

# Princip djelovanja i praktična primjena senzora u modernim mobilnim telefonima

---

**Glibušić, Josipa**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:227234>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-30**

*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I  
INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**

**Stručni prijediplomski studij Automatika**

**PRINCIP DJELOVANJA I PRAKTIČNA PRIMJENA  
SENZORA U MODERNIM MOBILNIM TELEFONIMA**

**Završni rad**

**Josipa Glibušić**

**Osijek, 2024.**

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**Obrazac Z1S: Obrazac za ocjenu završnog rada na stručnom prijediplomskom studiju****Ocjena završnog rada na stručnom prijediplomskom studiju**

<b>Ime i prezime pristupnika:</b>	Josipa Glibušić
<b>Studij, smjer:</b>	Stručni prijediplomski studij Elektrotehnika, smjer Automatika
<b>Mat. br. pristupnika, god.</b>	A 4523, 23.07.2018.
<b>JMBAG:</b>	0165076506
<b>Mentor:</b>	mr. sc. Dražen Dorić
<b>Sumentor:</b>	
<b>Sumentor iz tvrtke:</b>	
<b>Predsjednik Povjerenstva:</b>	dr. sc. Željko Špoljarić
<b>Član Povjerenstva 1:</b>	mr. sc. Dražen Dorić
<b>Član Povjerenstva 2:</b>	dr. sc. Krešimir Miklošević
<b>Naslov završnog rada:</b>	Princip djelovanja i praktična primjena senzora u modernim mobilnim telefonima
<b>Znanstvena grana završnog rada:</b>	<b>Automatizacija i robotika (zn. polje elektrotehnika)</b>
<b>Zadatak završnog rada:</b>	Moderni mobilni telefoni su danas moćna računala povezana na Internet, opremljena zaslonom visoke rezolucije i brojnim sensorima. U okviru završnog rada treba obraditi principe rada, izvedbe i primjene senzora ugrađenih u mobilne telefone. Treba dati ilustrativne primjere i izvršiti praktična mjerenja s pomoću tih senzora. Napomena: Temu je rezrvirala kandidatkinja Josipa Glibušić
<b>Datum ocjene pismenog dijela završnog rada od strane mentora:</b>	22.09.2024.
<b>Ocjena pismenog dijela završnog rada od strane mentora:</b>	Vrlo dobar (4)
<b>Datum obrane završnog rada:</b>	15.10.2024.
<b>Ocjena usmenog dijela završnog rada (obrane):</b>	Izvrstan (5)
<b>Ukupna ocjena završnog rada:</b>	Izvrstan (5)
<b>Datum potvrde mentora o predaji konačne verzije završnog rada čime je pristupnik završio stručni prijediplomski studij:</b>	18.10.2024.

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA **OSIJEK****IZJAVA O IZVORNOSTI RADA**

Osijek, 18.10.2024.

<b>Ime i prezime Pristupnika:</b>	Josipa Glibušić
<b>Studij:</b>	Stručni prijediplomski studij Elektrotehnika, smjer Automatika
<b>Mat. br. Pristupnika, godina upisa:</b>	A 4523, 23.07.2018.
<b>Turnitin podudaranje [%]:</b>	5

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Princip djelovanja i praktična primjena senzora u modernim mobilnim telefonima**

izrađen pod vodstvom mentora mr. sc. Dražen Dorić

i sumentora

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija.

Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis pristupnika:

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
1.1. ZADATAK ZAVRŠNOG RADA.....	1
<b>2. MODERNI MOBILNI TELEFONI.....</b>	<b>2</b>
2.1. POVIJEST RAZVOJA SENZORA U MOBILNIM TELEFONIMA .....	2
<b>3. PREGLED SENZORA U MOBILNIM TELEFONIMA.....</b>	<b>4</b>
<b>4. PRINCIP DJELOVANJA SENZORA.....</b>	<b>7</b>
4.1. SENZOR BLIZINE .....	7
4.2. AKCELEROMETAR .....	8
4.3. ŽIROSKOP.....	10
4.4. SENZOR AMBIJENTALNOG SVJETLA .....	11
4.5. SENZOR OTISKA PRSTA .....	12
4.6. MAGNETOMETAR .....	14
4.7. GPS (GLOBAL POSITIONING SYSTEM).....	15
4.8. SENZOR KAMERE .....	17
<b>5. PRAKTIČNE PRIMJENE SENZORA U PRIVATNOM I POSLOVNOM OKRUŽENJU .....</b>	<b>19</b>
5.1. PRIVATNO OKRUŽENJE (SIGURNOST I PRIVATNOST).....	19
5.2. ZDRAVLJE.....	20
5.3. POBOLJŠANO KORISNIČKO ISKUSTVO.....	21
5.4. POSLOVNO OKRUŽENJE (OPTIMIZACIJA POSLOVNIH PROCESA).....	22
5.5. RAZVOJ NOVIH POSLOVNIH MODELA I USLUGA .....	23
5.6. POBOLJŠANA SIGURNOST NA RADNOM MJESTU .....	24
<b>6. TESTIRANJE SENZORA POMOĆU APLIKACIJE PHYPHOX NA RAZLIČITIM ANDROID UREĐAJIMA .....</b>	<b>26</b>
6.1. SENZOR AMBIJENTALNOG SVJETLA .....	26
6.2. AKCELEROMETAR .....	30
6.3. MAGNETOMETAR .....	32
<b>7. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>35</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>36</b>
<b>SAŽETAK.....</b>	<b>38</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>39</b>

# 1. UVOD

Mobilni telefoni u današnjem digitalnom dobu postali su nezamjenjiv dio naše svakodnevnice, s obzirom na to da svatko koristi barem jedan uređaj za komunikaciju, rad, zabavu i druge aktivnosti. Ključnu ulogu u tome igraju senzori ugrađeni u ove uređaje, koji omogućuju prepoznavanje i reakciju na različite događaje i uvjete u okolini, čime pridonose mnogim aspektima našeg života, kako u privatnom tako i u poslovnom kontekstu. Svakim danom tehnologija napreduje, što omogućuje sve veću i složeniju primjenu senzora u mobilnim uređajima.

Obrađuju se različiti senzori u modernim mobilnim telefonima i njihove praktične primjene. Detaljno su opisani senzori kao što su akcelerometar, žiroskop, senzor blizine, senzor ambijentalnog svjetla, senzor otiska prsta i senzor kamere, s ciljem boljeg razumijevanja tehnološke infrastrukture iza modernih mobilnih telefona i načina na koji senzori doprinose poboljšanju kvalitete života korisnika u svakodnevnim situacijama.

Naslov teme završnog rada je „Princip djelovanja i praktična primjena senzora u modernim mobilnim telefonima“, a cilj rada je prikazati senzore, njihovo djelovanje i primjenu u različitim kontekstima, kao što su privatno i poslovno okruženje. Rad je podijeljen na sedam poglavlja. U drugom poglavlju, pod nazivom „Moderni mobilni telefoni“, analizira se razvoj mobilnih telefona i uloga senzora u njihovoj evoluciji. Treće poglavlje, „Pregled senzora u mobilnim telefonima“, pruža općeniti pregled senzora i njihovu podjelu prema funkcijama i namjeni. Četvrto poglavlje objašnjava principe djelovanja senzora, pružajući dublji uvid u tehničke aspekte njihove primjene. U petom poglavlju opisane su praktične primjene senzora u privatnom i poslovnom okruženju, s naglaskom na promjene u načinu komunikacije i rada. Šesto poglavlje fokusira se na testiranje senzora na različitim mobilnim uređajima pomoću aplikacije *Phyphox*, s analizom rezultata koja omogućuje bolje razumijevanje funkcionalnosti i točnosti senzora. Zaključak sumira ključne aspekte senzora u mobilnoj tehnologiji i njihov utjecaj na suvremeni način života.

## 1.1. Zadatak završnog rada

Tema ovog završnog rada je „Princip djelovanja i praktična primjena senzora u modernim mobilnim telefonima“ također zadatak završnog ima za cilj opisati principe djelovanja senzora u modernim mobilnim telefonima, te prikazati kako nam razni senzori u mobilnim uređajima omogućavaju bolju kvalitetu života u privatnom i poslovnom smislu.

## 2. MODERNI MOBILNI TELEFONI

Moderno društvo oduvijek je pokazivalo određenu opsesiju tehnologijom, no niti jedan uređaj nije imao tako snažan utjecaj na svijet kao mobilni telefon.[1]

Razvoj senzora u mobilnim telefonima ilustrira kako je tehnologija napredovala od jednostavnih komunikacijskih alata do multifunkcionalnih uređaja. Prvi mobilni telefoni služili su prvenstveno za glasovne pozive i slanje *SMS* poruka, ali s vremenom su postali ključni alati u svakodnevnom životu zahvaljujući naprednoj integraciji senzora. Uvođenje senzora poput akcelerometra, žiroskopa i senzora blizine omogućilo je potpuno novu dimenziju interakcije korisnika s uređajem, otvarajući put za razvoj aplikacija koje su promijenile način na koji komuniciramo, radimo i zabavljamo se, dakle zbog tih senzora i mnogih drugih mobilni telefoni danas mogu precizno pratiti kretanje, orijentaciju i udaljenost objekata u njihovoj blizini.

Napredak u tehnologiji senzora pretvorio je vlasnike pametnih telefona u korisnike senzora, često nesvjesne same tehnologije koju koriste. [2] Danas, uz pomoć senzora pametnim telefoni postaju multifunkcionalni uređaji koji nam omogućuju sve, od plaćanja računa uz pomoć mobilnih aplikacija, preko praćenja koraka i kvalitete sna. Ova transformacija učinila je mobilne telefone moćnim alatima za mjerenje i praćenje, čime je uporaba senzora u njima postala neodvojivim dijelom našeg svakodnevnog života. Također ovakav napredak u tehnologiji senzora ne samo da unapređuje tehničke performanse mobilnih uređaja, već također omogućava istraživanje novih područja primjene, kao što su proširena stvarnost (engl. *Augmented reality*, *AR*) i inovacije u zdravstvenim tehnologijama.

Danas moderni pametni telefoni sadrže ponekad i više od deset različitih senzora, koji se kreću od onih osnovnih poput senzora blizine i akcelerometra, do naprednijih poput senzora otiska prsta, senzora za prepoznavanje lica i barometra.

### 2.1. Povijest razvoja senzora u mobilnim telefonima

Počeci Mobilnih Telefona (1980-e do 1990-e), u početku mobilni telefoni su bili jednostavni uređaji dizajnirani isključivo za glasovne pozive. Ovi uređaji nisu sadržavali senzore, već su se oslanjali samo na osnovne komponente za komunikaciju putem mreže.

Rani razvoj senzora je bio nešto između 1990-e i 2000-e. Tih godina počeli su se pojavljivati prvi senzori u mobilnim telefonima, premda u vrlo ograničenim oblicima, neki od njih bili su senzori blizine koji su se koristili za isključivanje zaslona uređaja tijekom razgovora kako bi se spriječilo nenamjerno dodirivanje zaslona. Krajem 1990-ih akcelerometri su počeli ulaziti u mobilne

telefone, omogućujući detekciju pokreta uređaja. Ovi senzori omogućili su osnovne funkcije poput rotacije zaslona pri promjeni orijentacije uređaja. Između 2000-ih do 2010-te počinju se pojavljivati novi senzori kao što su žiroskopi, koji omogućuju preciznije praćenje orijentacije uređaja i podršku za složenije aplikacije poput igre koje zahtijevaju 3D interakciju. Krajem 2000-ih počeli su se koristiti i senzori otiska prsta kao nova metoda autentifikacije, poboljšavajući time sigurnost uređaja i korisničke podatke. 2000-ih su se pojavili i senzor ambijentalnog svjetla koji je omogućio automatsko prilagođavanje svjetline ekrana na temelju okolne svjetlosti, pritom kao rezultat poboljšavajući vidljivost ekrana i očuvanje baterije. Od 2010-e mobilni telefoni su postali opremljeni s nizom naprednih senzora, uključujući senzore za otkrivanje otisaka prstiju, senzore za prepoznavanje lica, barometre, magnetske senzore (kompase), i senzore za detekciju pulsa.

Mobilni telefoni danas koriste senzore u različite svrhe, uključujući razne senzore koji se koriste u svrhu praćenja zdravlja gdje se prati fizička aktivnost, otkucaji srca i razina stresa kod korisnika. Također se danas koriste senzori za navigaciju kao što su Globalni Pozicijski Sustav (engl. *Global Positioning System, GPS*), barometar i kompas omogućujući precizno navođenje i praćenje lokacije. Kombinacijom nekih senzora kao što su akcelerometar, žiroskop i kamera dobivena je mogućnost aplikacijama za proširenu stvarnost da stvaraju interaktivna iskustva u stvarnom svijetu. Osim toga, sve prisutniji senzori okoliša omogućuju praćenje kvalitete zraka, UV zračenja i drugih čimbenika okoliša, dodatno proširujući funkcionalnost pametnih telefona u svakodnevnom životu.



