

Analiza podataka dobivenih mapiranjem prostora za pohranu proizvoda

Srića, Mateo

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Engineering / Sveučilište u Rijeci, Tehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:190:048848>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-23**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Engineering](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI
TEHNIČKI FAKULTET
Sveučilišni diplomski studij računarstva

Diplomski rad

**Analiza podataka dobivenih mapiranjem
prostora za pohranu proizvoda**

Rijeka, rujan 2023.

Mateo Srića
0069085202

SVEUČILIŠTE U RIJECI
TEHNIČKI FAKULTET
Sveučilišni diplomski studij računarstva

Diplomski rad

**Analiza podataka dobivenih mapiranjem
prostora za pohranu proizvoda**

Mentor: prof.dr.sc. Zoran Čarija
Komentor: v. asist. dr. sc. Ivana Lučin

Rijeka, rujan 2023.

Mateo Srića
0069085202

Umjesto ove stranice umetnuti zadatak
za završni ili diplomski rad

Izjava o samostalnoj izradi rada

Izjavljujem da sam samostalno izradio ovaj rad.

Rijeka, rujan 2023.

Ime Prezime

Zahvala

Zahvaljujem asistentici dr.sc. Ivani Lučin i mentoru na podršci tijekom pisanja ovoga rada i korisnim raspravama i savjetima. Zahvaljujem prijateljima na podršci tijekom studiranja. Zahvaljujem direktoru i radnicima Alius grupe d.o.o. za pristup podacima i odličnu podršku i suradnju.

Posebnu zahvalu posvećujem svojoj obitelji i djevojci na njihovoj podršci.

Sadržaj

Popis slika	viii
Popis tablica	x
1 Uvod	1
2 Prostor za pohranu farmaceutskih proizvoda	3
2.1 Područje rada poduzeća Alius grupe	3
2.2 Definicija prostora za pohranu farmaceutskih proizvoda	5
2.3 Mapiranje prostora	8
2.3.1 Senzori	9
3 Tematika rada	15
3.1 Opis problema	15
3.2 Rad aplikacije	17
4 Metodologija	23
4.1 Korišteni alati	23
4.2 Analiza podataka	25
4.2.1 Deskriptivna analiza podataka	26
4.2.2 Srednja kintetička temperatura	27

Sadržaj

4.2.3	Interpolacija	27
4.2.4	Neparametrička gustoća vjerojatnosti	30
4.2.5	Izrada radijalnih baznih funkcija (RBF) interpolacijskog modela	31
5	Projektna aplikacija	33
5.1	Izrada zapisa	35
5.2	Izrada postavki programa	36
5.3	Učitavanje podataka o sensorima	37
5.4	Grupiranje podatka	38
5.5	Učitavanje mjerenih podataka	39
5.6	Izračuni deskriptivne analize	40
5.7	Spremanje podataka	41
5.7.1	Spremanje podataka deskriptivne analize	41
5.7.2	Spremanje grafova sirovih podataka	42
5.8	Izračun i spremanje interpolacijskih dvodimenzionalnih grafova	43
6	Rezultati	46
6.1	Poslovni zahtjevi i rezultati	46
6.2	Toplinske karte	51
7	Zaključak	58
	Bibliografija	60
	Sažetak	62

Popis slika

2.1	Pharma-box: Pametni aktivni spremnik za prijenos temperaturno osjetljivih lijekova s funkcijama grijanja, hlađenja, mjerenja, nadzora i ispisa temperature te alarmiranja korisnika u slučaju odstupanja temperature [1]	4
2.2	Skladište Jadran – galenski laboratorija [2]	6
2.3	Prikaz mapiranja prostora uz pomoć zapisivača podataka [3]	8
2.4	Senzori korišteni u radu tvrtke Alius grupa	14
3.1	Tlocrt farmaceutskog prostora "Skladište 3"	17
3.2	Prikaz hijerarhije datotečnog sustava	18
6.1	Zapis rada programa	47
6.2	Dijagram hijerarhije neobrađenih i nesortiranih (crveno) i obrađenih i sortiranih (zeleno) podataka jednog prostora	48
6.3	Graf neobrađenih mjerenja temperature	50
6.4	Graf neobrađenih mjerenja vlažnosti	50
6.5	Usporedba prosječnih vrijednosti temperature uz pomoć metoda navedeno ispod slika	52
6.6	Usporedba maksimalnih vrijednosti prostora	55
6.7	Usporedba minimalnih vrijednosti prostora	56

Popis slika

6.8	Usporedba prosječnih vrijednosti procjenom gustoće jezgre pomoću Gaussovih jezgri (lijevo) i kubičnom interpolacijom podataka na nepravilnoj mreži (desno) na visinama od 0.3 metara (prvi red), 1.0 metara (drugi red) i 2.0 metara (treći red)	57
-----	--	----

Popis tablica

3.1	Podaci o temperaturi i relativnoj vlažnosti	19
3.2	Podaci o sensorima	20
3.3	Podaci o poziciji senzora	21
3.4	Isječak tablice za lokacije senzora unutar prostora "Skladište 3" . . .	22
6.1	Rezultat statičke analize podataka	49

Poglavlje 1

Uvod

U današnjem sve kompleksnijem poslovnom okruženju, gdje podaci igraju ključnu ulogu u donošenju odluka, proces podatkovne analize postaje neizostavan. Ovaj proces obuhvaća sustavnu primjenu različitih statističkih i/ili logičkih metoda s ciljem dubljeg razumijevanja, interpretacije te ekstrakcije značajnih informacija iz sirovih podataka. Kroz opisivanje, vizualizaciju, sažimanje i procjenu podataka, analitičari stvaraju vrijedne uvide koji mogu biti ključni za optimizaciju poslovnih procesa, otkrivanje uzoraka i donošenje odluka.

Aplikacije i jezici kao što su Microsoft Excel, Python, R, MySQL i slični, omogućavaju korisnicima intuitivan pristup prikazu podataka te mogućnost analize i manipulacije istih. Ova raznovrsnost alata omogućuje analitičarima da odaberu onaj koji najbolje odgovara njihovim potrebama i stručnosti.

U sklopu farmaceutskih industrija, gdje preciznost i učinkovitost imaju ključnu važnost, procesi pohrane i praćenja proizvoda postaju izazovni. Upravo u ovom kontekstu, značaj diplomskog rada postaje evidentan. Cilj ovog rada je osmisliti i razviti sustav koji se specijalizira za sortiranje, analizu i vizualizaciju podataka dobivenih mapiranjem prostora za pohranu farmaceutskih proizvoda. Sustav bi trebao prevladati prethodne nedostatke i neefikasnosti te unaprijediti cjelokupni rad u industriji.

Iako su u recentnoj literaturi pronađeni radovi koji se bave sličnom tematikom [4, 5], ističe se ključna razlika u pristupu. Dok su mnogi prethodni radovi temeljeni na teorijskim konceptima, ovaj rad naglašava praktičnu primjenu teorije na stvarnim

Poglavlje 1. Uvod

scenarijima. Ovime se ostvaruje most između teorijskih koncepata i njihove praktične primjene, čime se postiže veća relevantnost i korisnost istraživanja.

