

ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET U SARAJEVU

PRINCIPI SISTEMSKOG INŽENJERINGA

Seminarski rad

Student:

Eldar Kurtić

Suad Krilašević

Indeks:

1150/16575

1151/16743

Maj, 2018

Sadržaj

1	Motivacija	2
2	Konceptualni dizajn	3
2.1	Identifikacija potreba	4
2.2	Analiza izvodljivosti	4
2.2.1	Mehanizma za pomjeranje vrha za printanje	5
2.2.2	Vrh za printanje	5
2.2.3	Tinta za printanje	5
2.3	Analiza zahtjeva za sistem	6
2.3.1	Operativni zahtjevi	6
2.4	Zahtjevi za održavanje i podršku	7
2.5	Dodatni zahtjevi	7
2.6	Tehničke mjere performanse	8
2.7	Funkcionalna analiza i alokacija	11
2.7.1	Funkcionalna analiza	11
2.7.2	Funkcionalna alokacija	14
2.8	FMECA analiza	17

1 Motivacija

U decembru 2017. godine, u Londonskom kafiću *Tea Terrace*, otvoren je prvi kafić u Evropi sa veoma neobičnim napitkom pod nazivom *selfieccino*. Naime, riječ je o potpuno novom pristupu pripreme kafe koji je oduševio mnoge pripadnike nove generacije. Ova neobična kreacija omogućava da se gostima posluži kafa sa njihovim vlastitim portretom. Ideja je veoma jednostavna, na pjenu šoljice kafe koju gost naruči printa se njegov portret. Primjer jednog *selfieccina* je prikazan na slici 1.



Slika 1: *Selfieccino* kafa

Gosti putem aplikacije šalju svoju sliku ili neki tekst osoblju kafića koji onda za njih pripremaju ovaj neobični napitak. Procedura izrade napitka traje četiri minute, a cijena koju gosti trebaju platiti za ovo neobično piće je 5.75 funti. Iako je cijena *selfieccina* malo veća od prosječne cijene kafe, osoblje kafića je izjavilo da su prvi dan imali preko 400 gostiju koji su tu došli samo zbog ove inovacije.

Ideja za ovakav pristup pripremi kafe, prema riječima vlasnika kafića, je bila želja da se spoje dvije itekako popularne stvari u životu mladih - kafa i *selfie*. Slično grčkom mitu o Narcissusu, čovjeku koji je bio tako uznemiren kada je vidio svoj odraz u jezeru da se odmah zaljubio, *selfieccino* gostima omogućava da gledaju svoje lice dok ispijaju svoj omiljeni topli napitak [citirati <https://www.bustle.com/p/what-is-a-selfieccino-you-can-order-a-drink-with-your-face-on-it-at-this-london-cafe-7685582>]. Vlasnik kafića, Ehab Salem Shouly, je izjavio za Reuters: "Nije dovoljno samo pružiti sjajnu hranu i odličnu uslugu - to mora biti vrijedno Instagrama". Ova izjava je autore ovog rada motivisala da probaju istu ideju implementirati na svoj način i u svom gradu.

2 Konceptualni dizajn

Konceptualni dizajn predstavlja prvi korak u procesu dizajna i razvoja sistema. U ovoj fazi se vrši identifikacija potreba, definišu se zahtjevi za potencijalno rješenje, zatim se potencijalna rješenja ocjenjuju i na osnovu toga se razvija specifikacija sistema. Specifikacija sistema predstavlja tehničke zahtjeve koji u potpunosti utiču na daljnji tok dizajna sistema. Kako ovaj dokument određuje cjelokupni budući razvoj, navedena faza ne može biti završena sve dok se ne utvrdi da specifikacije sistema adekvatno adresiraju identifikovane potrebe.

Ključni koraci u procesu konceptualnog dizajna su:

- identifikacija potreba,
- analiza izvodljivosti,
- analiza zahtjeva za sistem,
- specifikacija sistema,
- pregled idejnog rješenja.

Neka od pitanja koja mogu biti korisna u fazi konceptualnog dizajna su:

- Koliko truda treba uložiti u idejno rješenje?
- Koji koncept treba da bude osnova dizajna?
- Koju tehnologiju za dati podsistem treba odabrati?
- Koji postojeći hardver i softver treba koristiti?
- Da li je predviđeni koncept tehnički izvodi na osnovu troškova, rasporeda i performanse?
- Da li su potrebna dodatna istraživanja prije nego se donese konačna odluka?

Za potrebe izrade seminarskog rada odabran je printer *selfieccina*. U narednim poglavljima će biti opisane detaljne faze u okviru konceptualnog dizajna za predloženi sistem.

2.1 Identifikacija potreba

Prema definiciji Oxfordovog rječnika engleskog jezika, selfie je fotografija gdje mi uslikamo samog sebe, najčešće koristeći pametni telefon ili web kameru kako bi podijelili tu fotografiju na društvenim medijima. Mada je sada rano praviti prognoze, selfie će ostaviti veliki trag na kulturu ljudi 21. vijeka i bit će zapamćen kao kulturološki fenomen našeg doba.