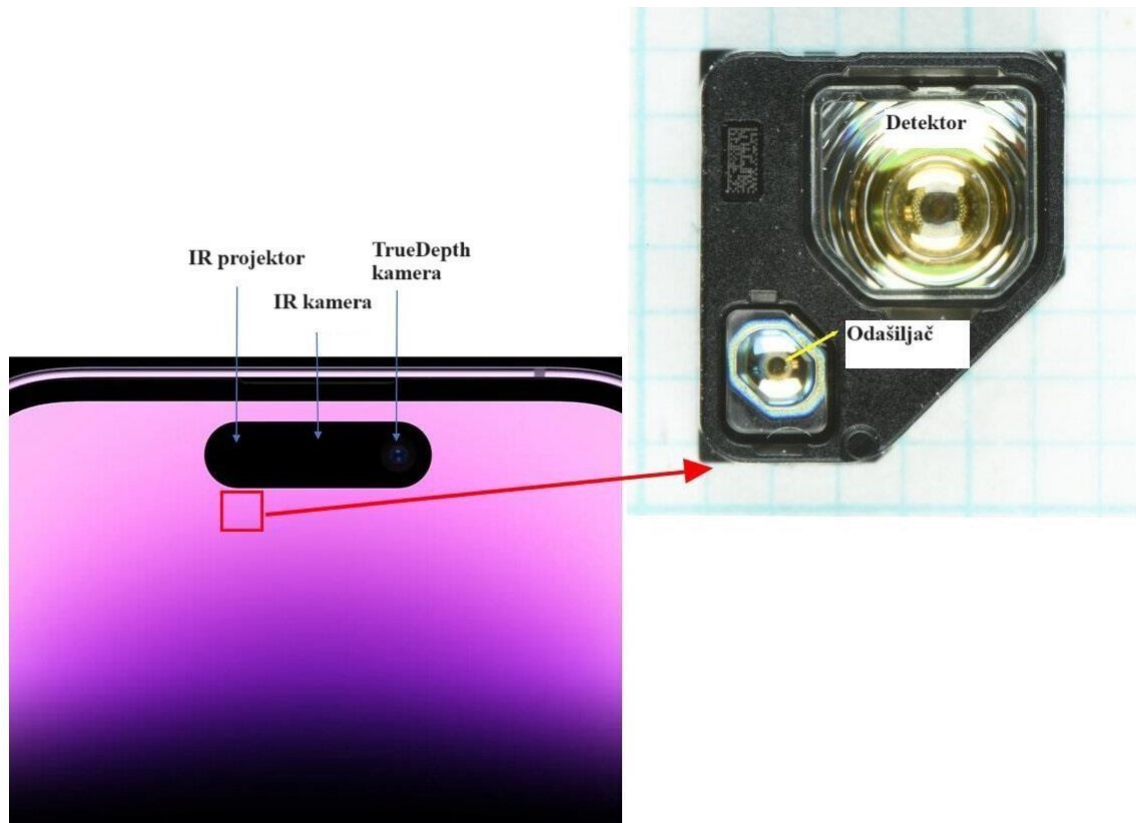
### 3. PREGLED SENZORA U MOBILNIM TELEFONIMA

Prema nacionalnom standardu GB7665-87, senzori se definiraju kao "Uređaji koji mogu osjetiti informaciju koja se mjeri i pretvoriti tu informaciju u upotrebljiv signal prema određenim pravilima. Senzori su obično sastavljeni od osjetljivih komponenti i uređaja za pretvorbu." [3]

Senzori u mobilnim uređajima mogu se klasificirati prema različitim vrstama i karakteristikama, ovisno o njihovoj namjeni. Jedna od podjela senzora u mobilnim uređajima je na senzore pokreta (engl. *Motion sensors*), ovi senzori mjere akceleracijske sile i rotacijske sile duž tri osi. Ova kategorija uključuje senzore kao što su akcelerometar, senzor gravitacije, žiroskop i senzor rotacijskog vektora. Na senzore okoliša (engl. *Environmental sensors*), ovi senzori mjere različite okolišne parametre, poput temperature i tlaka zraka, osvjetljenja i vlažnosti zraka, u ovu kategoriju senzora spadaju senzori poput barometra, fotometra i termometra. Zadnja vrsta senzora u ovoj podjeli su senzori položaja (engl. *Position sensors*), ovi senzori mjere fizički položaj uređaja. Ova kategorija uključuje senzore orijentacije i magnetometre.

Broj i tip senzora mogu se razlikovati ovisno o modelu telefona, ali neki od najčešćih integriranih senzora u mobitelima su Akcelerometar, mjeri ubrzanje i pokrete uređaja u tri osi. Koristi se za automatsko rotiranje zaslona, praćenje koraka i za razne igre i aplikacije koje zahtijevaju detekciju pokreta. Žiroskop, daje informacije o orijentaciji uređaja, omogućujući preciznije praćenje rotacije u odnosu na gravitaciju. Često se koristi u kombinaciji s akcelerometrom za igre i aplikacije proširene stvarnosti. Senzor blizine, koristi se za isključivanje zaslona kada se telefon približi licu tijekom poziva, čime se sprječava slučajno pritiskanje zaslona. Senzor ambijentalnog svjetla, automatski prilagođava svjetlinu zaslona prema okolnoj svjetlosti, čime se optimizira vidljivost i štedi energija. Magnetometar (kompas), detektira magnetsko polje Zemlje i omogućuje aplikacijama poput digitalnog kompasa da odrede smjer. *GPS*, omogućuje precizno određivanje lokacije uređaja, što je ključno za navigaciju, praćenje i razne druge usluge temeljene na lokaciji. Senzor otiska prsta, pruža dodatnu sigurnost tako što omogućuje autentifikaciju korisnika putem njihovog otiska prsta. Kamera i senzori u kameri, omogućuju snimanje fotografija i videa, također dodatni senzori poput senzora dubine pridonose kvaliteti snimanja i prepoznavanja lica. Slika 3.1. prikazuje neke od ugrađenih senzora u *iPhone 5S*. [4]





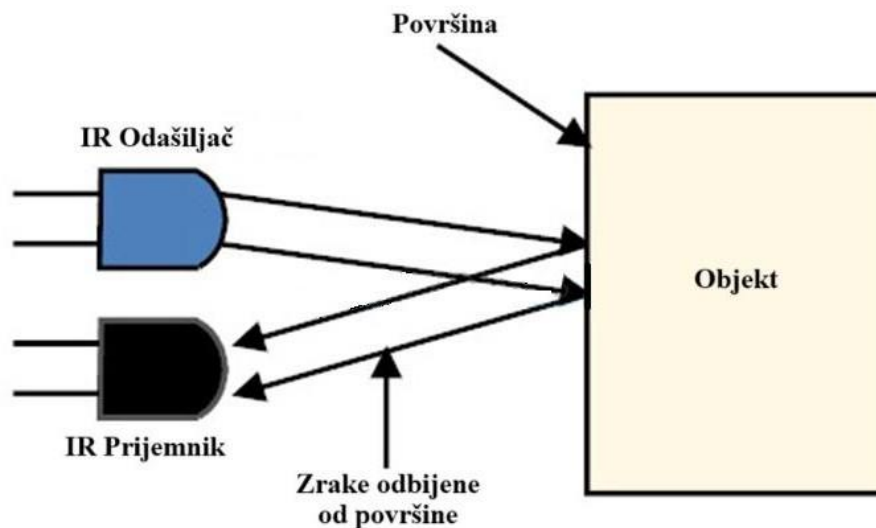
Sl. 3.2. Položaj *TrueDepth* senzora kamere [5]

## 4. PRINCIP DJELOVANJA SENZORA

Ovo poglavlje usmjereno je na istraživanje principa rada najčešće korištenih senzora u modernim mobilnim uređajima. Razmatra se kako pojedini senzori funkcioniraju i omogućuju različite funkcionalnosti koje su postale neizostavni dio svakodnevnog života. Uključujući osnovne senzore poput akcelerometra i žiroskopa, kao i naprednije senzore poput senzora za otisak prsta i senzora ambijentalnog svjetla, cilj je pružiti uvid u tehnološke mehanizme koji stoje iza ovih uređaja te njihovu primjenu u različitim kontekstima suvremenog doba.

### 4.1. Senzor blizine

Senzor blizine (engl. *Proximity sensor*) pripada skupini senzora položaja, a njegova glavna funkcija je detekcija prisutnosti objekata u neposrednoj blizini, bez potrebe za fizičkim kontaktom. U mobilnim uređajima najčešće se koristi infracrveni (engl. *Infrared, IR*) senzor blizine, koji se nalazi u gotovo svim pametnim telefonima i ima višestruku namjenu. Način rada ovog senzora temelji se na emisiji infracrvene svjetlosti koja se, u prisutnosti objekta, odbija i vraća prema fotodiodi. Ako u blizini nema objekta, infracrvena svjetlost se ne odbija i fotodioda ne prima nikakav signal. Slika 4.1. prikazuje princip rada senzora blizine.[6]



Sl. 4.1. Princip rada senzora blizine [6]

Kako bi senzor blizine bio učinkovit i u situacijama kada se u blizini nalazi crna površina, koja ne reflektira infracrvenu svjetlost, senzor je obično ukomponiran sa senzorom ambijentalnog svjetla (engl. *Ambient light sensor*). U kombinaciji s *IR* senzorom i fotodiodom, ovaj sustav omogućuje preciznu detekciju i u takvim uvjetima. Senzor blizine široko je primijenjen zbog svoje efikasnosti, dugog vijeka trajanja i niske cijene. Iako je senzor blizine relativno jeftin, zamjena ovog senzora na uređaju može biti skupa, s obzirom na to da se obično nalazi na vrhu ekrana, koji je najskuplji dio mobilnog uređaja.

Područje primjene senzora blizine u mobilnim telefonima ima ključnu ulogu u nekoliko funkcija koje pridonose boljem korisničkom iskustvu i uštedi energije, najčešća primjena je ta da senzor detektira kada se objekt nalazi blizu telefona. Najčešće se koristi za prepoznavanje kada je telefon prislonjen uz uho korisnika kako bi se isključio zaslon. Time se štedi baterija i sprječavaju slučajni dodiri zaslona.[7]

Upravljanje gestama, u nekim naprednijim uređajima senzor blizine može biti korišten za prepoznavanje gesti, poput prelaska ruke iznad uređaja za aktiviranje ili deaktiviranje određenih funkcija bez dodirivanja zaslona.

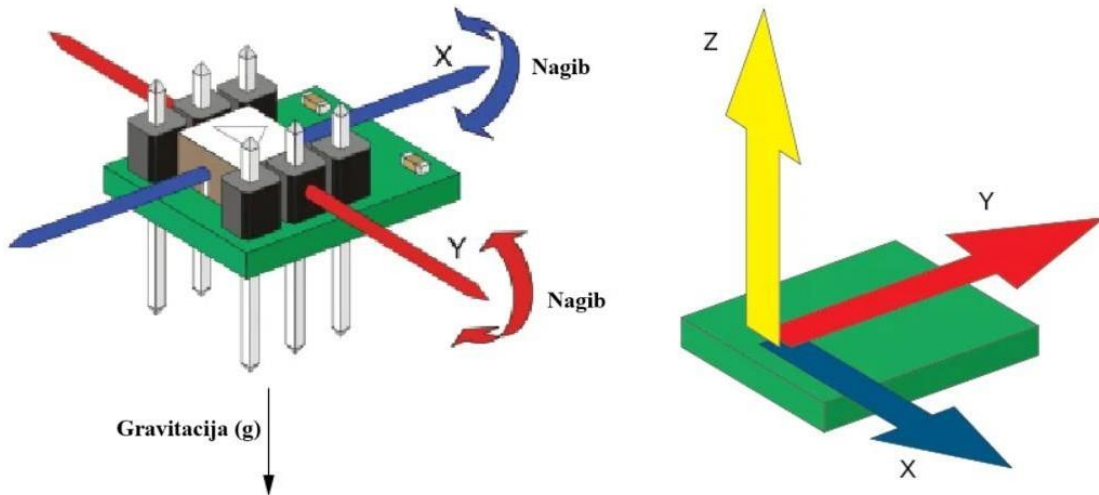
Otkrivanje objekata, senzor blizine može se koristiti i za detekciju kada je uređaj unutar zaštitne maske ili kada je zaslon prekriven, što može spriječiti slučajno aktiviranje uređaja dok je u džepu ili torbi.

## **4.2. Akcelerometar**

Akcelerometar je senzor koji mjeri ubrzanje, tj. promjenu brzine kretanja uređaja u tri osi: X, Y i Z. Ovaj senzor koristi fizikalna svojstva materijala kako bi detektirao promjene u kretanju. U mobilnim uređajima najčešće se koriste *MEMS* (engl. *Micro-Electro-Mechanical Systems, MEMS*) akcelerometri. *MEMS* akcelerometar sadrži mikroskopske pokretne dijelove unutar silikonske strukture koji reagiraju na promjene u brzini kretanja uređaja.