Rješenje koje se nudi u ovom diplomskom radu dolazi u obliku Python aplikacije, čije postavke su definirane putem INI datoteke. Ovakav pristup omogućava fleksibilnost i prilagodljivost sustava korisničkim potrebama, čineći ga praktičnim i korisnim alatom za analitičare.

Nadalje, isti koncept koji se razmatra u ovom radu može se proširiti na različite domene rada. Primjerice, analiza podataka prehrambenih i kemijskih prostorija za pohranu proizvoda ili podataka koji zahtijevaju segmentaciju na više dijelova. Ovime se potvrđuje univerzalnost koncepta i njegova primjenjivost na različite industrije i sektore.

Drugo poglavlje, "Prostor za pohranu farmaceutskih proizvoda", detaljno se bavi prostorom za pohranu farmaceutskih proizvoda. U njemu su definirane osnovne komponente tog prostora, kao i postupci mapiranja i korištenje senzora za praćenje okoline. Treće poglavlje, "Opis problema", fokusira se na analizu problema ili izazova koji su motivirali rad, što pomaže u razumijevanju konteksta. Četvrto poglavlje, "Metodologija", iznosi alate i metode korištene u istraživanju, uključujući deskriptivnu analizu podataka, interpolaciju i analizu vjerojatnosti. Detaljno se objašnjavaju koraci u analitičkom procesu. Peto poglavlje, "Projektna aplikacija", opisuje konkretno projektiranje sustava. Tu su detaljno opisani koraci u izradi zapisa, postavkama programa, učitavanju podataka, izračunu, grupiranju i spremanju podataka. Šesto poglavlje, "Rezultati", donosi prikaz poslovnih zahtjeva i ključnih rezultata rada, kao i vizualizaciju podataka u obliku toplinskih karata. Sedmo poglavlje, "Zaključak", sažima sve glavne spoznaje i zaključke iz rada te naglašava njihovu važnost ili moguće implikacije.

Poglavlje 2

Prostor za pohranu farmaceutskih proizvoda

2.1 Područje rada poduzeća Alius grupe

Tvrtka Alius grupa d.o.o. je osnovana 2003. godine i posluje u privatnom vlasništvu. Ona predstavlja vodeće poduzeće u proizvodnji opreme za nadzor uvjeta okoline tijekom čuvanja i transporta termoosjetljivih proizvoda. Svojim kontinuiranim angažmanom u pratećim tehnologijama, ALius grupa je postigla status prepoznatljive tvrtke koja uvijek prati najnovija dostignuća u području elektronike i informatike te ih uspješno primjenjuje u svojim referentnim rješenjima.

Od samih početaka, tvrtka je postavila visoke standarde profesionalnosti u svim aspektima poslovanja. Od odjela prodaje i marketinga do tehničke podrške partnerima, odjela za programiranje i dizajn, odjela za kvalitetu, te odjela istraživanja i razvoja, sve do umjerenog laboratorija za umjeravanje temperature i vlage akreditiranog prema normi 17025. Ova posvećenost kvaliteti omogućila je tvrtki da izgradi snažan temelj i stvori povjerenje kod svojih klijenata.

Tvrtka ima širok spektar klijenata, među kojima su različite farmaceutske ustanove kao što su ljekarne, laboratoriji, bolnice i skladišta. Ovi klijenti naručuju opremu poput farmaceutskih hladnjaka, pametnih spremnika za prijenos termo-osjetljivih lijekova, prikazanih na slici 2.1, te koriste razne usluge praćenja podataka i alarmi-

Poglavlje 2. Prostor za pohranu farmaceutskih proizvoda

ranja. Klijenti mogu zatražiti i kvalifikaciju i mapiranje prostora na čemu je fokus u ovom radu. Alius grupa se usmjerava na pružanje kvalitetnih rješenja koja omogućavaju njihovim klijentima precizno nadgledanje i održavanje uvjeta okoline za termoosjetljive proizvode [6].



Slika 2.1 Pharma-box: Pametni aktivni spremnik za prijenos temperaturno osjetljivih lijekova s funkcijama grijanja, hlađenja, mjerenja, nadzora i ispisa temperature te alarmiranja korisnika u slučaju odstupanja temperature [1]

Više informacija o tvrtki i njihovim proizvodima se mogu pronaći na njihovoj službenoj web stranici na adresi alius.hr koja se preusmjerava na pharma-celsius.com/. Ovaj pristup omogućava klijentima da se upoznaju s asortimanom proizvoda i uslugama koje tvrtka nudi kako bi osigurala optimalne uvjete čuvanja i transporta termoosjetljivih proizvoda.

2.2 Definicija prostora za pohranu farmaceutskih proizvoda

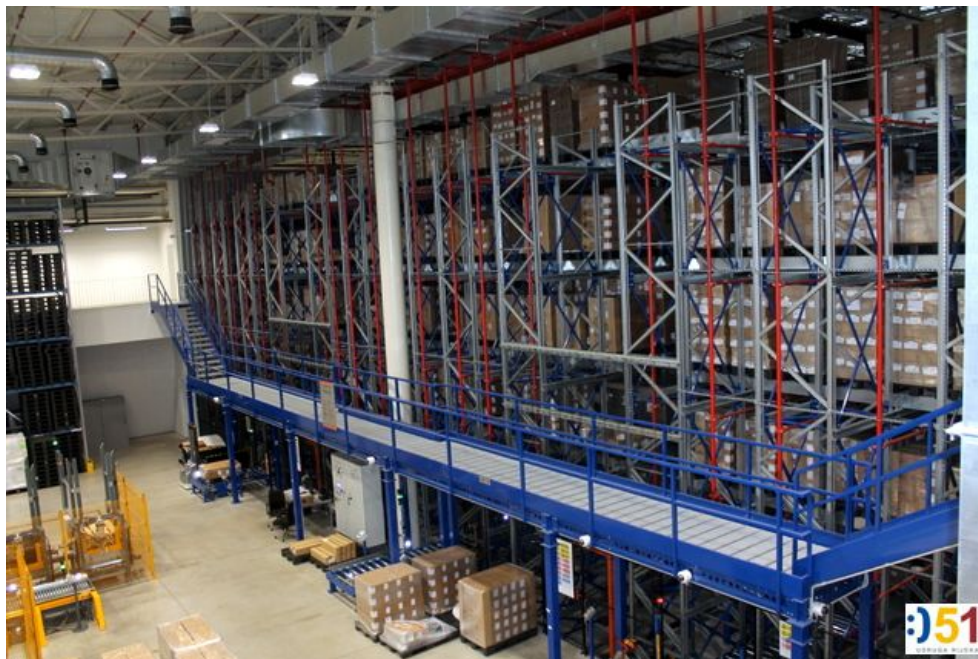
Prostor za pohranu proizvoda odnosno skladište se općenito definira kao posebno mjesto, ograđeni, neograđeni, zatvoreni, otvoreni, natkriveni i slični prostor koji služi za: uskladištenje, smještaj, pohranjivanje, manipuliranje, (pre)pakiranje, oplemenjivanje, (pre)signiranje, vaganje, prebrojavanje, brojenje, mjerenje, paketiziranje, paletiziranje, čuvanje i skladištenje materijalnih dobara [7]. U kontekstu farmaceutskih ili industrijskih okruženja, prostor za pohranu proizvoda je mjesto gdje se čuvaju različite vrste farmaceutskih proizvoda, lijekova ili drugih sličnih roba. Ovaj prostor je organiziran i uređen na način koji osigurava optimalne uvjete za očuvanje kvalitete, sigurnosti i integriteta proizvoda tijekom njihovog skladištenja.