Velikoj većini omladine, selfiji su postali svakodnevnica, te mnogo branše industrije to gledaju da iskoriste. Npr. postojanje prednje kamere na pametnim telefonima i njen kvalitet je direktno uslovljeno kulturom selfija, tj. selfiji su imali ogroman uticaj na razvoj današnjih pametnih telefona. Također mnoge kompanije gledaju da iskoriste selfije u svojim reklamnim kampanjama kako bi svoje proizvode približili omladini.

Jedan od uređaja koji želi da iskoristi popularnost selfija jeste "Selfie Coffee Printer" koji trenutno proizvodi kompanije Cino iz Kine. Uređaj može da isprinta bilo koju fotografiju na površinu kafe (pa time i selfije). Na taj način nastaje takozvani "Selfieccino".

Prateći novinske članke, što se tiče Europe, jedino je kafić u Londonu kupio tu mašinu, te prema tvrdnjama vlasnika prvi dan je kafić posjetilo 400 mušterija samo kako bi probali selfieccino i podijelili svoje selfie sa selficcinom na društvenim mrežama. Očigledno, jedna takva mašina, osim što daje besplatnu promociju kafiću, povećava mu i profit, barem u prvom periodu dok je taj proizvod još svjež.

Tu mi vidimo priliku za mogući profit. Smatramo da bi bilo moguće napraviti "Selfie Coffee Printer" (u nastavku SCP) jeftiniji od trenutnog na tržištu, te ga uspješno prodati kafićima u našem regionu.

2.2 Analiza izvodljivosti

SCP se sastoji iz dva dijela:

1. Mehanizma za pomjeranje vrha za printanje
2. Vrh za printanje
3. Tinta za printanje

2.2.1 Mehanizma za pomjeranje vrha za printanje

Zadatak mehanizma jeste da pozicionira vrh za printanje na potrebnu poziciju kod površine kafe. Mehanizam mora biti dovoljno precizan da može isprintati svaki piksel slike na kafi za zadatu rezoluciju. Jedino rješenje koje se nameće jeste pravljenje mehanizma na isti način kao što 3D printeri imaju mehanizam za printanje, tj. korištenje 3 steper motora za svaku dimenziju prostora. Mada treća dimenzija možda izgleda suvišno, dodavanjem treće dimenzije moguće bi bilo printati za razne profile čaša za kafu.

2.2.2 Vrh za printanje

Kod vrha za printanje postoji nekoliko mogućih alternativa:

- šprice,
- inkjet tehnologija,
- airbrush.

Prva alternativa jeste korištenje šprica sličnih kao što se koriste u medicini za ispuštanje boje na površinu kafe. Intuicijom, a i testiranjem te metode je pokazano da su početne kapljice prevelike da budu korisne u printanju.

Druga alternativa jeste korištenje postojećih inkjet tehnologija uz jestivu tintu za printanje po površini kafe. Međutim, programiranje inkjet tonera kada da ispuštaju tintu ili rastavljanje postojećih printera kako bi se koristila njihova tehnologija ne predstavlja dobru opciju zbog velikih troškova kupovine printera i velike ovisnosti od softvera proizvođača printera.

Zadnja alternativa izgleda najisplativija, tj. korištenje airbrush tehnologije za ispuštanje malih količina tinte.

2.2.3 Tinta za printanje

Glavni uslov za tintu jeste da mora biti jestiva. Pošto će se koristiti airbrush tehnologija, potencijalno se može koristiti i suha tinta, tj. recimo sitno samljevena zrna kafe. Na taj način korisnici ne bi morali kupovati dodatnu tintu nakon kupovine proizvoda što je veliki plus za ukupni proizvod. Odluka o tome koja vrsta tinte će se koristiti će biti donesena u sljedećim fazama razvoja proizvoda, kada se analiziraju obje vrste tinte.

2.3 Analiza zahtjeva za sistem

2.3.1 Operativni zahtjevi

Gdje će se sistem koristiti?

Sistem će se koristiti u ugostiteljskim objektima.

Šta sistem treba da ostvari i koje funkcije da primjeni kako bi zadovoljio potrebe?

Kako bi ostvario već ranije definisane potrebe, sistem treba biti jeftiniji od već postojećih sistema.

Koji su to kritični sistemski parametri potrebni za ostvarenje misije?

Kritični parametri koji definišu SCP su:

- Vrijeme printanja
- Rezolucija
- Preciznost

U kojoj mjeri će sistem biti korišten?

Kako bi se sistem koristio u kafićima treba biti sposoban da radi svih 7 dana u sedmici, sa prosječnim brojem od 100 isprintanih kafa po danu.

Koliko efikasan sistem mora biti?

Najbitniji parametri vezani za efikasnost su srednje vrijeme između kvarova (MTBF), srednje vrijeme perioda dok je sistem izvan funkcije (MDT) i srednje vrijeme između održavanja (MTBM). U nastavku će ovi parametri biti bolje definisani.

Koliko dugo će korisnik koristiti sistem?

Kako bi sistem bio primamljiv za kupovinu, potrebno je da se može koristiti barem godinu dana (tj. da garancija traje godinu dana).

Koji su zahtjevi na okolinu u kojoj će sistem operisati?

Pošto će se ovaj sistem koristiti u ugostiteljskim objektima gdje se temperatura održava u ugodnom opsegu od 15°C do 25°C, to je također i temperaturni opseg u kojem treba da funkcioniše i sistem.