Senzor radi na način da kada se mobilni uređaj pomakne, inercija uzrokuje da se ti mikroskopski dijelovi pomiču unutar senzora. Ovi pomaci mijenjaju kapacitivnost između dijelova, a te promjene kapacitivnosti se pretvaraju u električne signale koji se zatim interpretiraju kao ubrzanje duž određene osi. Akcelerometar u mobilnim uređajima može mjeriti ubrzanje u svim smjerovima,

uključujući gravitacijsko ubrzanje, što omogućuje uređaju da prepozna svoju orijentaciju u prostoru. Slika 4.2. Prikazuje način na koji *MEMS* akcelerometar radi.[8]



Sl. 4.2. Princip rada *MEMS* Akcelerometra [8]

Akcelerometar u mobilnim uređajima ima široku primjenu u različitim funkcijama koje poboljšavaju korisničko iskustvo i omogućuju nove načine interakcije s uređajem

1. Automatska rotacija zaslona, jedna od najpoznatijih primjena akcelerometra je automatska rotacija zaslona. Kada korisnik okrene uređaj iz vertikalnog u horizontalni položaj (ili obrnuto), akcelerometar detektira promjenu orijentacije i automatski prilagođava prikaz na zaslonu.
2. Praćenje fizičke aktivnosti, akcelerometar se koristi za praćenje praćenja kvalitete sna. A koristi se i kao pedometar, odnosno uređaj za mjerenje i bilježenje broja koraka prilikom hodanja ili trčanja, te za izračunavanje prijeđene udaljenosti. U kombinaciji s osobnim karakteristikama korisnika, poput visine, težine i drugih informacija, softver može izračunati potrošnju energije, čime se može prikazati rezultat vježbanja. Na taj način, mobilni uređaj može se koristiti i kao *fitness* oprema.[9]
3. Igre i aplikacije za proširenu stvarnost, u igrama i *AR* aplikacijama akcelerometar omogućuje precizno praćenje pokreta uređaja, što omogućuje prirodniju i interaktivniju

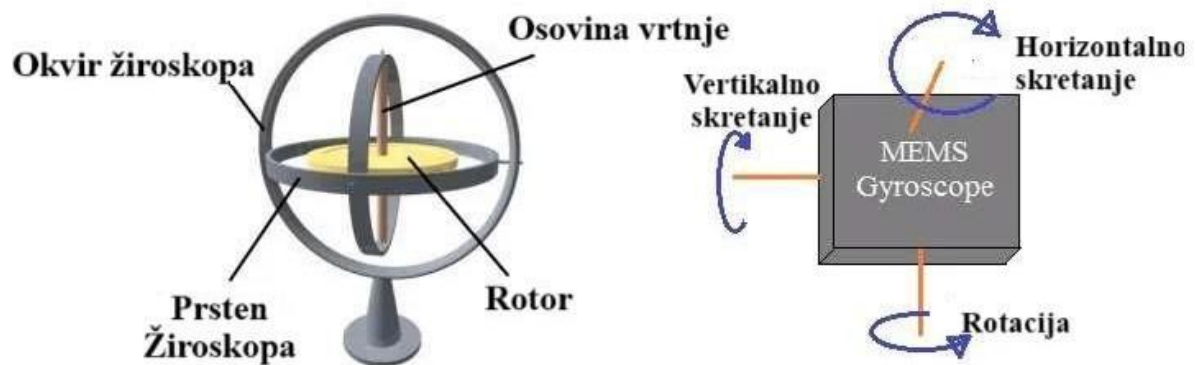
igru ili navigaciju unutar aplikacija. Korisnici mogu, primjerice, upravljati igračkim likovima ili objektima naginjanjem i okretanjem uređaja.

4. Detekcija potresa i sigurnosne aplikacije, akcelerometar se također može koristiti za detekciju potresa ili za pokretanje sigurnosnih funkcija, poput automatskog poziva u hitne službe ako detektira naglo kretanje koje bi moglo biti uzrokovano padom korisnika.
5. Ušteda energije, u nekim uređajima akcelerometar može biti korišten za prepoznavanje kada je uređaj nepomičan, što može dovesti do automatskog prebacivanja uređaja u stanje mirovanja kako bi se uštedjela energija.
6. Također akcelerometar u kombinaciji s magnetskim senzorom može pružiti napredne funkcionalnosti. Takozvana tehnologija "Perspektivnog prostora" temelji se na suradnji ovih dvaju senzora, koji zajedno mjere horizontalne i vertikalne pomake te smjerove. Kada korisnik nosi mobilni uređaj unutar zgrade, senzori šalju informacije o lateralnim i vertikalnim pomacima te smjeru u procesor (engl. Central Processing Unit, *CPU*). Ove informacije omogućuju prikaz perspektive zgrade uz pomoć tehnologije iscrtavanja slike. Ova tehnologija također može nadopuniti *GPS* navigaciju, posebno u situacijama gdje *GPS* signal nije dostupan, poput tunela ili visokih zgrada. U takvim slučajevima, akcelerometar i magnetski senzor zajednički prikupljaju podatke o višesmjernim pomacima i omogućuju nastavak navigacije bez *GPS*-a.

### 4.3. Žiroskop

Žiroskop je jedan od ključnih senzora u modernim mobilnim uređajima, koji se koristi za mjerenje i održavanje orijentacije uređaja u trodimenzionalnom prostoru. Za razliku od akcelerometra, koji mjeri ubrzanje i gravitaciju, žiroskop pruža informacije o kutnim promjenama orijentacije, omogućujući preciznije praćenje rotacijskih pokreta uređaja.

Žiroskopi u mobilnim telefonima obično se temelje na tehnologiji *MEMS*. Ovi *MEMS* žiroskopi koriste vibracijske strukture unutar čipa koje reagiraju na rotaciju uređaja. Kada se mobilni telefon rotira, ove vibracijske strukture doživljavaju promjene u kretanju zbog Coriolisove sile, što uzrokuje promjene u električnom signalu. Te promjene obrađuje procesor unutar telefona, koji potom izračunava kutnu brzinu i orijentaciju uređaja. Princip rada *MEMS* žiroskopa prikazan je na slici 4.3. [10]



Sl. 4.3. Princip rada MEMS Žiroskopa [10]

Žiroskop u mobilnim telefonima koristi se u širokom spektru aplikacija, primjerice rotacija zaslona, žiroskop zajedno s akcelerometrom omogućuje automatsku rotaciju zaslona kada se uređaj okrene iz portretnog u pejzažni način rada i obrnuto. Igre i proširena stvarnost, u igrama koje zahtijevaju preciznu kontrolu pokreta, poput onih s funkcionalnostima virtualne stvarnosti ili proširene stvarnosti, žiroskop omogućuje korisnicima precizno upravljanje kretanjem u igri. Stabilizacija slike, pri snimanju videozapisa, žiroskop pomaže u stabilizaciji slike, smanjujući učinak drhtanja ruku i omogućujući bolju stabilizaciju videozapisa. Navigacija, u kombinaciji s GPS-om i akcelerometrom, žiroskop omogućuje preciznije praćenje kretanja korisnika unutar zgrada ili u situacijama gdje GPS signal nije dostupan, primjerice u tunelima. Kompas, žiroskop doprinosi radu digitalnog kompasa, poboljšavajući orijentaciju i preciznost prilikom određivanja smjera u navigacijskim aplikacijama.

#### 4.4. Senzor ambijentalnog svjetla

Senzor ambijentalnog svjetla (engl. *ambient light sensor*) jedan je od osnovnih senzora koji se nalaze u gotovo svim modernim mobilnim uređajima. Njegova glavna funkcija je mjerenje razine svjetlosti u okruženju i automatsko prilagođavanje svjetline zaslona uređaja kako bi se osigurala optimalna vidljivost uz istovremeno smanjenje potrošnje energije.

Senzor ambijentalnog svjetla radi na principu fotodetektora, obično fotodiode ili fototranzistora, koji reagira na intenzitet svjetlosti u okolini. Ovi fotodetektor pretvaraju svjetlosnu energiju u



električni signal, čija snaga ovisi o količini upadne svjetlosti. Što je više svjetla u okolini, to je jači električni signal koji senzor proizvodi. Procesor mobilnog uređaja zatim obrađuje ovaj signal i koristi ga za prilagodbu svjetline zaslona.

Senzor ambijentalnog svjetla ima nekoliko ključnih primjena u mobilnim uređajima, prva je automatsko podešavanje svjetline zaslona, najvažnija funkcija senzora ambijentalnog svjetla je prilagodba svjetline zaslona prema uvjetima osvjetljenja u okolini. U svijetlim uvjetima, poput sunčeve svjetlosti, senzor povećava svjetlinu zaslona kako bi osigurao dobru vidljivost. U tamnijim uvjetima, smanjuje svjetlinu kako bi se smanjilo naprezanje očiju i uštedjela energija baterije.

Druga je produženje trajanja baterije, prilagodavanjem svjetline zaslona u skladu s vanjskim svjetlosnim uvjetima, senzor ambijentalnog svjetla pomaže u smanjenju potrošnje energije, što rezultira duljim vijekom trajanja baterije.

Treća, poboljšanje korisničkog iskustva, automatska prilagodba svjetline zaslona poboljšava korisničko iskustvo pružanjem optimalne vidljivosti u svim uvjetima osvjetljenja, bez potrebe za ručnim podešavanjem svjetline.

Integracija s drugim sensorima, senzor ambijentalnog svjetla često se koristi u kombinaciji s drugim sensorima, poput senzora blizine, kako bi se osigurala precizna kontrola nad funkcijama uređaja, poput gašenja zaslona tijekom poziva ili prilagodbe svjetline zaslona u različitim uvjetima.

## **4.5. Senzor otiska prsta**

Senzor otiska prsta jedan je od najvažnijih sigurnosnih senzora koji se koristi u modernim mobilnim uređajima. Njegova glavna funkcija je biometrijska autentifikacija korisnika putem prepoznavanja jedinstvenih uzoraka na njihovim prstima. Ovaj senzor omogućuje sigurno otključavanje uređaja, autorizaciju plaćanja, te pristup osjetljivim podacima i aplikacijama.

Senzor otiska prsta radi na principu snimanja i analize uzorka otiska prsta korisnika. Postoje različite tehnologije za snimanje otisaka prsta, ali najčešće korištene su optički senzori. Optički senzori koriste svjetlo za skeniranje otiska prsta. Kada korisnik pritisne prst na stakleni ili plastični dio senzora, svjetlo osvjetljava prst, a kamera ispod stakla snima sliku otiska. Ovaj digitalizirani

uzorak se zatim analizira kako bi se identificirale jedinstvene karakteristike otiska prsta, poput grebena i dolina. Slika 4.4. prikazuje predodžbu principa rada optičkog senzora.[11]

Druga tehnologija su kapacitivni senzori, kapacitivni senzori koriste sitne kondenzatore za mjerenje kapacitivnosti između senzora i prsta. Kada se prst postavi na senzor, kondenzatori mjere promjene električnog kapaciteta koje se javljaju zbog različite debljine kože na različitim dijelovima otiska prsta. Na temelju tih promjena, senzor stvara detaljnu kartu otiska prsta.

Treća tehnologija su ultrazvučni senzori, ultrazvučni senzori koriste zvučne valove za stvaranje 3D slike otiska prsta. Zvučni valovi se emitiraju prema prstu, a senzor mjeri vrijeme potrebno da se valovi vrate. Ova tehnologija omogućuje preciznije očitavanje čak i ako je prst prljav ili mokar, te pruža dodatnu sigurnost zbog svoje sposobnosti stvaranja trodimenzionalne slike.

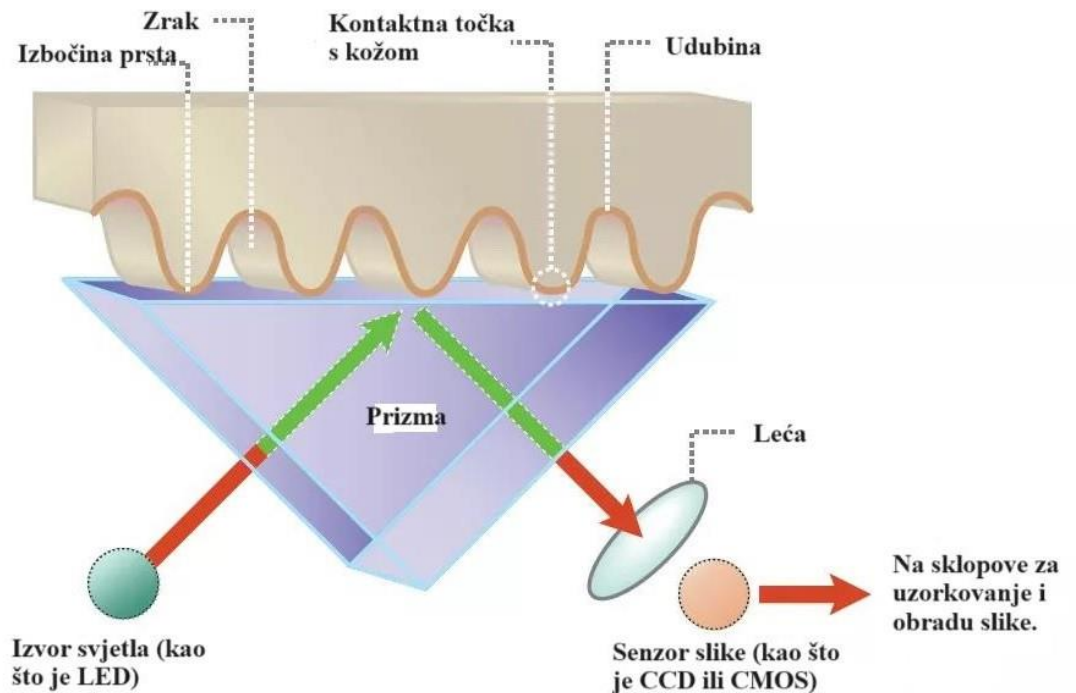
Senzor otiska prsta u mobilnim uređajima ima širok spektar primjena, najčešća uporaba senzora otiska prsta je za otključavanje mobilnog uređaja. Korisnik jednostavno postavi prst na senzor, a uređaj se otključava samo ako se prepozna ovlaštenu otisak prsta. Ova metoda pruža visoku razinu sigurnosti i brzinu u usporedbi s tradicionalnim metodama poput PIN-a ili lozinke.