Prostori za pohranu proizvoda često moraju zadovoljavati posebne zahtjeve kako bi se osigurala njihova adekvatna pohrana. Primjerice, u farmaceutskoj industriji, lijekovi mogu zahtijevati određenu temperaturu, vlažnost i zaštitu od svjetla kako bi se osigurala njihova stabilnost i učinkovitost tijekom cijelog vijeka trajanja. Stoga, prostori za pohranu farmaceutskih proizvoda često su opremljeni sustavima za regulaciju temperature, odgovarajućom rasvjetom te sustavima praćenja kako bi se osiguralo da se uvjeti pohrane održavaju unutar zadanog raspona. Primjer jednog takvog skladišta se može pronaći na slici 2.2 koja prikazuje skladište Jadran - galenskog laboratorija.

Kontrola temperature i relativne vlage u skladištenju lijekova, medicinskih proizvoda ili drugih farmaceutskih proizvoda, od izrazite je važnosti u očuvanju kvalitete osjetljivih proizvoda. Držanje istih u nedozvoljenim uvjetima okoline može utjecati na rok uporabe ili smanjenu djelotvornost proizvoda, što za pacijenta može imati ozbiljne posljedice.

Svjetska zdravstvena organizacija (engl. *World Health Organization, WHO*) definira dobru proizvođačku praksu (engl. *Good Manufacturing Practice, GMP*) kao onaj dio osiguranja kvalitete koji osigurava da se proizvodi dosljedno proizvode i kontroliraju prema standardima kvalitete koji odgovaraju njihovoj namjeravanoj uporabi i kako se zahtijeva u odobrenju za stavljanje u promet [8].

Poglavlje 2. Prostor za pohranu farmaceutskih proizvoda



Slika 2.2 Skladište Jadran – galenski laboratorija [2]

Dobra distribucijska praksa (engl. *Good Distribution Practice, GDP*) postavlja minimalne standarde za očuvanje kvalitete lijekova u opskrbnom lancu. To uključuje:

- Zakonito odobrenje lijekova u skladu s Europskim zakonodavstvom,
- pravilno pohranjivanje lijekova tijekom transporta,
- sprječavanje kontaminacije s drugim proizvodima,
- odgovarajući promet lijekova i
- pravovremeno dostavljanje proizvoda primateljima.

Također, distributer treba imati sustav praćenja za pronalazak neispravnih proizvoda i provoditi učinkovite opozive. GDP se primjenjuje i na aktivne farmaceutske sastojke i druge sastojke za proizvodnju lijekova [9].

Smjernice dobre proizvođačke prakse i dobre distribucijske prakse posebno ističu važnost održavanja odgovarajućih uvjeta okoline prilikom čuvanja temperaturno osjetljivih proizvoda u skladišnim prostorijama te kroz sve faze distribucijskog lanca

Poglavlje 2. Prostor za pohranu farmaceutskih proizvoda

kako bi se izbjegao rizik narušavanja kvalitete proizvoda, a samim time i očuvala sigurnost.

Često upotrebljavani izraz za proizvode u farmaceutskim i prehrambenim skladištima je hladni lanac (engl. *cool chain*). Hladni lanac je izraz koji se primjenjuje za rukovanje i distribuciju proizvoda gdje se proizvod održava u odgovarajućim uvjetima cijelim putem od procesa hlađenja ili zamrzavanja do mjesta prodaje. To zahtijeva transport, razne vrste skladištenja i izlaganja [10].

Dodatno, ovdje su neke ključne točke koje naglašavaju važnost ispravnog sustava kontrole uvjeta skladištenja:

1. **Očuvanje kvalitete proizvoda:** Proizvodi kao što su u opsegu ovoga rada lijekovi, ali u sličnu kategoriju spadaju i hrana i kemikalije zahtijevaju strogo kontrolirane uvjete za očuvanje njihove kvalitete i učinkovitosti. Pogrešna temperatura ili vlaga mogu ubrzati propadanje i kemijske reakcije unutar proizvoda, čime se narušava njihova djelotvornost i sigurnost.
2. **Usklađenost s regulativama:** Postoji mnogo zakona i propisa koji zahtijevaju strogo kontrolirane uvjete skladištenja. Na primjer, Zakon o lijekovima u Hrvatskoj i relevantni propisi u Narodnim novinama [11, 12, 13]. Nedostatak usklađenosti s ovim regulativama može dovesti do pravnih problema za tvrtku te povlačenja proizvoda ili tvrtke s tržišta.
3. **Smanjenje troškova:** Neadekvatni uvjeti mogu dovesti do gubitka proizvoda, što dodatno generira troškove za tvrtke. Proizvodi koji su postali neupotreblijivi zbog nedovoljne kontrole uvjeta moraju biti uništeni, što može značiti financijski gubitak za tvrtku.
4. **Sigurnost:** U ekstremnim slučajevima, neadekvatni uvjeti mogu dovesti do stvaranja opasnih situacija, poput eksplozija ili trovanja. Kemikalije ili lijekovi koji nisu pravilno pohranjeni mogu postati nestabilni ili čak otrovni, što predstavlja ozbiljnu prijetnju radnicima u skladištu i široj javnosti.

U industrijskim okruženjima općenito, prostori za pohranu proizvoda mogu biti raznovrsni - od skladišta za sirovine i gotove proizvode do hladnjača za prehrambene proizvode. Unutar tih prostora, pravilno upravljanje prostorom, organizacija i praće-

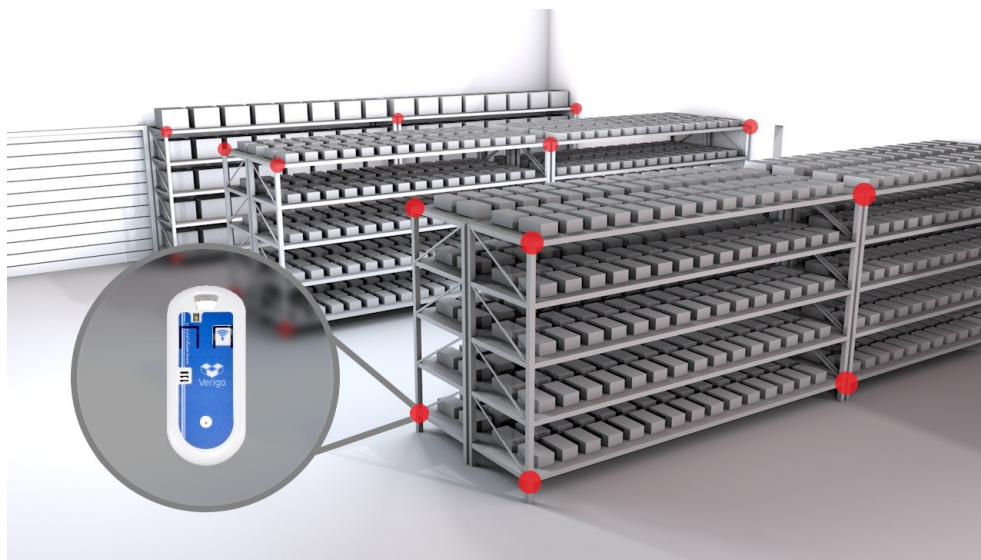
Poglavlje 2. *Prostor za pohranu farmaceutskih proizvoda*

nje uvjeta pohrane postaju ključni za uspješno poslovanje i zadovoljavanje zahtjeva tržišta.