2.4 Zahtjevi za održavanje i podršku

Gdje će se raditi, na koji način i ko će biti odgovaran za održavanje i popravka sistema?

Sistem će se popravljati i održavati na mjestu gdje se i koristi, te će popratna dokumentacija kao i jednostavnost sistema omogućiti to da sami korisnik može raditi popravku sistema.

Kakve usluge popravke i podrške će pružati proizvođač?

U slučaju većih kvarova, zbog modularnosti sistema, proizvođač će poslati zamjenske module kako bi se popravio kvar.

2.5 Dodatni zahtjevi

Pored prethodno pomenutih zahtijeva u ovom poglavlju će biti opisani dodatni zahtjevi koji će biti smjernice prilikom dizajna sistema printera *selfieccina*. Koliko god obraćali pažnju na performanse sistema, implementaciju efikasnih algoritama za pretvaranje slike u koordinate za printanje kontura lica, optimizaciju kretanja vrha printera potrebno je obratiti pažnju na zahtjeve koji su veoma bitni krajnjim korisnicima proizvoda, tj. onima koji ne znaju i koje ne zanima šta se to dešava unutar printera i mikrokontrolera koji njime upravlja već ono što je vidljivo ljudskom oku i što čini kupce zadovoljnim.

Neki od tih zahtijeva su:

- lijep i modernistički dizajn printera,
- brzina izrade napitka,
- preciznost u printanju slike,
- niska cijena.

Koliko god dobar algoritam bio u pozadini printera, ono što u konačnici predstavlja jedan od najbitnijih faktora za prodaju proizvoda je lijep i modernistički dizajn. Vlasnici kafića, koji su potencijalni kupci printera, moraju steći dojam da je printer adekvatan za prostoriju u kojoj ga planiraju koristiti. Printer treba imati takav dizajn da se uklapa u interijer svih objekata u kojima bi se trebao koristiti, jer i pored toga što je proces pripremanja ovog neobičnog napitka itekako zanimljiv bitan je vanjski izgled koji će dodatno uticati na faktor oduševljenja.

Vrijeme je novac, izreka je koja je motivacija za postizanje što veće brzine izrade napitka. Ovo je veoma bitan faktor ovog sistema, jer u današnjem veoma dinamičnom načinu života vlasnik kafića ne želi da korisnici moraju potrošiti puno vremena čekajući svoj *selfieccino* jer i pored svega to je ipak samo obična kafa.

Preciznost u printanju slike predstavlja jedan od najbitnijih zahtijeva u dizajnu ovog sistema. Ciljno tržište ovog sistema su korisnici koji će namjenski dolaziti u kafić sa *selfieccino* printerom i baš zbog toga treba se potruditi da dobiju ono zbog čega su i došli, kvalitetno isprintan *selfie* na pjenu njihovog toplog napitka.

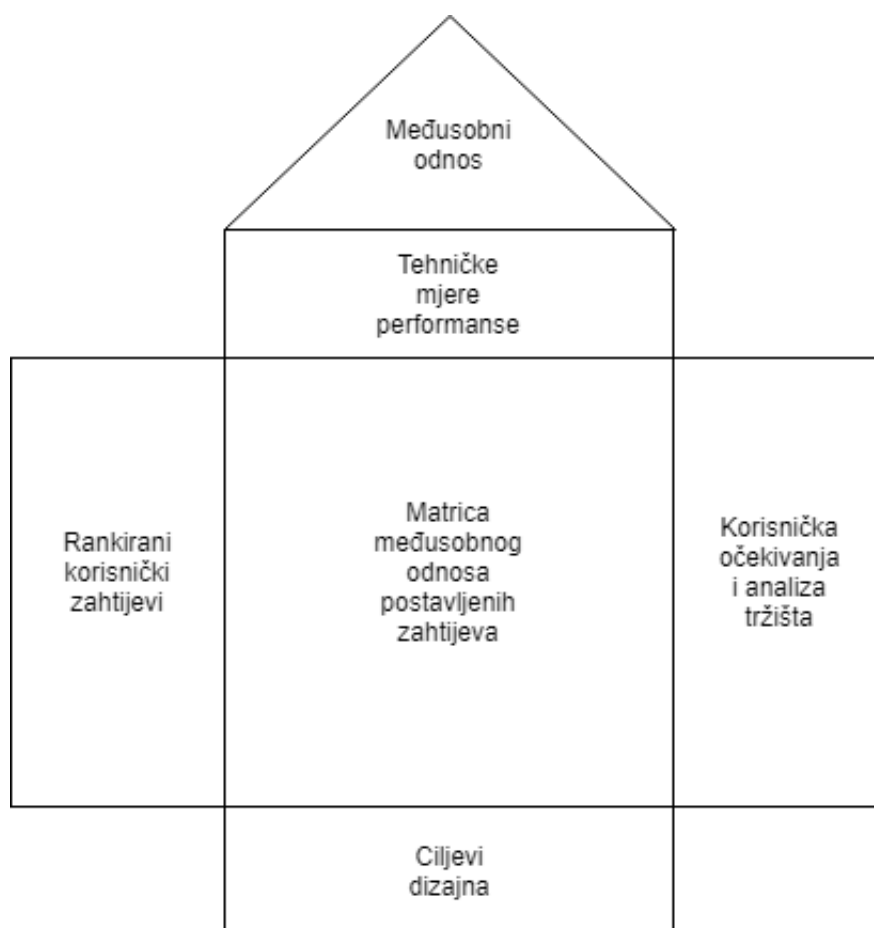
Cijena, kao i u svakom drugom segmentu poslovnog života, predstavlja jedan od bitnih faktora u dizajnu sistema. Niska cijena printera ali i samog procesa izrade *selfieccina* je faktor koji će znatno olakšati proces komercijalizacije sistema, te zbog toga će ovaj zahtijev biti jedna od glavnih vodilja prilikom procesa dizajna i izrade printera.