Autorizacija plaćanja, senzori otiska prsta se često koriste za autorizaciju plaćanja putem mobilnih aplikacija kao što su *Apple Pay*, *Google Pay* i druge. Ova funkcija omogućuje brze i sigurne transakcije bez potrebe za unosom lozinke ili PIN-a.

Zaštita osjetljivih podataka i aplikacija, senzori otiska prsta omogućuju zaštitu određenih aplikacija i podataka unutar uređaja. Korisnici mogu zaključati pojedine aplikacije, poput bankovnih aplikacija ili galerija, i omogućiti pristup samo putem otiska prsta.

Više faktorska autentifikacija, u kombinaciji s drugim metodama autentifikacije, poput lozinke ili prepoznavanja lica, senzor otiska prsta može pružiti dodatnu razinu sigurnosti u sustavima više faktorske autentifikacije.

## Optički senzor



Sl. 4.4. Princip rada optičkog čitača prsta [11]

## 4.6. Magnetometar

Magnetometar je senzor koji se koristi za mjerenje intenziteta i smjera magnetskih polja. U mobilnim telefonima, ovaj senzor ima ključnu ulogu u navigacijskim aplikacijama, omogućujući uređaju da se ponaša kao digitalni kompas. To je jedan od senzora koji je postao neizostavan dio modernih pametnih telefona, pružajući korisnicima preciznu orijentaciju i navigaciju u prostoru.

Njegov princip rada funkcionira na temelju Hallovoeg efekta ili magnetorezistivnog senzora. Ovi senzori detektiraju promjene u magnetskom polju Zemlje i pretvaraju te promjene u električne signale koji se mogu analizirati i interpretirati. U osnovi, magnetometar mjeri intenzitet magnetskog polja u tri osi (x, y, z), što omogućuje određivanje smjera sjevera, čak i kada *GPS* signal nije dostupan.

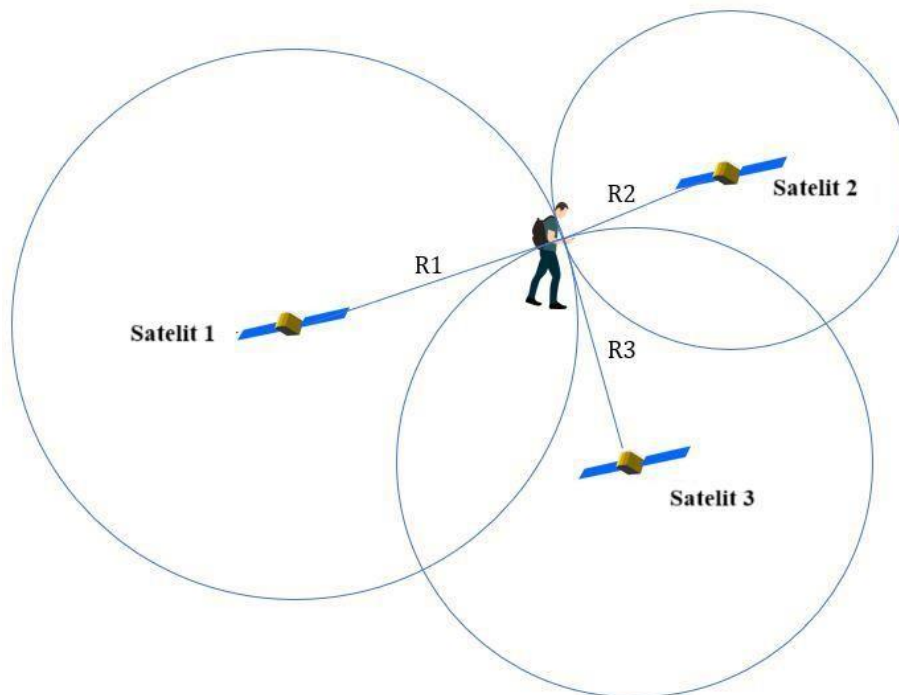
Područje primjene, magnetometar u mobilnim uređajima prvenstveno se koristi za navigaciju. U kombinaciji s *GPS*-om i akcelerometrom, omogućuje aplikacijama poput *Google Maps*-a da precizno odrede smjer u kojem je korisnik okrenut, što je posebno korisno u pješачkoj navigaciji.

Osim toga, magnetometar se koristi u aplikacijama za proširenu stvarnost, gdje je precizna orijentacija uređaja ključna za ispravno prikazivanje virtualnih objekata u stvarnom svijetu. Također, magnetometar se može koristiti za detekciju metalnih objekata ili promjene u magnetskom polju, što može biti korisno u specifičnim aplikacijama kao što su detektori metala ili za praćenje magnetskih promjena u okolišu.

#### 4.7. GPS (Global Positioning System)

*GPS* senzor u mobilnim telefonima jedan je od važnijih senzora koji omogućuje precizno određivanje lokacije uređaja u stvarnom vremenu. Ovaj senzor koristi mrežu satelita u Zemljinj orbiti kako bi pružio informacije o položaju, brzini i vremenu.

*GPS* senzori funkcioniraju na osnovi triangulacije signala koje emitiraju *GPS* sateliti. Svaki satelit šalje signal koji sadrži informacije o vremenu slanja signala i položaju satelita u trenutku slanja. Slika 4.5. prikazuje primjer triangulacije. [12]



Sl. 4.5. Prikaz rada triangulacije [12]

*GPS* senzor u uređaju koristi ove signale za izračunavanje udaljenosti između uređaja i svakog satelita. Na temelju tih podataka, senzor može precizno odrediti trenutnu lokaciju uređaja na Zemlji.

Signalno kašnjenje, budući da sateliti kruže visoko iznad Zemljine površine, signal putuje određenom brzinom. *GPS* senzor mjeri koliko vremena je potrebno da signal stigne od satelita do uređaja, što omogućuje izračunavanje udaljenosti. Preciznost, točnost *GPS* senzora može varirati ovisno o broju dostupnih satelita, kvaliteti signala (koja može biti smanjena u urbanim područjima ili unutar zgrada), i prisutnosti drugih čimbenika poput atmosferskih uvjeta.

*GPS* senzor ima široku primjenu u modernim mobilnim uređajima, najpoznatija primjena *GPS*-a je u navigacijskim aplikacijama poput *Google Maps*-a ili *Apple Maps*-a, koje omogućuju korisnicima da pronađu put do odredišta, bilo da se kreću pješice, automobilom, biciklom ili javnim prijevozom.

Praćenje aktivnosti, *GPS* senzori se koriste u aplikacijama za praćenje fizičkih aktivnosti, poput trčanja, biciklizma ili planinarenja. Ove aplikacije mogu pratiti prijeđenu udaljenost, brzinu kretanja, visinu i putanju.

Treća primjena je *Geotagging*, *GPS* senzori omogućuju automatsko dodavanje informacija o lokaciji fotografijama i videozapisima. Na taj način, korisnici mogu pregledavati fotografije prema lokaciji na kojoj su snimljene.

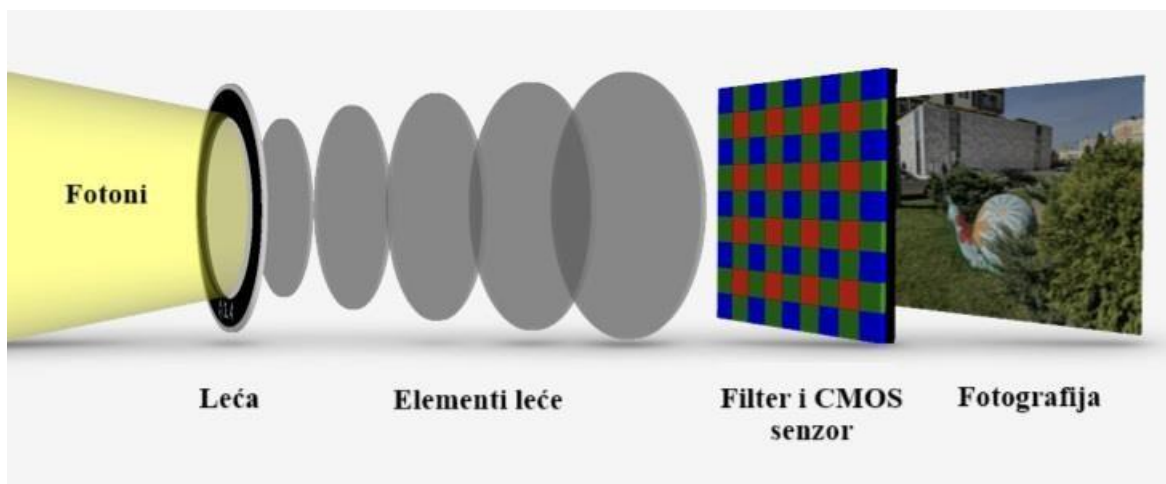
Praćenje uređaja, *GPS* se koristi za lociranje izgubljenih ili ukradenih uređaja putem funkcija kao što su "*Find My iPhone*" ili "*Find My Device*" na *Android* uređajima.

Aplikacije proširene stvarnosti također koriste *GPS* senzore za prepoznavanje lokacije i omogućuju postavljanje virtualnih objekata u stvarnom okruženju.

Lokacijske usluge, mnoge aplikacije, uključujući društvene mreže, usluge za upoznavanje, aplikacije za dostavu hrane, taksisti servisi, itd., koriste *GPS* za pružanje prilagođenih usluga na temelju trenutne lokacije korisnika.

## 4.8. Senzor kamere

Senzor kamere u mobilnim telefonima jedan je od najvažnijih i najkompleksnijih senzora, odgovoran za pretvaranje svjetla u digitalne slike koje korisnici svakodnevno snimaju. Ovaj senzor čini osnovu digitalne fotografije i videozapisa u mobilnim uređajima, a njegov razvoj je ključan za napredak mobilne fotografije. Senzor kamere u mobilnom telefonu sastoji se od male, vrlo osjetljive matrice fotodioda koje pretvaraju svjetlosne fotone u električne signale. Ovaj se proces može podijeliti u nekoliko ključnih faza. Slika 4.6. prikazuje princip rada senzora kamere u mobilnom uređaju.[13]



Sl. 4.6. Prikaz rada senzora kamere [13]

Prva je zbir svjetla (kroz objektiv), Svjetlo iz scene koju korisnik želi fotografirati prolazi kroz objektiv kamere, koji fokusira svjetlosne zrake na površinu senzora. Objektivi u mobilnim uređajima obično koriste sustav leća koji omogućuje precizno usmjeravanje svjetla na senzor.

Drugo je pretvaranje svjetla u električni signal, na senzoru se nalaze milijuni malih fotodioda, svaka odgovorna za detekciju svjetla u jednom pikselu slike. Kada fotoni svjetlosti udare u fotodiodu, ona generira električni naboj proporcionalan intenzitetu svjetlosti. Ovaj se naboj zatim pretvara u električni signal.

Digitalizacija signala, električni signali iz fotodioda šalju se na analognu-digitalnu pretvornicu (ADC), koja ih pretvara u digitalne vrijednosti. Ove vrijednosti predstavljaju intenzitet svjetlosti za svaki pojedinačni piksel na slici.

Obrada slike, digitalne informacije koje proizlaze iz senzora prolaze kroz procesorski čip za obradu slike (engl. *Image Signal Processor, ISP*). Ovaj procesor prilagođava boje, kontrast, oštrinu i druge aspekte slike kako bi se postigla što kvalitetnija fotografija.

Bayerov filter, većina senzora kamere koristi Bayerov filter, koji je matrica crvenih, zelenih i plavih filtera (*RGB*) koja prekriva fotodiode. Svaka fotodiode registrira samo jednu boju svjetlosti, a ostale boje interpoliraju se iz okolnih piksela, što omogućuje stvaranje konačne slike.

Senzori kamere u mobilnim telefonima koriste se za širok raspon aplikacija i funkcija, primarna upotreba senzora kamere je za snimanje fotografija i videozapisa. Kvaliteta slike ovisi o razlučivosti senzora (broju megapiksela), veličini piksela, kvaliteti objektiva i algoritmima za obradu slike.

Prepoznavanje lica, kamere s naprednim algoritmima koriste se za prepoznavanje lica, što omogućuje otključavanje uređaja, autentifikaciju korisnika, pa čak i prilagodbu portretnih modova fotografiranja.

Senzori kamere igraju ključnu ulogu u aplikacijama proširene stvarnosti, gdje se stvarni svijet kombinira s virtualnim elementima. Kamera prikuplja podatke o okruženju i omogućuje postavljanje virtualnih objekata u stvarnom prostoru.

Skener *QR* kodova i dokumenata, senzori kamere također se koriste za skeniranje *QR* kodova, dokumenata i drugih informacija koje se mogu pretvoriti u digitalni oblik i dalje obrađivati.

Video pozivi, prednje kamere na mobilnim uređajima omogućuju video pozive, što je postalo posebno važno u komunikaciji na daljinu.

Strojno učenje i umjetna inteligencija (engl. *AI*), u modernim telefonima, senzori kamere koriste se za složene funkcije poput prepoznavanja objekata, analize scena i prilagodbe postavki u stvarnom vremenu kako bi se postigle najbolje moguće slike.