Kroz istraživanje i razvoj sustava za mapiranje, analizu i vizualizaciju prostora za pohranu proizvoda, moguće je optimizirati učinkovitost korištenja prostora, unaprijediti sigurnost i osigurati sukladnost s regulatornim zahtjevima, posebno u osjetljivim industrijama kao što je farmaceutska industrija.

2.3 Mapiranje prostora

U kontekstu prostora za pohranu proizvoda, mapiranje prostora može se odnositi na stvaranje digitalne ili fizičke mape prostora gdje se ti proizvodi čuvaju. Ova mapa može sadržavati informacije o rasporedu regala, polica, temperatura, vlaga, tlakova, svjetla i drugim relevantnim aspektima. Mapiranje prostora omogućava učinkovito upravljanje skladištem te optimizaciju organizacije prostora. Slika 2.3 prikazuje skladišni prostor sa postavljenim zapisivačima podataka u svrhu mapiranja istog.



Slika 2.3 Prikaz mapiranja prostora uz pomoć zapisivača podataka [3]

Poglavlje 2. Prostor za pohranu farmaceutskih proizvoda

U drugim kontekstima, koji nisu cilj ovog rada, mapiranje prostora može se odnositi na stvaranje geografskih karata za navigaciju, stvaranje modela u virtualnom svijetu za simulacije ili čak na proces kreiranja modela znanja za umjetnu inteligenciju.

Za pravilno mapiranje prostora, stvaraju se alati koji omogućuju bolje razumijevanje i donošenje odluka u različitim područjima, bilo da se radi o optimizaciji logističkih procesa, istraživanju nepoznatih teritorija ili razvijanju tehnoloških rješenja. Sama svrha mapiranja je u konačnici zatvoren krug analize prostora i definiranje pozicija fiksnih senzora za stalni nadzor temperature, važnog za očuvanje kvalitete farmaceutskih proizvoda u skladu sa specifikacijama za svaki pojedini proizvod ili grupu proizvoda.

Mapiranje temperature je proces snimanja i mapiranja temperatura unutar trodimenzionalnih (3D) prostora, kao što su hladnjače i zamrzivači, suhi skladišni prostori te jedinice hladnjaka i zamrzivača. Temperature neće biti iste posvuda unutar skladišnog prostora. Bilo da se radi o malom hladnjaku, dobro dizajniranoj hladnjači ili zamrzivaču, ili, posebno, u velikom skladištu, temperature mogu varirati za čak 10 °C od jedne do druge lokacije unutar iste jedinice [14]. Ova reprezentacija omogućava lakšu analizu, razumijevanje i navigaciju kroz prostor te može imati primjenu u različitim područjima kao što su znanstvena istraživanja, tehnologija, geografija, umjetna inteligencija i mnogi drugi.

2.3.1 Senzori

Senzori i zapisivači podataka igraju ključnu ulogu u procesu mapiranja prostora. Oni omogućavaju prikupljanje preciznih informacija o okolini, prostornim karakteristikama i drugim relevantnim parametrima kako bi se stvorila točna i detaljna reprezentacija prostora. Ovisno o specifičnim zahtjevima mapiranja, koriste se različiti senzori i zapisivači podataka. U nastavku se može pronaći nekoliko primjera:

- **Temperaturni senzor i senzor vlažnosti:** Za specifične primjene poput praćenja uvjeta pohrane u skladištima, senzori za mjerenje temperature i vlažnosti omogućuju praćenje okolišnih uvjeta koji mogu utjecati na kvalitetu pohranje-

nih proizvoda.

- **Lidar:** Lidar (Light Detection and Ranging) je tehnologija koja koristi laserske zrake za precizno mjerenje udaljenosti do objekata u prostoru. Ovi senzori mogu se koristiti za stvaranje trodimenzionalnih mapa okoline s visokom razlučivošću. Lidar se često koristi u kartografiji, autonomnim vozilima i robotici.
- **RGB-D kamere:** Kamere koje snimaju boju (RGB) i dubinu (D) omogućuju stvaranje trodimenzionalnih modela prostora. Dubinske informacije pomažu u razumijevanju udaljenosti i rasporeda objekata unutar prostora. Ovi senzori često se koriste u aplikacijama kao što su 3D skeniranje i mapiranje interijera.
- **Inercijski senzori:** Inercijski senzori, poput akcelerometara i žiroskopa, omogućuju praćenje promjena u brzini i orijentaciji. Oni se koriste za praćenje kretanja uređaja i očitavanje promjena u položaju. Inercijski senzori su korisni u mapiranju prostora putem pokretnih uređaja.
- **Ultrazvučni senzori:** Ultrazvučni senzori koriste ultrazvučne valove za mjerenje udaljenosti do objekata. Oni se često koriste u mobilnim robotima i autonomnim vozilima za izbjegavanje prepreka i precizno pozicioniranje.
- **GPS:** GPS (Global Positioning System) je tehnologija koja omogućava precizno određivanje geografske lokacije. Iako je korisna za vanjsko mapiranje velikih površina, preciznost GPS-a može varirati unutar zatvorenih prostora ili urbanih sredina.

Zapisivač podataka je elektronički uređaj koji automatski bilježi, skenira i dohvaća podatke velikom brzinom i većom učinkovitošću tijekom testa ili mjerenja, u bilo kojem dijelu postrojenja s vremenom [15]. Ovi podaci potom služe kao temelj za stvaranje digitalnih modela i mapa prostora. Kombinacija različitih senzora i zapisivača podataka omogućava precizno mapiranje i analizu prostora u različitim kontekstima.

Temperaturni senzori i senzori vlažnosti su ključni instrumenti koji omogućuju praćenje i kontrolu uvjeta okoline u prostorima za pohranu. Ovi senzori igraju ključnu ulogu u osiguravanju optimalnih uvjeta za skladištenje osjetljivih proizvoda kao što su lijekovi, prehrambeni proizvodi, kemikalije i drugi materijali koji zahtijevaju

Poglavlje 2. Prostor za pohranu farmaceutskih proizvoda

vaju posebne uvjete kako bi zadržali svoju kvalitetu, integritet i sigurnost.