2.6 Tehničke mjere performanse

Prilikom dizajna proizvoda, veoma bitan korak predstavlja i odgovarajuća metrika koja opisuje sistem koji se dizajnira. Ovu metriku možemo zamisliti kao kvantitativni faktor koji dodjeljuje odgovarajuću ocjenu određenom dizajnu sistema, te se na osnovu njega mogu porediti različiti dizajni. Prethodno pomenute metrike se još nazivaju i *tehničke mjere performanse* (**eng** Technical performance measures (TPMs)). Njihova primjena vodi do identifikacije parametara neophodnih za dizajn sistema i realizaciju željenih funkcionalnosti. Kako bi se prilikom dizajna sistema vodili ovim metrikama, potrebno ih je definisati na početku samog procesa.

Veoma bitan faktor prilikom dizajna metrike koja će dati ocjenu za dizajnirani sistem je određivanje težinskih koeficijenata za pojedinačne zahtjeve. To će omogućiti lakšu komunikaciju između krajnjeg korisnika i onoga ko dizajnira dati sistem. Veoma popularna tehnika koja omogućava uvažavanje korisničkih zahtjeva pri dizajnu sistema je QFD (**eng** Quality Function Deployment) tehnika. Ideja QFD tehnike je identificirati neophodne zahtjeve i prevesti ih u tehnička rješenja. Korisničkim zahtijevima se dodijeljuju težinski faktori na osnovu stepena prioriteta svakog od njih. QFD metoda omogućava dizajneru da bolje razumije korisničke zahtjeve, ali isto tako forsira korisnika da klasificira svoje zahtjeve prema njihovoj važnosti. Klasifikacija zahtijeva prema njihovoj važnosti omogućava dizajneru i korisniku da poredi različite dizajne sistema. Svaki od korisničkih zahtijeva se mora realizirati određenim tehničkim rješenjem.

QFD proces podrazumijeva formiranje jedne ili više matrica koje povezuju različite potrebe i zahtijeve koje je potrebno uvažiti prilikom dizajna. Jedna od prethodno pomenutih matrica je i *House of Quality* (HOQ) matrica, koja je prikazana na slici 2.



Slika 2: *House of quality*

Kako bi se konstruisala uspješna *House of Quality*, koja bi olakšala proceduru dizajna sistema veoma je bitno dobro definisati zahtijeve i njihove prioritete u početnoj fazi. Na ovaj način se dobija i veoma dobar pregled svih zahtijeva i njihovih tehničkih rješenja. Tehničke mjere performanse predstavljaju jedan od najbitnijih faktora. One predstavljaju odgovarajuću metriku koja ocjenjuje stepen važnosti pojedinačnih zahtijeva i na taj način predstavlja vodič za dizajnera sistema. Izgled House of Quality-a, kao rankirane tehničke mjere performanse za sistem *Selfieccino* su prikazani na sljedećim tabelama.

Row Number	Column Number							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Volumen	Prosječno vrijeme printa	Srednje vrijeme između dva kvara	Srednje vrijeme popravke	Minimalan pomjeraj vrha za printanje	Cijena proizvodnje uređaja	Intenzitet zvuka	Potrošnja
1	Volumen							
2	Prosječno vrijeme printa							
3	Srednje vrijeme između dva kvara							
4	Srednje vrijeme popravke	-						
5	Minimalan pomjeraj vrha za printanje		-	+				
6	Cijena proizvodnje uređaja	-	-	-	-			
7	Intenzitet zvuka		-		-			
8	Potrošnja		-		-	-	+	

Tablica 1: Tabela tehničke korelacije

Row Number	Demanded Quality (a.k.a. "Customer Requirements" or "Whats")	Weight / Importance	Relative Weight	Competition (0-10)	
				Our Current Product	Competitor 1
1	Dizajn	9	18.00		4
2	Brzina printa	7	14.00		3
3	Pouzdanost	9	18.00		3
4	Preciznost	10	20.00		5
5	Mala cijena	6	12.00		3
6	Glasnoća	5	10.00		4
7	Energetska efikasnost	4	8.00		3

