-great-hardware-but-wear-os-experience-is-pathetic-7087091.html>.
25. Navigate your watch with wrist gestures. *Google Support* [online]. 2022 [cit. 2022-12-10]. Dostupné z : <https://support.google.com/wearos/answer/6312406?hl=en>.
26. FEIZ, S. a RAMAKRISHNAN, I. V. Exploring feasibility of wrist gestures for non-visual interactions with wearables [online]. 2019 [cit. 2022-10-30]. Dostupné z DOI: 10.1145/3315002.3317570.
27. NIELD, D. How to use voice commands on Wear OS. *Wareable* [online]. 2019 [cit. 2022-12-11]. Dostupné z : <https://www.wareable.com/android-wear/how-to-use-voice-commands-on-wear-os-7011>.
28. KELLEN. Google Assistant Coming to Wear OS 3, Galaxy Watch 4 as Stand-Alone App. *droidlife* [online]. 2022 [cit. 2022-11-03]. Dostupné z : <https://www.droid-life.com/2022/02/08/google-assistant-coming-to-wear-os-3-galaxy-watch-4-as-stand-alone-app/>.
29. *Android Studio* [online]. online, 2018 [cit. 2022-11-12]. Dostupné z : <https://www.techtarget.com/searchmobilecomputing/definition/Android-Studio>.
30. Android Studio. *Wikipedia* [online]. 2022 [cit. 2022-11-05]. Dostupné z : https://cs.wikipedia.org/wiki/Android_Studio.
31. PADEMALAR, P. *Java vs Kotlin* [online]. online, 2018 [cit. 2022-11-12]. Dostupné z : <https://www.educba.com/java-vs-kotlin/>.
32. *Comparison to Java* [online]. online, 2022 [cit. 2022-11-13]. Dostupné z : <https://kotlinlang.org/docs/comparison-to-java.html>.

33. LARDINOIS, F. *Five years later, Google is still all-in on Kotlin* [online]. online, 2022 [cit. 2022-11-13]. Dostupné z : <https://techcrunch.com/2022/08/18/five-years-later-google-is-still-all-in-on-kotlin/>.
34. LUTZ, M. Learning Python. 2013, roč. 5. ISBN 978-1-44935-569-2.
35. Pandas documentation [online]. 2008 [cit. 2023-04-29]. Dostupné z : https://pandas.pydata.org/docs/getting_started/overview.html.
36. Matplotlib documentation [online]. 2003 [cit. 2023-04-29]. Dostupné z : <https://matplotlib.org/stable/index.html>.
37. Gen 5 Smartwatch The Carlyle HR Black Silicone [online]. 2019 [cit. 2022-11-09]. Dostupné z : <https://www.fossil.com/en-gb/products/gen-5-smartwatch-the-carlyle-hr-black-silicone-/FTW4025.html>.
38. BARSHAN, Billur a YÜKSEK, Murat Cihan. Recognizing Daily and Sports Activities in Two Open Source Machine Learning Environments Using Body-Worn Sensor Units. *The Computer Journal*. 2014, roč. 57, č. 11, s. 1649–1667. Dostupné z DOI: [10.1093/comjnl/bxt075](https://doi.org/10.1093/comjnl/bxt075).

Prílohy

| | |
|--------------------------------------|----|
| A Súčasti diplomovej práce | II |
|--------------------------------------|----|

A Súčasti diplomovej práce

Nasledujúce súčasti sú nahrané do AIS ako komprimovaný ZIP archív so štruktúrou:

/Diplomova_praca.pdf

- diplomová práca v .pdf formáte

/aplikacia

- výsledná Android aplikácia

/pomocna_aplikacia

- pomocná Android aplikácia zobrazujúca hodnoty gyroskopu a akcelerometra

/merania

.

/csv

- súbory obsahujúce dátu zo senzorov

/merania.xlsx

- tabulkový súbor obsahujúci všetky merania

/grafy.py

- skript v jazyku Python na vykreslovanie grafov