Temperaturni senzori mjere temperaturu okoline i pružaju informacije o varijacijama u temperaturnom rasponu unutar prostora za pohranu. Precizno praćenje temperature je ključno s obzirom da su mnogi proizvodi osjetljivi na temperaturne promjene. Na primjer, lijekovi i cjepiva mogu biti osjetljivi na ekstremne temperature koje mogu narušiti njihovu učinkovitost. Temperaturni senzori osiguravaju da se temperatura održava unutar zadanih granica i omogućavaju brzu intervenciju u slučaju odstupanja.

Senzori vlažnosti, s druge strane, mjere vlažnost zraka u prostoru za pohranu. Vlažnost može imati značajan utjecaj na stabilnost proizvoda. Previsoka vlažnost može dovesti do kondenzacije, korozije i rasta plijesni, dok niska vlažnost može uzrokovati isušivanje i pogoršanje nekih materijala. Senzori vlažnosti pomažu u održavanju optimalnih uvjeta vlažnosti koji su važni za očuvanje integriteta proizvoda.

Ovi senzori ne samo da mjere temperature i vlažnost, već i često imaju sposobnost pohranjivanja tih podataka tijekom vremena. Zapisivanje podataka omogućava praćenje promjena u uvjetima pohrane tokom dana, tjedna, mjeseca ili čak godina. Ovi podaci su korisni za analizu trendova i identifikaciju sezonskih varijacija koje mogu utjecati na kvalitetu pohranjenih proizvoda.

Senzori sustavno prikupljaju podatke o temperaturi i vlažnosti tijekom mapiranja prostora, izvršavajući očitavanja u redovitim vremenskim intervalima od pet, deset ili petnaest minuta. Ovaj točno definirani raspored omogućava precizno praćenje dinamike uvjeta pohrane te omogućava identifikaciju kratkotrajnih fluktuacija i dugoročnih trendova. Uz visoku frekvenciju prikupljanja podataka, ovaj sustavni pristup omogućava stvaranje pouzdanih skupova podataka koji će poslužiti kao osnova za dublju analizu, optimizaciju uvjeta pohrane i donošenje informiranih odluka u upravljanju osjetljivim proizvodima.

U samom radu poduzeća Alius grupe koriste se većinom senzori Tempod 30 i Alpha TH30 kao glavni instrumenti mapiranja zbog njihove bogate funkcionalnosti, koji će u nastavku biti detaljnije objašnjeni.

2.3.1.1 Tempod 30

Tempod 30 senzor je napredan uređaj za mjerenje i praćenje temperature s nizom korisnih značajki:

- **Opseg mjerenja temperature:** -30°C do 70°C , omogućava praćenje širokog temperaturnog raspona.
- **Povezivanje:** USB priključak za jednostavno povezivanje s računalima i drugim uređajima.
- **Kapacitet pohrane:** 28800 očitavanja omogućava kontinuirano praćenje temperature tijekom dužeg vremenskog razdoblja.
- **Interna NTC sonda:** Koristi se za precizna i pouzdana mjerenja temperature.
- **PDF izvještaj:** Ugrađeni PDF izvještaj s ekstrahiranim sirovim podacima i opcijom generiranja izvještaja u PDF formatu. Izvještaj uključuje sažetak zapisa, statistiku, informacije o alarmima, grafove i opcionalne tablične podatke.
- **Konfiguracija bez softvera:** Brza i jednostavna konfiguracija putem online konfiguracijske datoteke, kompatibilna s više platformi.
- **Višezonski alarmi:** Podrška za do 5 zona alarma omogućuje detaljne i precizne statistike o temperaturnim odstupanjima.
- **Zaštita lozinkom:** Sprječava neovlašten pristup i manipulaciju podacima u uređaju.
- **Usklađenost s IATA standardima:** U skladu s IATA PI970 II i RTCA/DO-160G okolišnim uvjetima i postupcima ispitivanja za opremu u zraku. [16]

Ovaj senzor, prikazan na slici 2.4a, je idealan za praćenje temperature u različitim okruženjima i omogućava pouzdanu i preciznu analizu podataka.

2.3.1.2 Alpha TH30

Alpha TH30 je temperaturni senzor i senzor vlažnosti. Proizveden je od strane tvrtke TempSen Europe te dizajniran za precizno mjerenje temperature i vlažnosti u raznim okruženjima. Senzor je opremljen visokokvalitetnim senzorskim komponentama i

nudi pouzdane i precizne podatke. Slijede glavne značajke ovog senzora:

- **Trajanje baterije:** Alpha TH30 ima izvanredno dug vijek trajanja baterije koji može trajati do 900 dana. Ovaj iznimno dugi vijek trajanja baterije omogućava kontinuirano praćenje uvjeta tijekom dugog razdoblja, a LCD ekran na senzoru prikazuje preostale dane do isteka baterije u svrhu obavještanja o potrebi zamjene baterije.
- **Automatski PDF izvještaj s ugrađenim sirovim podacima:** Senzor automatski generira izvještaje u PDF formatu s ugrađenim šifriranim sirovim podacima. Nema potrebe za dodatnim softverom za pristup podacima. Izvještaji uključuju sažetak snimanja, statistiku, informacije o alarmima, grafove i opcionalne tablične podatke. Ugrađeni sirovi podaci omogućuju daljnju obradu podataka putem TempSen Cloud-a i trećih aplikacija za analizu.
- **Konfiguracija putem interneta bez potrebe za softverom:** Alpha TH30 koristi TempSen-ovu patentiranu tehnologiju SFP (Software Free Programming) koja omogućava brzu i jednostavnu konfiguraciju. Konfiguracija se može izvršiti bilo gdje, bilo kada i na bilo kojoj platformi putem internetskog preglednika. Nema potrebe za instalacijom posebnog softvera ili upravljačkog programa. Senzor treba biti spojen na računalo i preuzetu konfiguracijsku datoteku mora biti primijenjena da bi se konfiguracija izvršila.
- **Moćan LCD ekran:** Senzor je opremljen LCD ekranom koji pruža važne informacije o trenutnom statusu snimanja. Na ekranu se može vidjeti informacije o statusu alarma, statusu snimanja, statistici nadzora, trajanju prekoračenja granica, indikaciji događaja prekoračenja granica, povijesti vremenskih oznaka i preostale dane do isteka baterije.
- **Oznaka vremena:** Senzor omogućava označavanje vremenskih trenutaka koji zahtijevaju posebnu pažnju tijekom prijevoza ili praćenja. Pritisak gumba za označavanje bilježili određene događaje.
- **Cikličko snimanje:** Alpha TH30 nastavlja snimati podatke sve dok baterija ne ponestane. Novi podaci prebrisat će stare podatke kada je memorija puna, a statistika snimanja bit će izračunata tijekom cijelog razdoblja snimanja. Ova funkcionalnost čini ovaj senzor idealnim za dugoročno praćenje u statičkim

Poglavlje 2. Prostor za pohranu farmaceutskih proizvoda

aplikacijama.