Tablica 2: Tabela zahtjeva korisnika

				Column Number	1	2	3	4	5	6	7	8
				Max Relationship Value in Column	9	9	9	3	9	9	9	9
				Requirement Weight	162	126	162	54	180	222	288	198
				Relative Weight	11.64	9.05	11.64	3.88	12.93	15.95	20.69	14.22
				Difficulty (0=Easy to Accomplish, 10=Extremely Difficult)	7	9	8	4	6	7	8	5
				Minimize (▼), Maximize (▲), or Target (x)	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
				Target or Limit Value	15 L	1 min	6 mj	1 h	0.1 mm	400 KM	50 dB	200 W
Row Number	Max Relationship Value in Row	Relative Weight	Demanded Quality (a.k.a. "Customer Requirements" or "Whats")	Quality Characteristics (a.k.a. "Functional Requirements" or "Hows")	Volumen	Prosječno vrijeme printa	Srednje vrijeme između dva kvara	Srednje vrijeme popravke	Minimalan pomjeraj vrha za printanje	Cijena proizvodnje uređaja	Intenzitet zvuka	Potrošnja
1	9	18.00	Dizajn		9					3	9	
2	9	14.00	Brzina printa			9						
3	9	18.00	Pouzdanost				9	3				
4	9	20.00	Preciznost						9	3		
5	9	12.00	Mala cijena							9	3	3
6	9	10.00	Glasnoća								9	9
7	9	8.00	Energetska efikasnost									9

Tablica 3: Tabela veze između korisničkih i tehničkih zahtjeva

Row Number	Quality Characteristics (a.k.a. "Functional Requirements" or "Hows")	Minimize (▼), Maximize (▲), or Target (x)	Target or Limit Value	Max Relationship Value	Requirement Weight	Relative Weight (Relative Importance)
1	Volumen	▼	15 L	9	162.00	11.64%
2	Prosječno vrijeme printa	▼	1 min	9	126.00	9.05%
3	Srednje vrijeme između dva kvara	▼	6 mj	9	162.00	11.64%
4	Srednje vrijeme popravke	▼	1 h	3	54.00	3.88%
5	Minimalan pomjeraj vrha za printanje	▼	0.1 mm	9	180.00	12.93%
6	Cijena proizvodnje uređaja	▼	400 KM	9	222.00	15.95%
7	Intenzitet zvuka	▼	50 dB	9	288.00	20.69%
8	Potrošnja	▼	200 W	9	198.00	14.22%

Tablica 4: Tabela ocjene dizajna tehničkih mjerila

	Volumen	Prosječno vrijeme printa	Srednje vrijeme između dva kvara	Srednje vrijeme popravke	Minimalan pomjeraj vrha za printanje	Cijena proizvodnje uređaja	Intenzitet zvuka	Potrošnja
Relativna težina	12.62%	9.81%	12.62%	4.21%	14.02%	17.29%	14.02%	15.42%
CINO selfie coffee printer QN1	37 L	20 sec	6 mj	2 h	0.5 mm	2000 KM	60 db	200 W
Rješenje 1	15 L	30 sec	6 mj	3 h	0.1 mm	700 KM	40 db	100 W
Rješenje 2	20 L	30 sec	6 mj	2 h	0.1 mm	600 KM	50 db	100 W
Rješenje 3	25 L	30 sec	6 mj	1 h	0.1 mm	400 KM	60 db	100 W

Tablica 5: Tabela ponuđenih tehničkih rješenja

2.7 Funkcionalna analiza i alokacija

2.7.1 Funkcionalna analiza

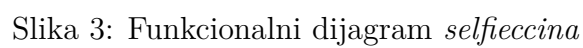
Funkcionalna analiza predstavlja proces prevođenja zahtijeva u kriterij za dizajn sistema uz identifikaciju specifičnih zahtijeva za potrebnim resursima. Analiza započinje sa korisničkim zahtijevima a završava sa identificiranim zahtijevima za hardver, softver i sve ostale neophodne resurse.