Senzori kamere u mobilnim telefonima kontinuirano se unapređuju kako bi korisnicima pružili što kvalitetnije i raznovrsnije iskustvo u snimanju slika i videa. Tehnološki napredak omogućio je da mobilne kamere postanu ozbiljna konkurencija tradicionalnim fotoaparatima u mnogim aspektima, što je dramatično promijenilo način na koji ljudi stvaraju i dijele svoj vizualni sadržaj.

## 5. PRAKTIČNE PRIMJENE SENZORA U PRIVATNOM I POSLOVNOM OKRUŽENJU

Senzori ugrađeni u moderne pametne telefone donijeli su brojne praktične primjene koje su značajno unaprijedile i pojednostavile svakodnevni život, kako u privatnom, tako i u poslovnom okruženju. Njihova prisutnost omogućuje korisnicima da iskoriste tehnologiju na nove i inovativne načine, od poboljšanja osobne sigurnosti i zdravlja do optimizacije poslovnih procesa i uvođenja novih usluga. U nastavku se detaljno razmatraju praktične primjene najvažnijih senzora u oba konteksta, uz konkretne primjere aplikacija koje ih koriste.

### 5.1. Privatno okruženje (sigurnost i privatnost)

Senzor otiska prsta i prepoznavanje lica, ovi senzori su postali standard u gotovo svim modernim pametnim telefonima, omogućujući korisnicima da otključaju svoje uređaje, potvrde *online* kupnje ili pristupe osjetljivim informacijama koristeći biometrijske podatke. To je znatno povećalo razinu sigurnosti i zaštitu privatnosti jer je teško krivotvoriti biometrijske podatke, za razliku od lozinki koje mogu biti hakirane ili ukradene.

Primjer aplikacije koja koristi ove senzore je *Google Pay*, koja koristi biometrijsku autentifikaciju za potvrdu plaćanja, te *Apple Face ID*, koja omogućuje sigurno otključavanje uređaja i pristup osjetljivim podacima.

*Google Pay* omogućuje korisnicima obavljanje beskontaktnih plaćanja jednostavnim prislanjanjem telefona na terminal. Zahvaljujući senzoru otiska prsta ili prepoznavanju lica, svaka transakcija je dodatno osigurana, čime se značajno smanjuje mogućnost prijevare. Korisnici mogu brzo i sigurno obavljati plaćanja bez potrebe za unosom lozinki ili PIN-ova, što ne samo da povećava sigurnost, nego i praktičnost.

*Apple Face ID* koristi naprednu tehnologiju prepoznavanja lica za otključavanje uređaja, autentifikaciju u aplikacijama i potvrdu kupnji putem *Apple Pay*-a. *Face ID* koristi *TrueDepth* kameru za mapiranje lica korisnika u 3D prostoru, što ga čini izuzetno sigurnim i pouzdanim. Ovaj sustav prepoznavanja može naučiti i prepoznati promjene na licu, poput brade ili naočala, što ga čini fleksibilnim i korisnim za svakodnevnu upotrebu.

*GPS* senzori, funkcija praćenja lokacije putem *GPS*-a koristi se ne samo za navigaciju, već i za dodatne sigurnosne mjere. Na primjer, aplikacije za praćenje telefona omogućuju korisnicima da lociraju svoje uređaje u slučaju krađe ili gubitka, što može pomoći u brzom pronalaženju i povratku uređaja. Na primjer, aplikacije poput *Find My (Apple)* omogućuju korisnicima da lociraju svoje



uređaje u slučaju krađe ili gubitka, dok *Life360* omogućuje praćenje lokacije članova obitelji u stvarnom vremenu, pružajući sigurnosni nadzor i brzu reakciju u slučaju opasnosti.

*Find My* je Appleova aplikacija koja koristi *GPS* senzore kako bi korisnicima omogućila praćenje lokacije njihovih *iPhone* uređaja, *iPad*-a, *Mac* računala i drugih *Apple* uređaja. Aplikacija također omogućuje korisnicima da podijele svoju lokaciju s prijateljima i obitelji, te da brzo lociraju izgubljeni ili ukradeni uređaj, čime se povećava sigurnost i smanjuje mogućnost gubitka vrijednih podataka.

*Life360* je aplikacija koja koristi *GPS* za praćenje lokacije članova obitelji u stvarnom vremenu. Ova aplikacija posebno je popularna među roditeljima, jer omogućuje praćenje djece dok su vani ili na putu prema školi. *Life360* također uključuje značajke poput upozorenja o sigurnosnim incidentima i mogućnost pozivanja hitne pomoći, čime dodatno doprinosi osjećaju sigurnosti i zaštite.

## 5.2. Zdravlje

Akcelerometar i žiroskop, ovi senzori su ključni u praćenju tjelesne aktivnosti. Mnoge aplikacije za zdravlje koriste ove senzore za mjerenje broja koraka, trčanja, penjanje uz stepenice i druge oblike kretanja. Kombinacijom s podacima kao što su visina, težina i dob korisnika, aplikacije mogu pružiti detaljan pregled potrošnje kalorija i učinkovitosti vježbanja. Korisnici tako mogu pratiti svoj napredak i motivirati se na redovitu fizičku aktivnost.

Senzori poput akcelerometra i žiroskopa igraju ključnu ulogu u praćenju tjelesne aktivnosti korisnika. Aplikacije *Google Fit* i *Strava* koriste ove senzore kako bi omogućile praćenje fizičke aktivnosti.

*Google Fit* omogućuje korisnicima da prate svoje dnevne aktivnosti, uključujući hodanje, trčanje, vožnju bicikla i drugo. Aplikacija koristi podatke s akcelerometra i žiroskopa za mjerenje koraka, udaljenosti, potrošenih kalorija i vremena provedenog u različitim aktivnostima. *Google Fit* također surađuje s drugim aplikacijama i uređajima, poput pametnih satova, što omogućuje korisnicima da prate sve aspekte svog zdravlja na jednom mjestu.

*Strava* je popularna aplikacija među trkačima i biciklistima, koja koristi senzore telefona za praćenje rute, brzine, nadmorske visine i drugih metrika. *Strava* omogućuje korisnicima dijeljenje svojih postignuća s prijateljima, sudjelovanje u izazovima i analiziranje performansi kroz detaljne statistike i karte. Ova aplikacija je primjer kako tehnologija može motivirati korisnike da ostanu aktivni i postižu svoje ciljeve u *fitness*-u.

Optički senzori, koji su često integrirani u pametne satove i telefone, koriste se za mjerenje otkucaja srca, razine kisika u krvi i drugih vitalnih parametara. Praćenje ovih podataka može biti ključno za ranu detekciju zdravstvenih problema i omogućiti korisnicima da se konzultiraju s liječnikom na temelju točnih i pouzdanih podataka. Aplikacije kao što su *Apple Health* i *Samsung Health* koriste ove senzore za praćenje zdravstvenih parametara u stvarnom vremenu.

*Apple Health* je sveobuhvatna aplikacija koja prikuplja podatke o zdravlju i tjelesnoj aktivnosti korisnika. Optički senzori u *Apple Watch*-u omogućuju praćenje otkucaja srca, razine kisika u krvi, pa čak i detekciju nepravilnosti u radu srca, kao što su atrijska fibrilacija. Aplikacija *Apple Health* također omogućuje korisnicima da prate obrasce spavanja, prehranu, hidrataciju i druge aspekte zdravlja, pružajući personalizirane preporuke za poboljšanje općeg stanja.

*Samsung Health* nudi slične funkcionalnosti, omogućujući praćenje tjelesne aktivnosti, prehrane, sna i vitalnih znakova. *Samsung Health* koristi senzore pametnih telefona i pametnih satova za precizno mjerenje otkucaja srca, stresa i razine kisika u krvi. Aplikacija također uključuje vođene treninge, izazove i mogućnost praćenja napretka kroz vrijeme, čime pomaže korisnicima u održavanju zdravog načina života.

### **5.3. Poboljšano korisničko iskustvo**

Senzor ambijentalnog svjetla, ovaj senzor automatski prilagođava svjetlinu zaslona ovisno o okolnom svjetlu, što omogućuje bolje iskustvo gledanja i smanjuje naprezanje očiju. Aplikacije poput *Lux Auto Brightness* i *Twilight* koriste ovaj senzor za optimizaciju svjetline zaslona i očuvanje baterije.

*Lux Auto Brightness* je aplikacija koja omogućuje još precizniju kontrolu nad postavkama svjetline zaslona. Korisnici mogu postaviti prilagođene profile svjetline za različite uvjete osvjetljenja, čime se smanjuje naprezanje očiju i poboljšava trajanje baterije. Aplikacija također nudi mogućnost ručnog podešavanja svjetline ovisno o preferencijama korisnika, čineći korištenje uređaja ugodnijim u svim uvjetima.

*Twilight* je aplikacija koja prilagođava toplinu i svjetlinu zaslona prema dobu dana. Koristeći senzore ambijentalnog svjetla, *Twilight* smanjuje plavo svjetlo tijekom večernjih sati, što pomaže korisnicima da se pripreme za spavanje i smanje naprezanje očiju. Ova aplikacija posebno je korisna za osobe koje često koriste svoje uređaje prije spavanja, jer poboljšava kvalitetu sna smanjenjem izlaganja plavom svjetlu.

Senzor magnetometar, ili digitalni kompas, omogućuje korisnicima lakše orijentiranje u prostoru, osobito u kombinaciji s aplikacijama za navigaciju. *Google Maps* koristi ovaj senzor za precizno praćenje smjera i orijentacije korisnika, što je posebno korisno pri navigaciji.

*Google Maps* koristi magnetometar kako bi precizno prikazao smjer u kojem je korisnik okrenut. To je osobito korisno prilikom hodanja ili vožnje u nepoznatim područjima, gdje je orijentacija ključna za pravovremeno donošenje odluka. *Google Maps* također omogućuje korisnicima da istraže nove lokacije, pronađu restorane, trgovine i druge zanimljive točke u blizini, te podijele svoju lokaciju s prijateljima i obitelji.

*Compass* je jednostavna aplikacija dostupna na *iPhone* uređajima koja koristi magnetometar za prikaz smjera. Ova aplikacija može biti korisna u situacijama kada se korisnici nalaze u prirodi ili na otvorenom prostoru bez pristupa kartama, jer im pomaže u određivanju smjera i pronalaženju puta.

Kamera senzori, senzori u kamerama omogućuju snimanje visokokvalitetnih fotografija i videozapisa u različitim uvjetima osvjetljenja. Kombinacija ovih senzora s umjetnom inteligencijom omogućuje prepoznavanje scena i automatsko prilagođavanje postavki kamere za optimalne rezultate. Primjeri aplikacija koje koriste ove senzore uključuju *Instagram* i *Snapchat*, koje omogućuju stvaranje interaktivnog i vizualno privlačnog sadržaja.

#### **5.4. Poslovno okruženje (Optimizacija poslovnih procesa)**

*GPS* senzori, u poslovnom svijetu, *GPS* senzori igraju ključnu ulogu u logistici i upravljanju voznim parkom. Tvrtke mogu koristiti podatke o lokaciji u realnom vremenu za optimizaciju ruta dostave, smanjenje troškova goriva i poboljšanje učinkovitosti isporuke. *Fleet Complete* i *Uber for Business* koriste *GPS* senzore za praćenje i optimizaciju poslovnih procesa vezanih uz prijevoz.

*Fleet Complete* je sveobuhvatna platforma koja koristi *GPS* senzore za praćenje vozila u stvarnom vremenu, optimizaciju ruta i poboljšanje učinkovitosti poslovanja. Aplikacija omogućuje tvrtkama praćenje vozača, planiranje ruta na temelju trenutnog stanja na cestama, te smanjenje troškova goriva i održavanja vozila. *Fleet Complete* također pruža alate za analizu performansi flote, identificiranje područja za poboljšanje i osiguravanje poštivanja propisa.

*Uber for Business* koristi *GPS* senzore za upravljanje voznim parkom i optimizaciju poslovnih putovanja. Tvrtke mogu koristiti ovu platformu za organiziranje prijevoza za zaposlenike, pratiti troškove i osigurati pravovremeni dolazak na odredište. *Uber for Business* omogućuje

personalizaciju vožnji, praćenje lokacije vozača i dijeljenje informacija u stvarnom vremenu, čime se povećava učinkovitost i zadovoljstvo korisnika.

Akcelerometar i žiroskop, ovi senzori koriste se u industrijskim aplikacijama za praćenje vibracija i pomaka strojeva, omogućujući prediktivno održavanje i smanjenje vremena zastoja. Primjeri aplikacija uključuju *SKF Enlight Centre*, koja prati vibracije strojeva, te *VibraTilt*, koja se koristi u građevinskoj industriji za nadzor stabilnosti struktura.

*SKF Enlight Centre* je aplikacija koja koristi akcelerometre za praćenje vibracija u industrijskim strojevima. Praćenjem vibracija, aplikacija može rano detektirati potencijalne probleme poput habanja dijelova ili neusklađenosti, što omogućuje pravovremeno održavanje i smanjenje vremena zastoja. *SKF Enlight Centre* također pruža detaljne analize podataka i preporuke za poboljšanje performansi strojeva, čime pomaže u optimizaciji proizvodnih procesa.

*VibraTilt* je aplikacija koja koristi akcelerometre i žiroskope za praćenje stabilnosti struktura, osobito u građevinskoj industriji. Aplikacija omogućuje praćenje nagiba, vibracija i pomaka građevina u stvarnom vremenu, što je ključno za osiguranje sigurnosti radnika i imovine. *VibraTilt* se koristi za praćenje mostova, zgrada i drugih kritičnih infrastrukturnih objekata, omogućujući rano otkrivanje potencijalnih problema i poduzimanje preventivnih mjera.