- **Ponovni početak:** Ova opcija omogućava brzo pokretanje novog ciklusa snimanja bez potrebe za ponovnom konfiguracijom senzora nakon što prethodno snimanje završi.
- **Jednostavni nosač za montažu:** Senzor dolazi s nosačem koji omogućava brzu instalaciju na različite površine kao što su nosači za palete, police, vrata hladnjaka i kontejneri. Montaža se može obaviti pomoću vijaka, pjenastih traka ili magneta. [17]

Ovaj senzor, prikazan na slici 2.4b, je izuzetno svestran i prilagodljiv, a njegova visoka preciznost i dugotrajna baterija čine ga idealnim za praćenje uvjeta u različitim industrijama i okruženjima.



(a) Tempod 30 senzor [16]



(b) Alpha TH30 senzor [18]

Slika 2.4 Senzori korišteni u radu tvrtke Alius grupa

Poglavlje 3

Tematika rada

U kontekstu analize podataka unutar farmaceutske industrije, gdje je preciznost ključna, cilj ovog rada je razviti automatizirani sustav za analizu podataka o prikupljenih mapiranjem prostora za pohranu farmaceutskih proizvoda. Rad se ističe praktičnim pristupom, povezujući teorijske koncepte s realnim scenarijima.

Rješenje predstavljeno u radu je Python aplikacija s prilagodljivim postavkama putem INI datoteke. Ovaj pristup omogućava korisnicima fleksibilnost i prilagodbu sustava njihovim potrebama. Također, isti koncept je primjenjiv na različite industrije i sektore, što ukazuje na njegovu univerzalnost.

3.1 Opis problema

Aplikacija koja je predmet ovog rada razvijena je kako bi riješila specifične izazove u farmaceutskom okruženju, posebno u laboratorijskim prostorima klijenata tvrtke Alius grupa. Farmaceutski sektor podložan je strogim regulativama i standardima koji zahtijevaju precizno praćenje i održavanje uvjeta skladištenja, posebno temperature i relativne vlažnosti. Očuvanje kvalitete farmaceutskih proizvoda od vitalne je važnosti kako bi se osigurala sigurnost i učinkovitost tih proizvoda.

Problem koji se javlja u ovom kontekstu je mapiranje temperature i praćenje vlažnosti unutar laboratorijskih prostora. Temperatura i vlažnost nisu konstantne unutar tih prostora i mogu varirati čak i unutar iste jedinice. Precizno praćenje

Poglavlje 3. Tematika rada

i mapiranje tih parametara ključno je za osiguranje usklađenosti s farmaceutskim standardima i regulativama.

S obzirom na složenost farmaceutskih laboratorijskih prostora i broj senzora koji se koriste za mjerenje temperatura i vlažnosti, proces praćenja i mapiranja postaje izazovan. Aplikacija je razvijena kako bi automatizirala ovaj proces i omogućila korisnicima da brzo i precizno prikupe, organiziraju i analiziraju podatke o temperaturi i vlažnosti.

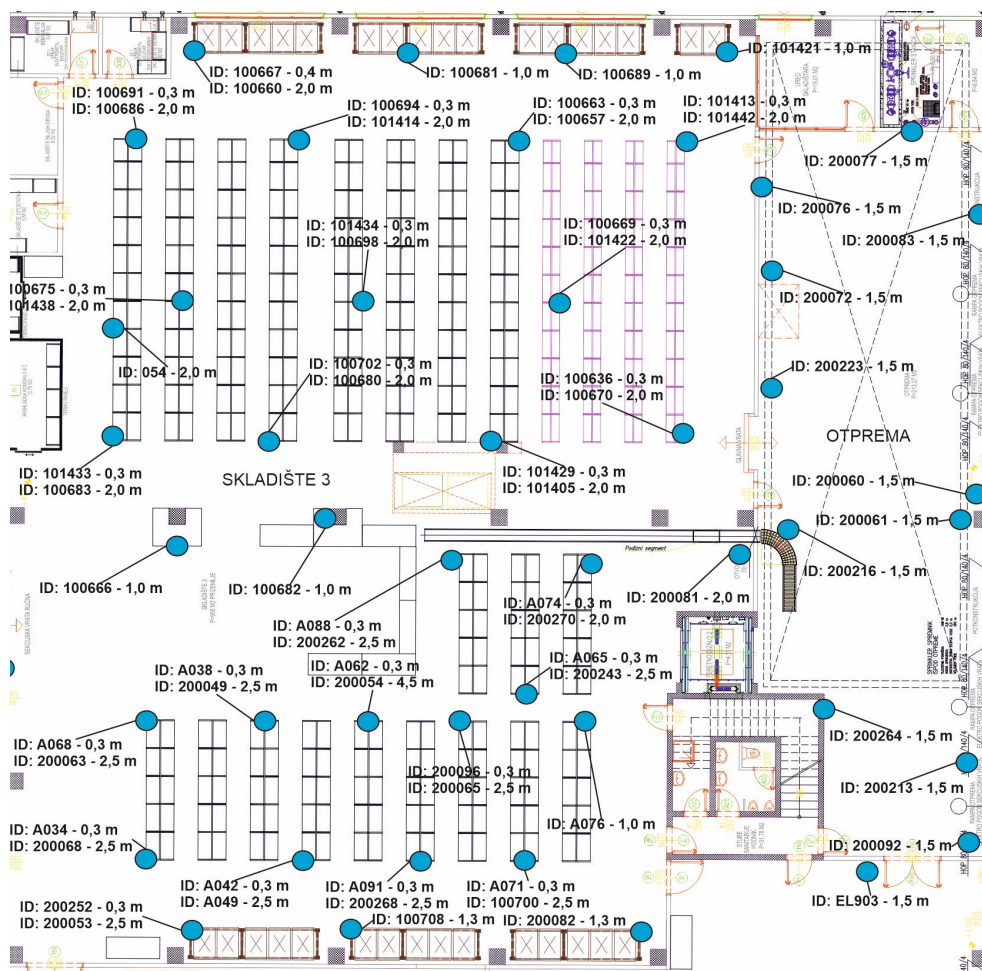
Osnovne funkcionalnosti aplikacije uključuju:

1. **Organizaciju podataka:** Aplikacija omogućava organizaciju podataka o temperaturi i vlažnosti prikupljenih iz različitih senzora i mjernih točaka unutar laboratorijskih prostora. Ova organizacija olakšava preglednost i pristup podacima.
2. **Deskriptivnu analizu:** Aplikacija izračunava različite statističke mjere za svaki laboratorijski prostor, uključujući minimum, maksimum, prosjek, fluktuaciju i standardnu devijaciju za temperature i vlažnost. Ove statističke informacije pomažu korisnicima u razumijevanju i procjeni uvjeta unutar prostora.
3. **Generiranje grafova:** Aplikacija generira grafove koji prikazuju sirove podatke o temperaturi i relativnoj vlažnosti za svaki laboratorijski prostor. Grafovi omogućuju korisnicima vizualnu analizu podataka i brzu identifikaciju uzoraka ili anomalija.
4. **Mapiranje prostora:** Najkompleksniji dio zadatka obuhvaća stvaranje kartografskih prikaza koji interpoliraju i ekstrapoliraju prosječne, minimalne i maksimalne vrijednosti temperatura i vlažnosti unutar svakog laboratorijskog prostora. Ovi kartografski prikazi koriste matematičke i statističke metode za generiranje detaljnih prikaza raspodjele temperatura i relativne vlažnosti unutar prostora.