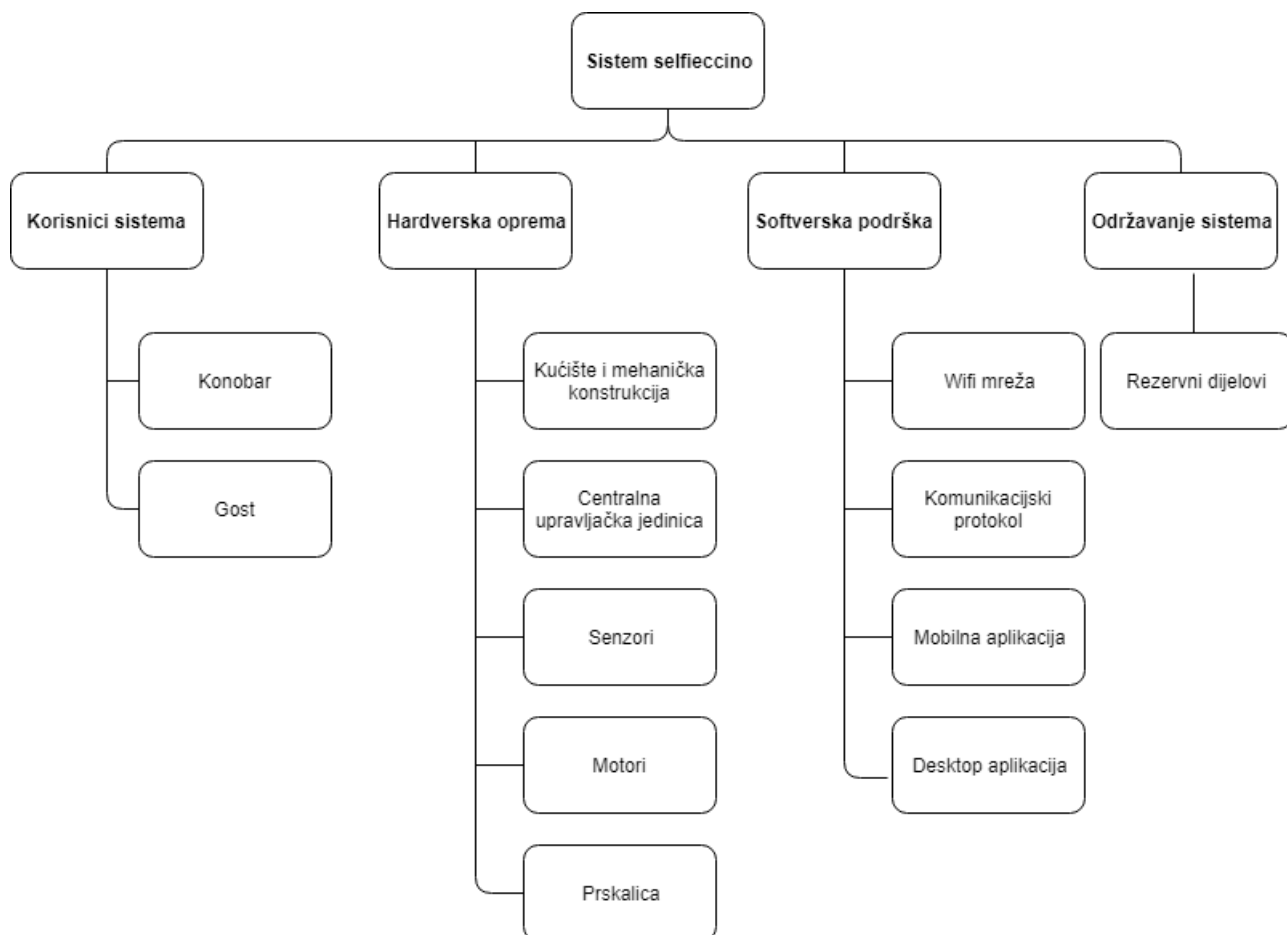
Funkcionalna analiza započinje definisanjem funkcionalnosti koje sistem treba da ispunjava. Ideja je da se tačno definiše **šta** se treba uraditi, a ne **kako** to treba uraditi. Nijedan dio opreme, hardvera, softvera, ljudstva i bilo kojeg drugog resursa ne bi trebao biti kupljen ili planiran sve dok se funkcionalna analiza sistema ne provede do kraja. Funkcionalna analiza je iterativna procedura tokom koje se veći zahtijevi razbijaju na manje. Ova dekompozicija se obavlja sve dok se ne dođe do najnižeg nivoa na kojem je moguće identificirati resurse potrebne za ispunjavanje date funkcionalnosti. Za ove potrebe se koriste funkcionalni dijagrami. Oni omogućavaju razbijanje funkcionalnosti sistema na manje dijelove i dobru vizuelnu reprezentaciju istih.

Funkcionalni dijagram sistema *Selfieccino* je prikazan na slici 3.

2.7.2 Funkcionalna alokacija

Nakon definisanja funkcionalnog dijagrama *selfieccina*, sljedeći korak je grupisanje malih funkcionalnosti u logičke blokove. Na ovaj način će se izvršiti identifikacija svih podsistema koje je potrebno implementirati u sklopu cijelog sistema. U ovom koraku se dekompozicija iz prethodnog poglavlja, koja se bavila pitanjem *šta* treba implementirati, prevodi u formu *kako* to treba implementirati. Ovakva dekompozicija sistema *selfieccina* je prikazana na slici 4.





Slika 4: Funkcionalna alokacija *selfieccino*

2.8 FMECA analiza

FMECA (**eng** Failure Mode, Effects and Criticality Analysis) predstavlja tehniku analize koja se koristi za istraživanje i identifikaciju potencijalnih slabosti sistema [CITIRATI J. Oakes, "Technical Performance Measures", Bae systems San Diego, 2004]. Primjena ove tehnike omogućava da se provede analiza koja će ispitati sve moguće kvarove sistema, uticaj tih kvarova na rad, sigurnost i performanse sistema.

Kako se sistem *selfieccina* može konceptualno razdvojiti na fizički i funkcionalni dio, FMECA analiza će biti provedena na oba dijela sistema. FMECA analiza se sastoji od 12 ključnih koraka (detaljno opisano u radu [CITIRATI J. Oakes, "Technical Performance Measures", Bae systems San Diego, 2004]). U sljedećim tabelama će biti detaljno provedena FMECA analiza fizičkog i funkcionalnog dijela sistema.

Fizička komponenta	Potencijalni kvar	Potencijalni uzrok kvara	Potencijalni uticaj kvara na proizvođača	Potencijalni uticaj kvara na korisnika
Kućište i mehanička konstrukcija	Fizička oštećenja	Udarci oštrim predmetima	Narušavanje estetike	Narušavanje estetike
Upravljačka jedinica	Kvar električnih komponenti	Prekid napajanja	Dodatni troškovi	Nezadovoljstvo pruženom uslugom
Senzor udaljenosti	Pogrešna očitavanja senzora	Loša kalibracija senzora	Loš kvalitet proizvoda	Nezadovoljstvo pruženom uslugom
Motori	Prestanak rada, pogrešna veličina koraka	Prestanak napajanja, loša kalibracija, loše generisana putanja kretanja	Loš kvalitet proizvoda	Nezadovoljstvo pruženom uslugom
Prskalica	Prestanak rada, greška u količini materije koja se izbacuje	Prestanak napajanja, fizičko oštećenje komponenti prskalice	Loš kvalitet proizvoda	Nezadovoljstvo pruženom uslugom

Tablica 6: FMECA analiza fizičkih komponenti (prvi dio tabele)

Na slici 5 je prikazan RPN za funkcionalne i fizičke komponente sistema.