## **5.5. Razvoj novih poslovnih modela i usluga**

Senzori za praćenje zdravlja, u zdravstvenoj industriji, mobilni uređaji opremljeni sensorima koriste se za daljinsko praćenje pacijenata. *Livongo* i *Remote Patient Monitoring (RPM) by Biofourmis* koriste senzore za praćenje vitalnih znakova pacijenata, omogućujući personaliziranu zdravstvenu njegu i smanjenje potrebe za posjetama bolnici.

*Livongo* je inovativna platforma za upravljanje kroničnim bolestima koja koristi senzore za praćenje vitalnih znakova pacijenata. Aplikacija omogućuje praćenje razine šećera u krvi, krvnog tlaka i drugih ključnih parametara, pružajući personalizirane preporuke i podršku korisnicima. *Livongo* kombinira podatke iz senzora s analizama i savjetima zdravstvenih stručnjaka, omogućujući korisnicima bolje upravljanje svojim zdravstvenim stanjem i smanjenje rizika od komplikacija.

*Remote Patient Monitoring (RPM) by Biofourmis* je još jedna napredna aplikacija koja koristi senzore za daljinsko praćenje pacijenata. Ova aplikacija omogućuje liječnicima praćenje vitalnih znakova pacijenata u stvarnom vremenu, bez potrebe za čestim posjetima bolnicama. *RPM* koristi napredne algoritme za analizu podataka i pružanje uvida koji pomažu liječnicima u donošenju

informiranih odluka o liječenju. Ova tehnologija smanjuje opterećenje zdravstvenog sustava i omogućuje pružanje personalizirane njege na daljinu.

AR tehnologija, kombinacija senzora kamere, akcelerometra, žiroskopa i magnetometra omogućila je razvoj aplikacija proširene stvarnosti, koje su promijenile način na koji se obavlja posao u različitim industrijama. *IKEA Place* i *Google Lens* koriste AR tehnologiju za poboljšanje korisničkog iskustva i vizualizaciju proizvoda i informacija u stvarnom vremenu.

*IKEA Place* je inovativna aplikacija koja koristi AR tehnologiju kako bi korisnicima omogućila virtualno postavljanje namještaja u njihov dom prije kupnje. Aplikacija koristi senzore kamere za skeniranje prostora i postavljanje virtualnih 3D modela namještaja u stvarni okoliš. Korisnici mogu pregledati različite opcije namještaja, testirati kako se uklapaju u njihov prostor i donijeti informirane odluke o kupnji, čime se smanjuje broj povrata i povećava zadovoljstvo kupaca.

## **5.6. Poboljšana sigurnost na radnom mjestu**

Senzor otiska prsta i prepoznavanje lica, u poslovnim okruženjima, ovi senzori omogućuju kontrolu pristupa osjetljivim područjima i podacima. *Microsoft Authenticator* i *Okta* koriste biometrijsku autentifikaciju kako bi osigurale da samo ovlaštene osobe imaju pristup određenim resursima.

*Microsoft Authenticator* je aplikacija koja omogućuje više faktorsku autentifikaciju, uključujući biometrijske metode poput otiska prsta i prepoznavanja lica. U poslovnim okruženjima, *Microsoft Authenticator* koristi se za kontrolu pristupa osjetljivim podacima i resursima unutar organizacija. Korištenjem senzora otiska prsta ili prepoznavanja lica, aplikacija osigurava da samo ovlaštene osobe mogu pristupiti zaštićenim područjima i dokumentima. Ova metoda je posebno korisna u zaštiti poslovnih mreža i sustava od neovlaštenog pristupa, čime se smanjuje rizik od kibernetičkih napada i krađe podataka.

Senzori okoliša, ovi senzori koriste se za praćenje uvjeta radne okoline, poput razine buke, temperature, vlage i kvalitete zraka. Aplikacije kao što su *EnviroMonitor by Davis Instruments* i *Awair* prate ove uvjete i automatski prilagođavaju ventilacijske sustave ili alarmiraju korisnike ako uvjeti postanu opasni, čime se poboljšava sigurnost na radnom mjestu.

*EnviroMonitor by Davis Instruments* je napredni sustav za praćenje okolišnih uvjeta u realnom vremenu. Ova aplikacija koristi senzore za mjerenje temperature, vlage, razine CO<sub>2</sub>, razine buke i drugih okolišnih parametara. *EnviroMonitor* je posebno koristan u industrijskim okruženjima, poljoprivredi i graditeljstvu, gdje neprikladni uvjeti mogu imati ozbiljne posljedice za zdravlje

radnika. Aplikacija može automatski prilagoditi ventilacijske sustave ili aktivirati alarme kada uvjeti postanu opasni, čime se osigurava zdravlje i sigurnost zaposlenika.

*Awair* je još jedna aplikacija koja prati kvalitetu zraka i ostale okolišne uvjete u zatvorenim prostorima. *Awair* senzori mogu detektirati razine prašine, kemikalija, vlage i temperature, te pružaju korisnicima podatke i preporuke za poboljšanje kvalitete zraka. Ova aplikacija je posebno korisna u uredskim prostorima i drugim zatvorenim radnim okruženjima, gdje loša kvaliteta zraka može utjecati na zdravlje i produktivnost zaposlenika. *Awair* može biti integriran s pametnim sustavima za grijanje, ventilaciju i klimatizaciju (HVAC), omogućujući automatsko prilagođavanje uvjeta za optimalnu sigurnost i udobnost.

Senzori ugrađeni u moderne pametne telefone donose niz praktičnih primjena koje imaju značajan utjecaj na privatni i poslovni život. Korištenjem senzora, korisnici mogu poboljšati svoju sigurnost, pratiti zdravlje te uživati u poboljšanom korisničkom iskustvu, dok tvrtke mogu optimizirati svoje poslovne procese, razvijati nove usluge i poboljšati sigurnost na radnom mjestu. Ovi senzori postali su ključni alati za digitalnu transformaciju u mnogim sektorima, omogućujući korisnicima i tvrtkama da iskoriste prednosti moderne tehnologije na inovativne načine.

## 6. TESTIRANJE SENZORA POMOĆU APLIKACIJE PHYPHOX NA RAZLIČITIM ANDROID UREĐAJIMA

Razvoj tehnologije u mobilnim uređajima omogućio je integraciju brojnih senzora koji prikupljaju podatke iz okoline i pomažu unaprijediti korisničko iskustvo. Ti senzori imaju širok spektar primjena, od praćenja fizičkih aktivnosti korisnika, preko navigacije, do automatskog prilagođavanja postavki uređaja. Da bi se osigurala njihova ispravnost i preciznost, potrebno je provesti temeljita testiranja senzora koristeći specijalizirane aplikacije.

Jedna od najnaprednijih aplikacija za testiranje senzora u mobilnim uređajima je *Phyphox*. *Phyphox* (*Physical Phone Experiments*) je besplatna aplikacija koja omogućuje detaljan uvid u rad različitih senzora ugrađenih u pametne telefone. Kroz jednostavno, ali moćno korisničko sučelje, ova aplikacija omogućuje korisnicima izvođenje eksperimenata i mjerenja u stvarnom vremenu, koristeći podatke dobivene iz senzora. Upravo zbog svoje sveobuhvatnosti i pristupačnosti, *Phyphox* je odabrana kao alat za testiranje senzora u ovom radu.

Testiranje je provedeno na dva različita Android uređaja: *Samsung Galaxy S22* i *Google Pixel 6*. Ovi uređaji odabrani su kako bi se usporedila preciznost i performanse senzora među različitim proizvođačima i modelima. *Samsung Galaxy S22* predstavlja vrhunsku tehnologiju iz *Samsung*-ove serije, dok *Google Pixel 6* dolazi izravno od proizvođača *Android* operativnog sustava, što ga čini idealnim kandidatom za usporedbu.

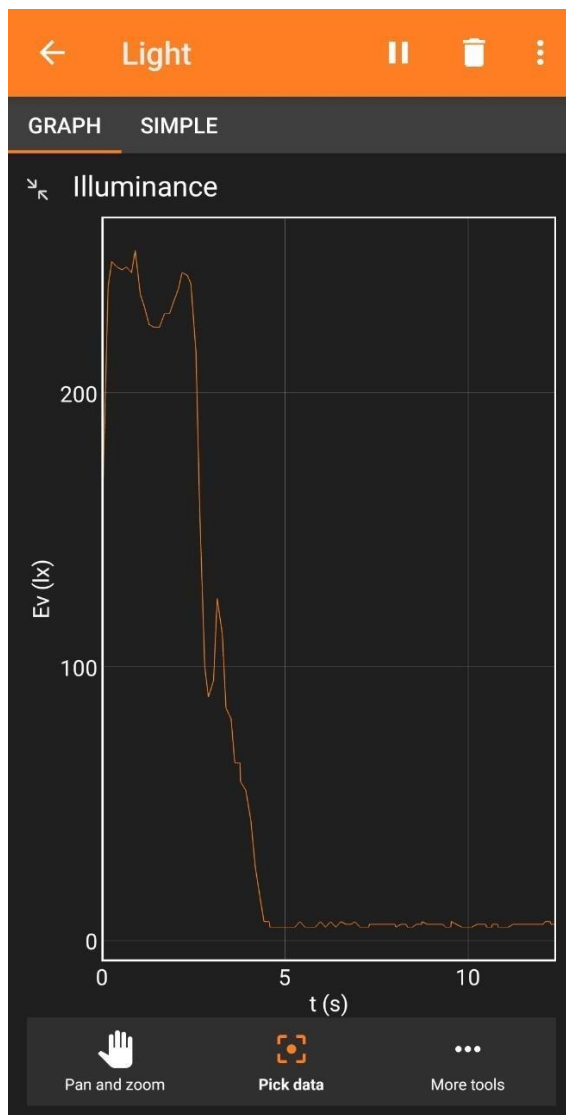
U ovom dijelu rada, fokus će biti na testiranju tri ključna senzora: senzora ambijentalnog svjetla, akcelerometra i magnetometra. Svaki od ovih senzora igra ključnu ulogu u svakodnevnom korištenju mobilnih uređaja, bilo da se radi o automatskoj prilagodbi osvjetljenja ekrana, detekciji orijentacije uređaja ili preciznom navigiranju pomoću magnetskog kompasa. Testiranja će se provoditi kako bi se utvrdilo kako ovi senzori funkcioniraju u različitim uvjetima i na različitim uređajima, te kako bi se procijenila njihova pouzdanost i točnost.

### 6.1. Senzor ambijentalnog svjetla

Senzor ambijentalnog svjetla mjeri intenzitet svjetla u okolini uređaja i koristi se za automatsko prilagođavanje svjetline zaslona. Ova funkcija ne samo da poboljšava korisničko iskustvo u različitim svjetlosnim uvjetima, već i značajno smanjuje potrošnju energije, produžujući vijek trajanja baterije. Korištenje *Phyphox* aplikacije omogućuje detaljno testiranje senzora

ambijentalnog svjetla, gdje se promjene u osvjetljenju okoliša odmah odražavaju na grafičkom prikazu, omogućujući procjenu točnosti i osjetljivosti senzora.

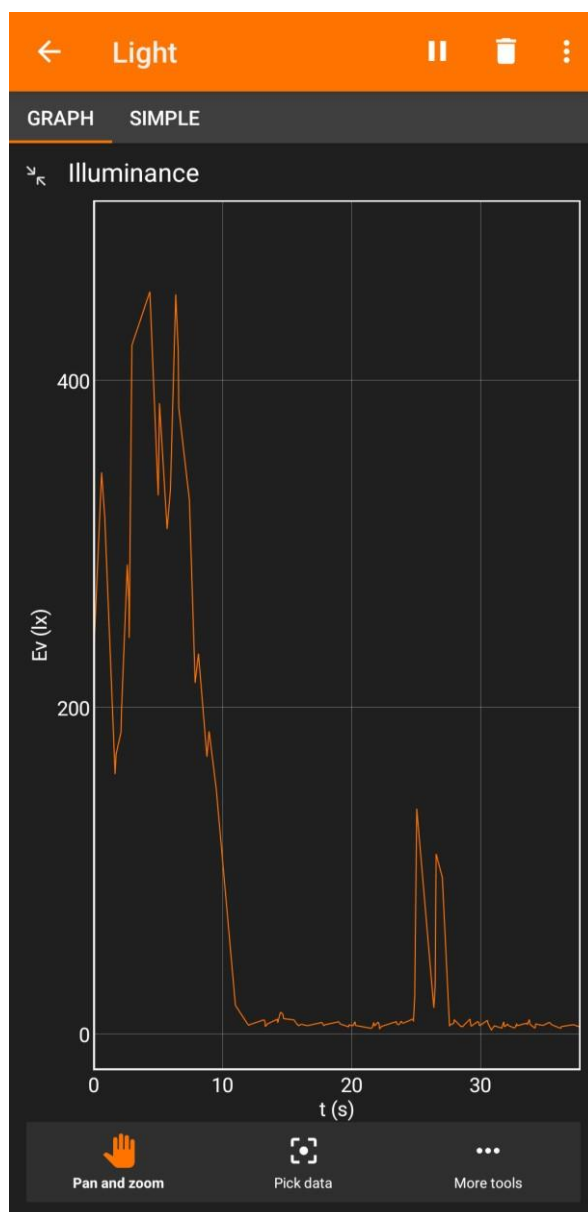
Odrađena su dva eksperimenta na dva različita android uređaja za senzor svjetla. U prvom eksperimentu, radilo se mjerenje u zamračenoj prostoriji (bez utjecaja vanjskog svjetla), na oba uređaja se može primijetiti kako je lux (lx) vrijednost blizu nule kad je se uklonio izvor svjetlosti.