U konačnici, cilj aplikacije je olakšati mapiranje uvjeta unutar laboratorijskih prostora kako bi se osigurala usklađenost s farmaceutskim standardima i regulativama te očuvala kvaliteta farmaceutskih proizvoda.

3.2 Rad aplikacije

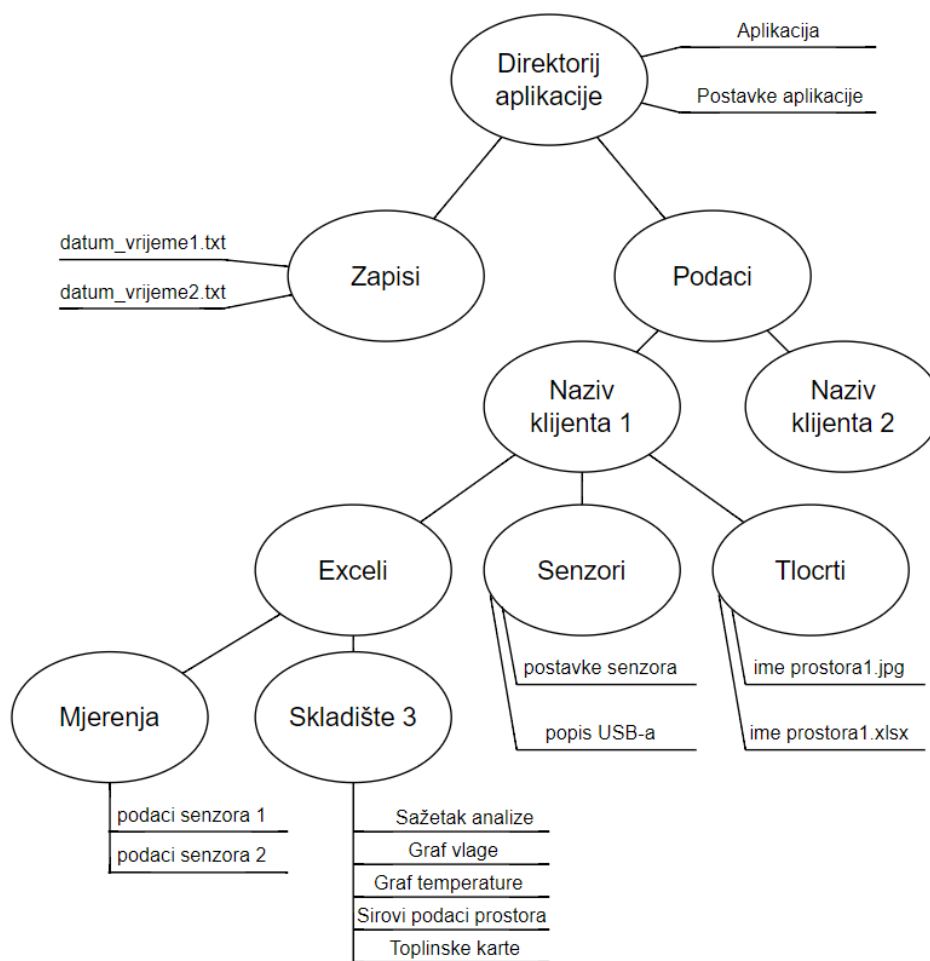
Nad farmaceutskim prostorom na slici 3.1 zadatak je odraditi mapiranje prostora. Mapiranje prostora uključuje snimanje i analizu raspodjele temperatura i vlažnosti unutar određenih prostora putem senzora. Na slici se mogu vidjeti plave točke koje predstavljaju mjerne točke koje opisuju pozicije senzora (jedan ili više na različitim visinama) koji se koriste u praćenju okoline. Broj točaka ovisi o prostoru i zahtjevima klijenta, ako je prostor kompleksniji, koristi se više senzora i samim time, više je mjernih točaka.



Slika 3.1 Tlocrt farmaceutskog prostora "Skladište 3"

Poglavlje 3. Tematika rada

Da bi aplikacija ispravno funkcionirala, određene datoteke, uključujući postavke senzora i sirove podatke, moraju biti pohranjene u specifičnom redoslijedu definiranom u postavkama aplikacije, vidljivo na slici 3.2. Ovo osigurava da se sve potrebne komponente mogu lako pronaći i obraditi. Nakon inicijalizacije, aplikacija izvršava niz funkcija koje su detaljnije opisane u poglavlju 5.



Slika 3.2 Prikaz hijerarhije datotečnog sustava

Mapa "Zapisi" se kreira automatski, kao i datoteke unutar nje, proces opisan u poglavlju 5.1. Unutar mape "Podaci" se nalaze razne mape koje predstavljaju radno okruženje koje je u fokusu. Primjeri imena naziva klijenata mogu biti: "JGL", "Me-

Poglavlje 3. Tematika rada

dika", "Medika ljeto 2023" te u slučaju ovoga rada, "Medika real" što predstavlja odgovarajuće nazive analiziranih lokacija. Nesortirane datoteke sa podacima o mjerenjima se nalaze u mapi "Mjerenja" unutar "Excel datoteke" razine vidljivo na slici 3.2. Primjer jedne od sirovih datoteka, kako je dobiveno preuzimanjem podataka sa senzora, se može pronaći u tablici 3.1. Vidljivo je da se u tim podacima ne mogu dobiti izravno izračuni, već ih se treba ručno računati.

Tablica 3.1 Podaci o temperaturi i relativnoj vlažnosti

Point	Date/Time GMT+01:00 yyyy-MM-dd HH:mm:ss	Temperature (°C)	Relative Humidity (%)
1	2023-02-09 16:00:00	21,5	20,5
2	2023-02-09 16:05:00	21,3	19,9
3	2023-02-09 16:10:00	21,3	20,4
4	2023-02-09 16:15:00	21,4	20,7
5	2023-02-09 16:20:00	21,4	20,5
6	2023-02-09 16:25:00	21,4	20,6
7	2023-02-09 16:30:00	21,3	20,2
8	2023-02-09 16:35:00	21,2	20,3
9	2023-02-09 16:40:00	21,3	20,5
10	2023-02-09 16:45:00	21,3	20,6

Mapa "Senzori" se sastoji od 2 Excel datoteke, "Popis senzora za mapiranje - ispunjeno" i "USB popis", gdje se njihovi isječci mogu vidjeti u tablicama 3.2 i 3.3. Popis senzora opisuje tehničke specifikacije svih senzora korištenih u mapiranju, dok popis USB-a opisuje u kojem prostoru i na kojoj mjernoj točki i visini se nalazi koji senzor. Popis senzora 3.2 uključuje tako model senzora, oznaku, serijski broj (SN), točke umjeravanja koje služe za kalibraciju i konfiguraciju uređaja, područje umjeravanja koje opisuje radili li se o senzoru temperature (T), vlažnosti (RH) ili oba i druge parametre. Mjerna točka predstavlja na kojoj se poziciji gledano sa tlocrta nalazi senzor. Zajedno sa visinom i slikom tlocrta, objašnjenom u kasnijem dijelu rada, ti podaci daju do znanja sensorov položaj u prostoru. Prostori prikazani u tablici 3.3 predstavljaju senzore koji su se nalazili u prostorima "Prijem" i "Otprema" zbog lakšeg prikaza manjeg broja senzora. Uz te prostore, u radu se mogu spomenuti i "Otprema", "Prijem", "Skladište 1", "Skladište 2", "Skladište kat", "Skladište

Poglavlje 3. Tematika rada

biljnih droga", "Skladište citostatika", "Skladište kemikalija 1", "Skladište kemikalija 2" i "Skladište narkotika".