Kako bi se smanjile vrijednosti RPN-a, moguće je uvesti neke dodatne preporuke koje su prikazane u sljedećoj tabeli.

Metod detekcije kvara	Ozbiljnost kvara	Učestalost kvara	Vjero- vatnoća otkrivanja kvara	Prioritet opasnosti RPN
Vizuelno	3	2	9	54
Mjerenje struje, napona i temperature i vizuelna analiza funkcionalnosti sistema	10	4	8	320
Mjerenje struje, napona i analiza povratnih informacija sa senzora	10	3	7	210
Vizuelno	9	3	10	270
Vizuelno	9	4	8	288

Tablica 7: FMECA analiza fizičkih komponenti (drugi dio tabele)

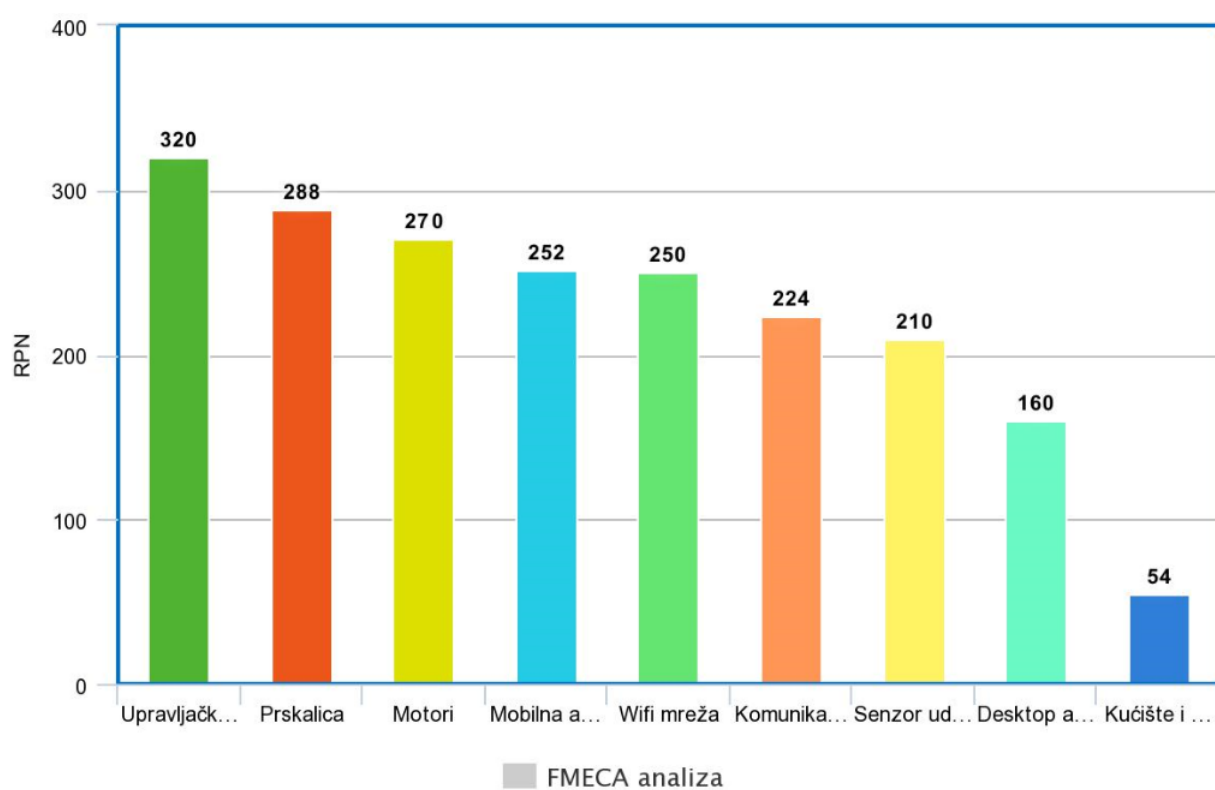
Na slici 6 je prikazana poboljšana verzija RPN-a za funkcionalne i fizičke komponente sistema.