Sl. 6.1. Rezultat eksperimenta bez svjetla na *Samsung Galaxy S22*

Na slici 6.1. može se vidjeti rezultat prvog eksperimenta provedenog na uređaju *Samsung Galaxy S22*. Mobilni uređaj potvrđuje da lux vrijednost se bliži nuli kako je svjetlost sve manja.

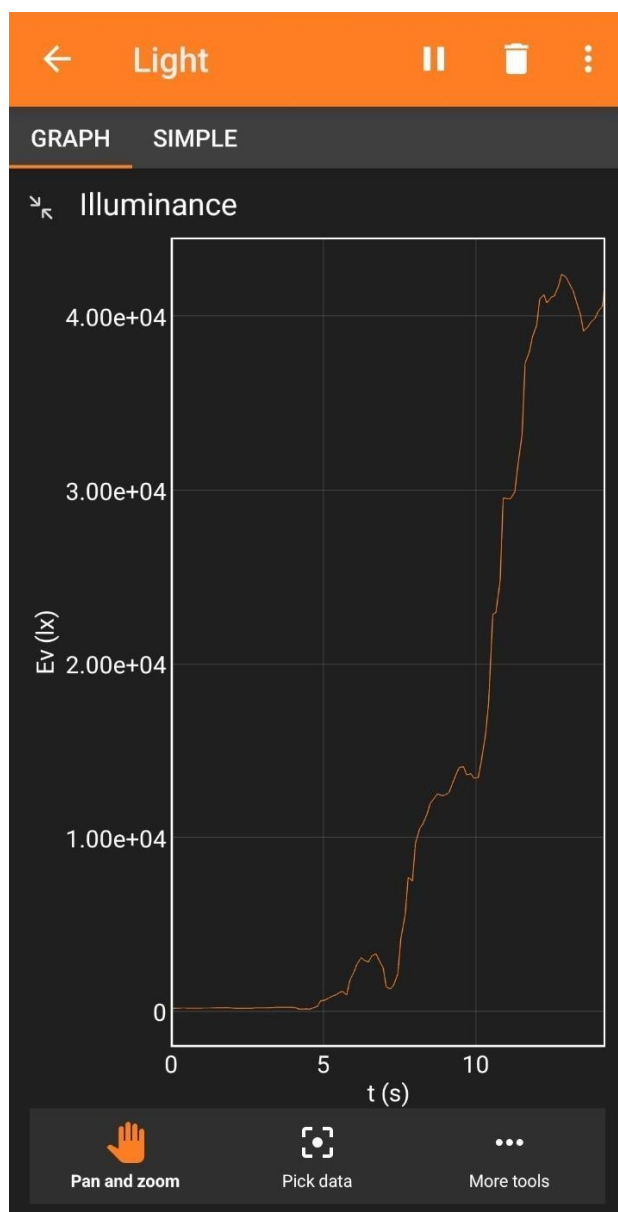




Sl. 6.2. Rezultat eksperimenta bez svjetla na *Google Pixel 6*

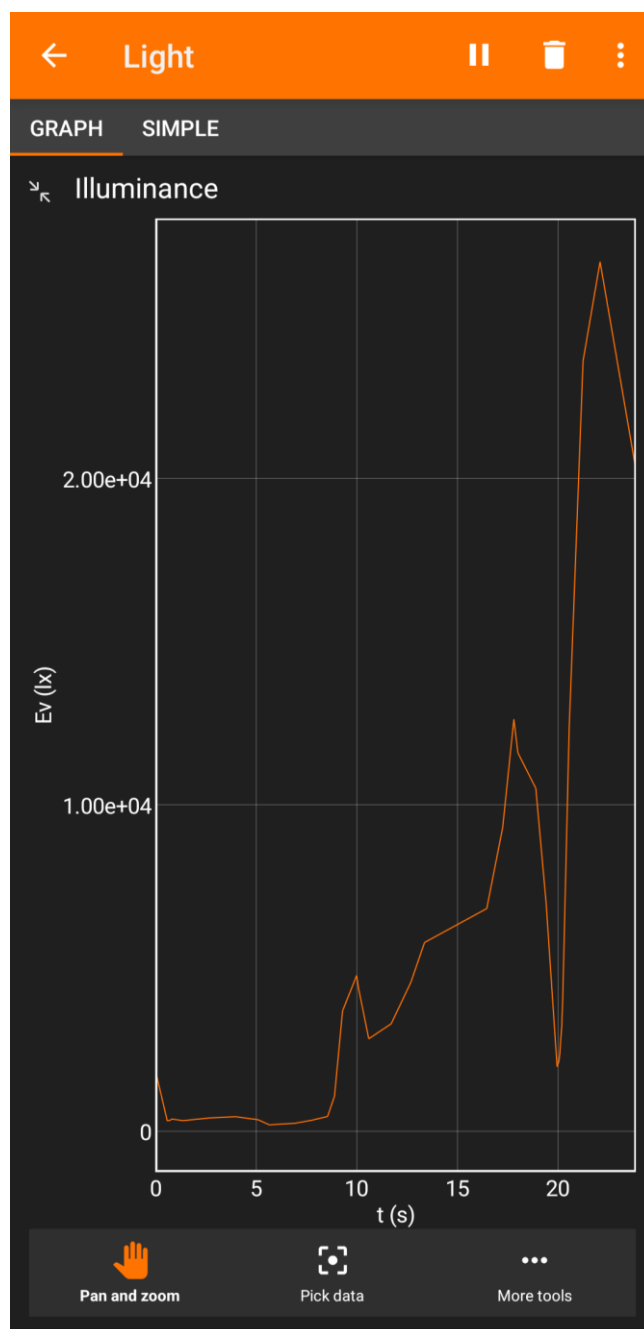
Na slici 6.2. može se vidjeti rezultat prvog eksperimenta provedenog na uređaju *Google Pixel 6*. Mobilni uređaj potvrđuje da lux vrijednost se bliži nuli kako je svjetlost sve manja.

U drugom eksperimentu, radilo se mjerenje uz prisustvo velike količine koncentrirane svjetlosti, na oba uređaja se može primijetiti kako je lux (lx) vrijednost naglo skočila prilikom pojavljivanja svjetlosti nad senzorom.



Sl. 6.3. Rezultat eksperimenta sa svjetlom na *Samsung Galaxy S22*

Na slici 6.3. može se vidjeti rezultat drugog eksperimenta provedenog na uređaju *Samsung Galaxy S22*. Mobilni uređaj potvrđuje da lux vrijednost naglo skočila nakon što se pojavila velika količina svjetlosti iznad senzora.



Sl. 6.4. Rezultat eksperimenta sa svjetlom na *Google Pixel 6*

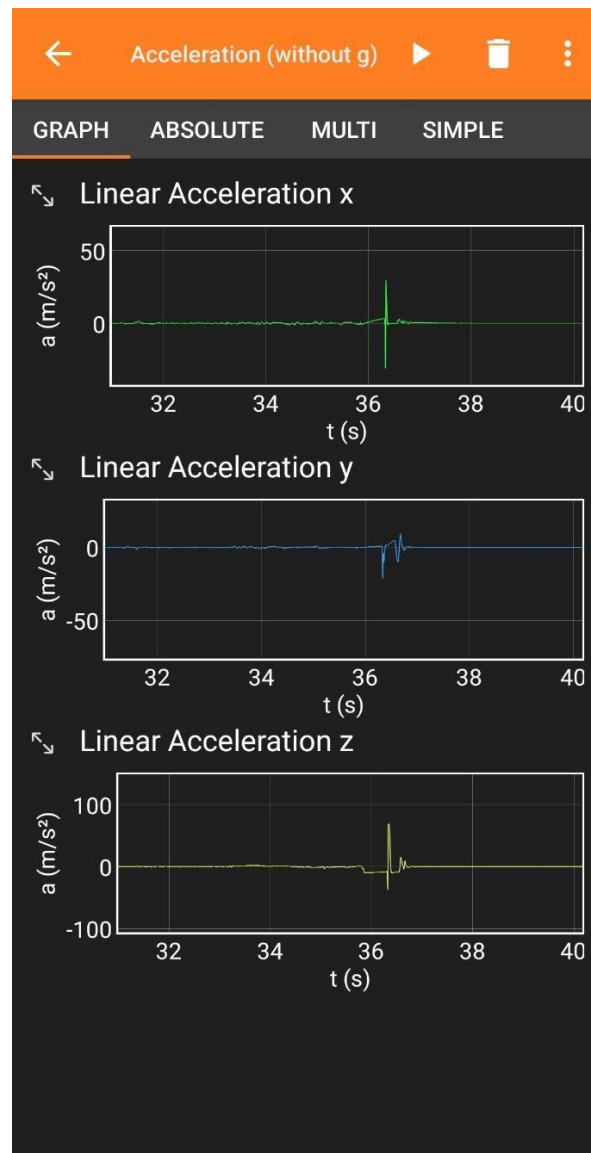
Na slici 6.4. može se vidjeti rezultat drugog eksperimenta provedenog na uređaju *Google Pixel 6*. Mobilni uređaj potvrđuje da lux vrijednost naglo skočila nakon što se pojavila velika količina svjetlosti iznad senzora.

## 6.2. Akcelerometar

Akcelerometar je senzor koji mjeri ubrzanje uređaja duž tri osi (x, y, z). Ovaj senzor je ključan za praćenje kretanja uređaja, prepoznavanje orijentacije i detekciju nagiba. U svakodnevnom korištenju, akcelerometar omogućuje automatsko prebacivanje između portretnog i pejzažnog

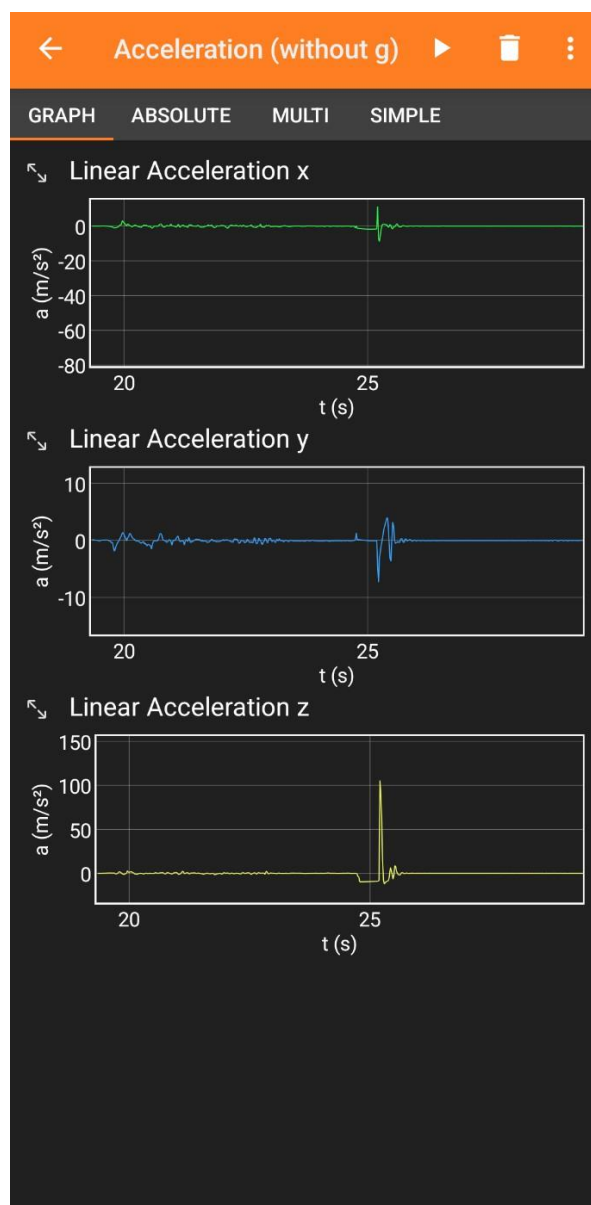
načina rada zaslona, kao i praćenje fizičkih aktivnosti korisnika. *Phyphox* aplikacija omogućuje testiranje akcelerometra prikazom podataka u stvarnom vremenu, gdje se svaka promjena orijentacije uređaja odražava na odgovarajućem grafu.

Eksperiment s akcelerometrom proveden je na dva različita *Android* uređaja. U eksperimentu se mjerilo ubrzanje po Z osi tako što je mobilni uređaj postavljen na visinu od jednog metra, a zatim ispušten kako bi se omogućilo slobodno padanje.



Sl. 6.5. Rezultat mjerenja slobodnog pada na *Samsung Galaxy S22*

Na slici 6.5. prikazan je rezultat trećeg eksperimenta provedenog na uređaju *Samsung Galaxy S22*. Mobilni uređaj potvrđuje da se ubrzanje po Z osi povećalo tijekom slobodnog pada.