Funkcionalna komponenta	Potencijalni kvar	Potencijalni uzrok kvara	Potencijalni uticaj kvara na proizvođača	Potencijalni uticaj kvara na korisnika
Wifi mreža	Nestanak konekcije	Greška na strani internet provajera, preopterećenje mreže	Kašnjenje u proizvodnji	Nezadovoljstvo pruženom uslugom
Komunikac. protokol	Zagušenje komunikacijskog kanala	Loša kontrola pristupa uređaju	Kašnjenje u proizvodnji	Nezadovoljstvo pruženom uslugom
Mobilna aplikacija	Prestanak rada aplikacije	Neotkrivene greške u implementaciji aplikacije	Loš kvalitet pružanja usluga	Nezadovoljstvo pruženom uslugom
Desktop aplikacija	Prestanak rada aplikacije	Neotkrivene greške u implementaciji aplikacije	Loš kvalitet pružanja usluga	Nezadovoljstvo pruženom uslugom

Tablica 8: FMECA analiza funkcionalnih komponenti (prvi dio tabele)

Metod detekcije kvara	Ozbiljnost kvara	Učestalost kvara	Vjero- vatnoća otkrivanja kvara	Prioritet opasnosti RPN
Gubitak konekcije uređaja	5	5	10	250
Pogrešan for- mat primlje- nih podataka	7	4	8	224
Prijava od strane koris- nika	7	4	9	252
Prijava od strane kono- bara	8	2	10	160

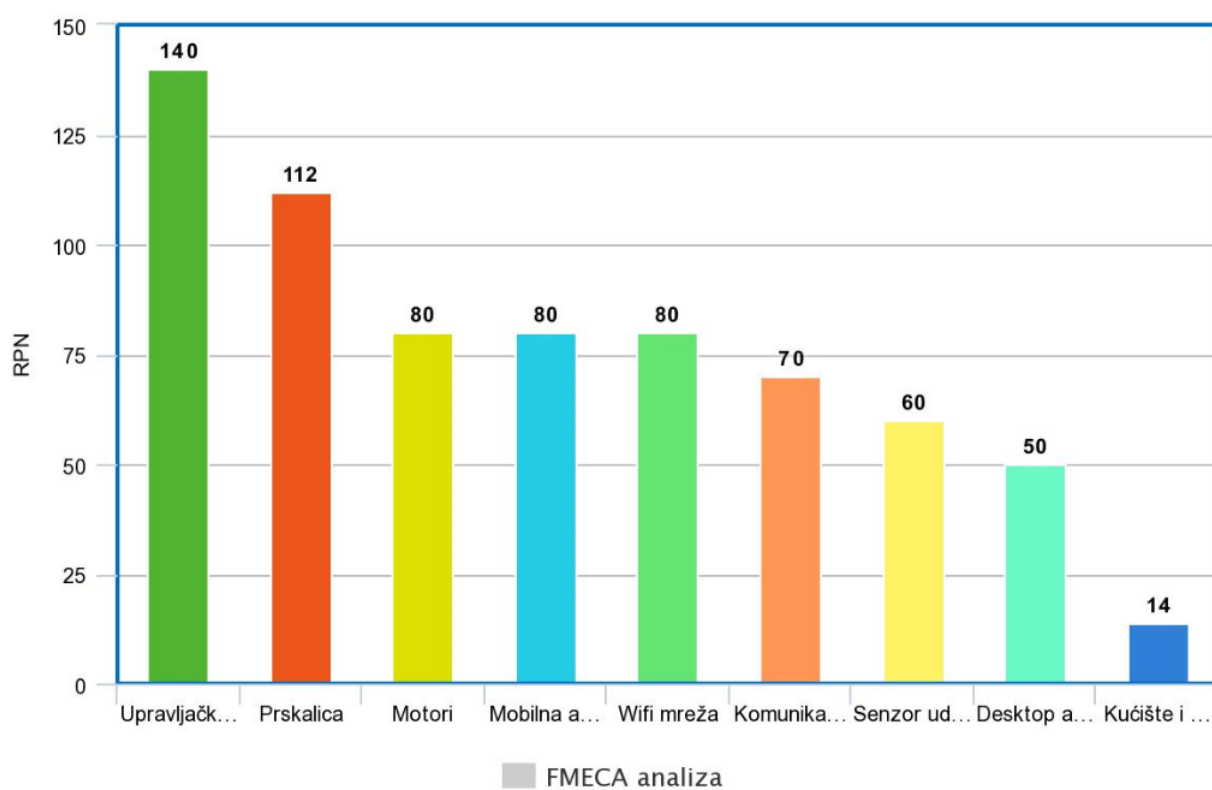
Tablica 9: FMECA analiza funkcionalnih komponenti (drugi dio tabele)



Slika 5: Grafički prikaz RPN-a

Komponenta	Preporuka za poboljšanje	Ozbiljnost kvara	Učestalost kvara	Vjerojatnoća otkrivanja kvara	Prioritet opasnosti RPN
Kućište i mehanička konstrukcija	Kvalitetniji materijal	2	1	7	14
Upravljačka jedinica	Bolji mikrokontroler	10	2	7	140
Senzor udaljenosti	Dodatni senzori udaljenosti, laserski senzori	10	1	6	60
Motori	Kvalitetniji motori sa zasebnim drajverima	8	2	5	80
Prskalica	Profesionalno izrađena prskalica	8	2	7	112
Wifi mreža	Skalabilna mreža i dobar internet provajder	5	2	8	80
Komunikac. protokol	Sigurniji i pouzdaniji implementirani protokol	5	2	7	70
Mobilna aplikacija	Profesionalni developeri za razvoj aplikacije	5	2	8	80
Desktop aplikacija	Profesionalni developeri za razvoj aplikacije	5	2	5	50

Tablica 10: Preporuke za poboljšanje RPN-a



Slika 6: Grafički prikaz RPN-a sa preporučenim akcijama za poboljšanje