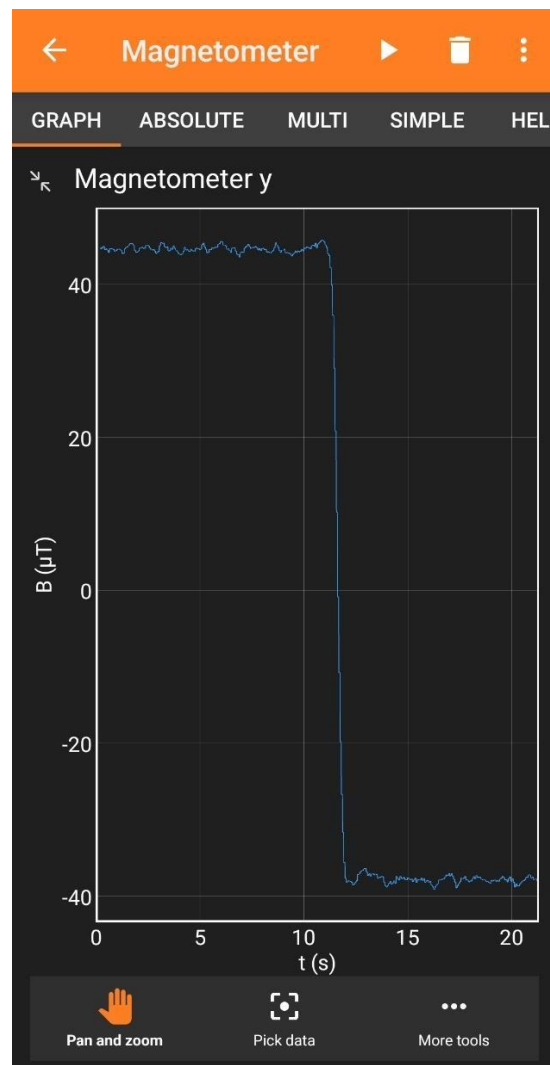
Sl. 6.6. Rezultat mjerenja slobodnog pada na *Google Pixel 6*

Na slici 6.6. može se vidjeti rezultat eksperimenta za akcelerometar provedenog na uređaju *Google Pixel 6*. Mobilni uređaj potvrđuje da se ubrzanje po Z osi povećalo tijekom slobodnog pada.

### 6.3. Magnetometar

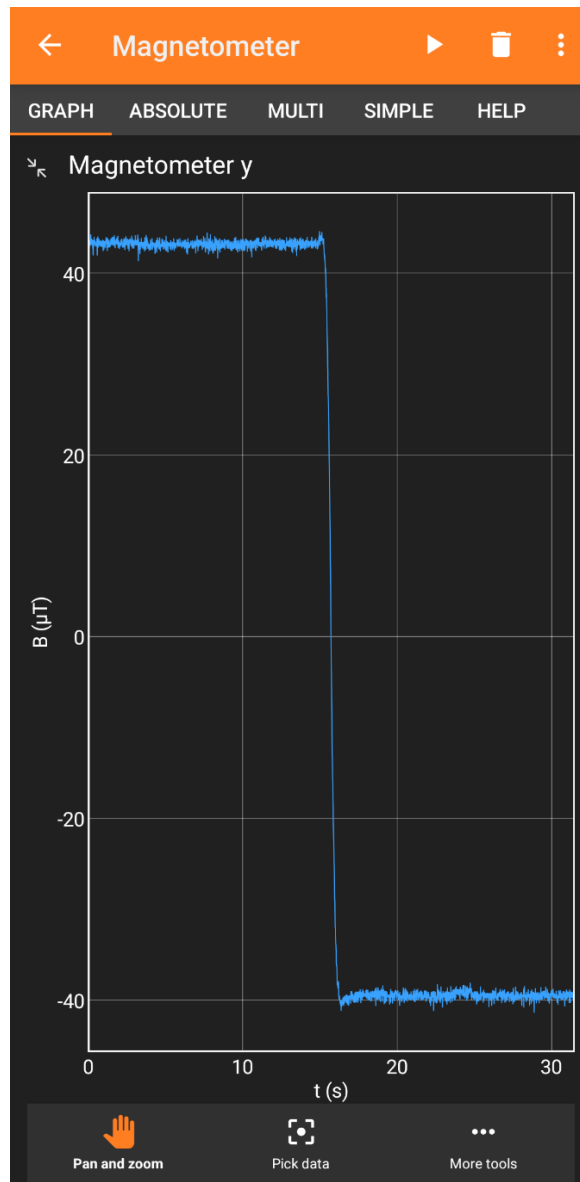
Magnetometar, često nazivan digitalnim kompasom, mjeri magnetsko polje oko uređaja, što omogućuje precizno određivanje smjera sjevera. Ovaj senzor je ključan za navigacijske aplikacije, koje se oslanjaju na točne podatke o orijentaciji uređaja. Kroz *Phyphox* aplikaciju, magnetometar se može testirati u različitim uvjetima kako bi se utvrdilo kako precizno detektira smjerove i koliko je otporan na smetnje uzrokovane blizinom metalnih objekata ili drugih magnetskih izvora.

Eksperiment za senzor magnetometra proveden je na dva različita *Android* uređaja. U eksperimentu je prikazano kako senzor magnetometra dosljedno raspoznaje strane svijeta. Eksperiment je izveden tako da je mobilni uređaj prvo bio okrenut prema sjeveru, a zatim prema jugu.



Sl. 6.7. Rezultat mjerenja promjene strane svijeta na *Samsung Galaxy S22*

Na slici 6.7. prikazan je rezultat eksperimenta s magnetometrom provedenog na uređaju *Samsung Galaxy S22*. Mobilni uređaj prvo je bio postavljen prema sjeveru, a zatim okrenut prema jugu, što je vidljivo na grafu.



Sl. 6.8. Rezultat mjerenja promjene strane svijeta na *Google Pixel 6*

Na slici 6.8. prikazan je rezultat eksperimenta s magnetometrom provedenog na uređaju *Google Pixel 6*. Mobilni uređaj prvo je bio postavljen prema sjeveru, a zatim okrenut prema jugu, što je vidljivo na grafu.

## 7. ZAKLJUČAK

Završni rad bavio se istraživanjem uloge i značaja senzora u modernim mobilnim uređajima, s naglaskom na njihove primjene u svakodnevnom životu i poslovnim okruženjima. Osim teorijskog pregleda različitih senzora, rad je uključivao praktično testiranje triju senzora: akcelerometra, magnetometra i senzora ambijentalnog svjetla na dva različita *Android* uređaja, *Samsung Galaxy S22* i *Google Pixel 6*. Testiranje je provedeno uz pomoć aplikacije *Phyphox*, koja je omogućila preciznu analizu funkcionalnosti senzora u stvarnim uvjetima. Kroz eksperimentalni dio rada, ispitana je točnost mjerenja i reakcija senzora na različite uvjete, uključujući slobodan pad za akcelerometar, prepoznavanje smjerova svijeta za magnetometar te prilagodbu svjetline ovisno o intenzitetu svjetla za senzor ambijentalnog svjetla. Rezultati su potvrdili visoku razinu preciznosti ovih senzora, što je ključni aspekt za funkcionalnost mobilnih uređaja i aplikacija koje ih koriste.

U okviru rada analizirana je i primjena senzora u poslovnim okruženjima, posebno u pogledu sigurnosti i automatizacije. Korištenjem primjera kao što su biometrijski senzori i senzori okoliša, prikazana je njihova uloga u optimizaciji radnih uvjeta i osiguranju zaštite podataka. Provedeni eksperimenti i analiza pokazali su kako senzori nisu samo tehnički elementi unutar mobilnih uređaja, već imaju ključnu ulogu u pružanju naprednih funkcionalnosti. Iako su testiranja obuhvatila samo nekoliko senzora, dobiveni rezultati pružili su uvid u njihov značaj i mogućnosti daljnjeg razvoja u budućnosti.

Zaključno, rad je pružio detaljan pregled rada i primjene senzora u mobilnim uređajima, uz praktičnu potvrdu njihove učinkovitosti. Time je naglašena njihova važnost u svakodnevnom životu i poslovnim procesima, kao i potencijal za inovacije koje će oblikovati budućnost mobilne tehnologije.



## LITERATURA

- [1] „FLAUNT DIGITAL, The evolution of mobile phones: 1973 to 2019“, Marshalls Mill, Holbeck, Leeds LS11 9YJ, dostupno na: <https://flauntdigital.com/blog/evolution-mobile-phones/> [14.8.2024]
- [2] Khokhlov, Igor & Reznik, L. & Ajmera, Sahil. (2020). Sensors in Mobile Devices Knowledge Base. IEEE Sensors Letters. PP. 1-1. 10.1109/LESENS.2020.2975161., dostupno na: [https://www.researchgate.net/publication/339396270\\_Sensors\\_in\\_Mobile\\_Devices\\_Knowledge\\_Base](https://www.researchgate.net/publication/339396270_Sensors_in_Mobile_Devices_Knowledge_Base) [14.8.2024.]
- [3] Chunmei Pei, Huiling Guo, Xiuqing Yang, Yangqiu Wang, Xiaojing Zhang, et al.. Sensors in Smart Phone. 4th Conference on Computer and Computing Technologies in Agriculture (CCTA), Oct 2010, Nanchang, China. pp.491-495, ff10.1007/978-3-642-18336-2\_59ff. fihal-01562745f. ,dostupno na: <https://inria.hal.science/hal-01562745/document> [15.08.2024.]
- [4] Liu, Bo, and A. Bulent Koc. "Mobile Phone Sensing in Scientific Research." *Encyclopedia of Mobile Phone Behavior*, edited by Zheng Yan, IGI Global, 2015, pp. 410-423. <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-8239-9.ch035> [14.8.2024.]
- [5] JST, Thomas, iPhone 14 Pro's New Ambient Light Sensor – Inside the Package, Tech Insights, January 25, 2023, dostupno na : <https://www.techinsights.com/blog/iphone-14-pros-new-ambient-light-sensor-inside-package> [15.08.2024.]
- [6] RT, Ravi, Infrared Sensor (IR sensor) – Working, Diagram & Examples, ožujak 20, 2024, dostupno na: <https://www.electronicshub.org/ir-sensor/> [03.09.2024.]
- [7] GSMArena, Sensors – definition, dostupno na: <https://m.gsmarena.com/glossary.php3?term=sensors> [16.08.2024.]
- [8] Specifying an Accelerometer: Function and Applications, Engineering360 News Desk, Global Spec, Siječanj 28, 2015, dostupno na: <https://insights.globalspec.com/article/1263/specifying-an-accelerometer-function-and-applications> [16.08.2024.]
- [9] Chunmei Pei, Huiling Guo, Xiuqing Yang, Yangqiu Wang, Xiaojing Zhang, et al.. Sensors in Smart Phone. 4th Conference on Computer and Computing Technologies in Agriculture (CCTA), Oct 2010, Nanchang, China. pp.491-495, ff10.1007/978-3-642-18336-2\_59ff. fihal-01562745f , dostupno na: <https://inria.hal.science/hal-01562745/document> [16.08.2024.]

[10] MEMS Gyroscope basics | MEMS Gyroscope working operation, RF Wireless World, dostupno na: <https://www.rfwireless-world.com/Terminology/MEMS-Gyroscope.html> [03.09.2024.]

[11] RT, Triggs, How fingerprint scanners work: Optical, capacitive, and ultrasonic explained (Fingerprint scanners are everywhere, but how do they work?), Android Authority, ožujak 11, 2024, dostupno na: <https://www.androidauthority.com/how-fingerprint-scanners-work-670934/> [17.08.2024.]

[12] What is Correction Data?, Sparkfun, Siječanj 18, 2023, dostupno na: <https://www.sparkfun.com/news/7138> [03.09.2024.]

[13] GSMArena, Camera - definition, dostupno na: <https://m.gsmarena.com/glossary.php3?term=camera> [Zadnje pristupano 03.09.2024.]

## SAŽETAK

Ovaj završni rad bavi se istraživanjem senzora u modernim mobilnim uređajima i njihovom praktičnom primjenom. Rad prikazuje ključne senzore kao što su akcelerometar, magnetometar, senzor ambijentalnog svjetla i senzor blizine, te njihovu funkciju u svakodnevnim i poslovnim situacijama. Uz teorijsko objašnjenje principa rada senzora, provedena su praktična testiranja na dva Android uređaja (Samsung Galaxy S22 i Google Pixel 6) pomoću aplikacije Phyphox. Rezultati testiranja pokazali su kako senzori precizno mjere promjene u okolini, čime osiguravaju bolje korisničko iskustvo i veću sigurnost. Rad također ističe značaj senzora u poslovnim okruženjima, gdje doprinose efikasnosti i sigurnosti na radnom mjestu.

Ključne riječi: senzori, mobilni telefoni, akcelerometar, magnetometar, ambijentalno svjetlo, Phyphox

## **ABSTRACT**

### **Principle of operation and practical application of sensors in modern mobile phones**

This thesis explores the role of sensors in modern mobile devices and their practical applications. It presents key sensors such as the accelerometer, magnetometer, ambient light sensor, and proximity sensor, as well as their functions in everyday and business environments. Along with a theoretical explanation of how sensors work, practical tests were conducted on two Android devices (Samsung Galaxy S22 and Google Pixel 6) using the Phyphox application. The test results demonstrated that the sensors accurately detect environmental changes, enhancing user experience and safety. The thesis also highlights the importance of sensors in business environments, where they contribute to workplace efficiency and safety.

**Keywords:** sensors, mobile phones, accelerometer, magnetometer, ambient light, Phyphox