Tablica 3.2 Podaci o sensorima

Model	Oznaka senzora	SN	Točke umjeravanja	Područje umjeravanja
ALPHA TH30	A050	530A200050	0, 15, 30 °C / 30, 60, 90%RH	T i RH
ALPHA TH30	A053	530A200053	0, 15, 30 °C / 30, 60, 90%RH	T i RH
ALPHA TH30	A054	530A200054	0, 15, 30 °C / 30, 60, 90%RH	T i RH
ALPHA TH30	A056	530A200056	0, 15, 30 °C / 30, 60, 90%RH	T i RH
ALPHA TH30	A057	530A200057	0, 15, 30 °C / 30, 60, 90%RH	T i RH
ALPHA TH30	A058	530A200058	0, 15, 30 °C / 30, 60, 90%RH	T i RH
ALPHA TH30	A059	530A200059	0, 15, 30 °C / 30, 60, 90%RH	T i RH
ALPHA TH30	A060	530A200060	0, 15, 30 °C / 30, 60, 90%RH	T i RH
ALPHA TH30	A062	530A200062	0, 15, 30 °C / 30, 60, 90%RH	T i RH
ALPHA TH30	A066	530A200066	0, 15, 30 °C / 30, 60, 90%RH	T i RH
ALPHA TH30	A067	530A200067	0, 15, 30 °C / 30, 60, 90%RH	T i RH
ALPHA TH30	A068	530A200068	0, 15, 30 °C / 30, 60, 90%RH	T i RH
ALPHA TH30	A069	530A200069	0, 15, 30 °C / 30, 60, 90%RH	T i RH

Za kraj ostaje mapa "Tlocrti" koja sadrži po 2 datoteke za svaki prostor: Excel datoteka koja sadrži koordinate i identifikacijske brojeve senzora unutar tablice 3.4 i sliku tlocrta prostora 3.1. Prostor koji je predstavljen za opis problema ima naziv "Skladište 3". Isti taj prostor biti će prikazan u poglavlju 6.

Zadatak ovog rada sastoji se u izvođenju niza operacija s podacima prikupljenim iz različitih datoteka smještenih unutar mape nazvane "Mjerenja". Glavne komponente zadatka obuhvaćaju organizaciju tih datoteka putem njihovog raspoređivanja u podmape čija imena odgovaraju prostorima, provođenje deskriptivne analize nad podacima za svaki prostor, generiranje grafova koji prikazuju sirove podatke o temperaturi i vlažnosti te stvaranje kartografskih prikaza koji interpoliraju prosječne, minimalne i maksimalne vrijednosti ovih podataka koristeći više različitih metoda.

Prvi korak u zadatku jest organiziranje datoteka koje su pohranjene unutar mape "Mjerenja". Ove datoteke će biti grupirane i preuređene tako da svaka datoteka bude smještena u podmapu čije ime odgovara određenom prostoru. Ovo će omogućiti bolju organizaciju i preglednost podataka.

Tablica 3.3 Podaci o poziciji senzora

Naziv prostora	Mjerna točka	Senzor ID	Visina
Prijem	1.0	100697	1,5 m
	2.0	101449	1,0 m
	3.0	100676	0,4 m
	3.0	101427	2,0 m
	4.0	100701	1,5 m
	5.0	101419	2,2 m
	6.0	101428	1,4 m
	7.0	200094	3,0 m
Otprema	8.0	101410	1,0 m
	1.0	200077	1,5 m
	2.0	200076	1,5 m
	3.0	200083	1,5 m
	4.0	200072	1,5 m
	5.0	200223	1,5 m
	6.0	200060	1,5 m
	7.0	200216	1,5 m
	8.0	200264	1,5 m
	9.0	200213	1,5 m
	10.0	200092	1,5 m
11.0	200061	1,5 m	

Nakon što su podaci organizirani po prostorima, slijedi faza deskriptivne analize. To uključuje izračunavanje različitih statističkih mjera za svaki prostor, kao što su minimum, maksimum, prosjek, fluktuacija i standardna devijacija za temperature i relativnu vlažnost. Ovi podaci će biti pripremljeni u obliku tablica, što će olakšati daljnju interpretaciju i analizu.

Sljedeći korak uključuje izradu grafova koji će prikazivati sirove podatke o temperaturi i relativnoj vlažnosti za svaki prostor. Ovi grafovi pružit će vizualnu analizu podataka i omogućiti brzu identifikaciju uzoraka ili anomalija.

Konačno, najkompleksniji dio zadatka obuhvaća stvaranje kartografskih prikaza. Ovi prikazi će se koristiti za interpolaciju prosječnih, minimalnih i maksimalnih vrijednosti temperatura i relativne vlažnosti unutar svakog prostora. Za ovu svrhu, biti će korištene različite matematičke i statističke metode koje će omogućiti generiranje

Poglavlje 3. Tematika rada

Tablica 3.4 Isječak tablice za lokacije senzora unutar prostora "Skladište 3"

ID	X	Y
IMG	1673	1638
100667	311	1573
100660	311	1573
100681	673	1573
100689	943	1573
101421	1219	1573
100691	214	1421
100686	214	1421
100694	490	1421
101414	490	1421
100663	866	1421
100657	866	1421
101413	1150	1421
101442	1150	1421

kartografskih prikaza s visokom razlučivošću. Ovi prikazi će pomoći u boljem razumijevanju raspodjele temperatura i relativne vlažnosti unutar svakog prostora te će biti korisni za donošenje odluka i optimizaciju uvjeta unutar tih prostora.

Poglavlje 4

Metodologija

U sljedećim poglavljima biti će opisani ključni alati i tehnike korištene u analizi podataka te njihovu ulogu u razumijevanju i obradi velikih skupova podataka. Sve češća je potreba za efikasnim prikupljanjem, analizom i interpretacijom podataka u svrhu donošenja informirane odluke i otkrivanja vrijednih uvida. U tom kontekstu, odabir pravih alata i pristupa od iznimne je važnosti. U prvom dijelu ovog poglavlja, detaljno će se istraživati različiti programski alati i biblioteke koji su korišteni tijekom provedbe istraživanja, s posebnim naglaskom na programski jezik Python i njegove biblioteke.

Nakon toga, fokus će biti usmjeren na analizu podataka, ključni korak u procesu pretvaranja sirovih podataka u korisne informacije. Analiza podataka pruža nam dublje razumijevanje skupa podataka, otkriva obrasce, identificira trendove i omogućava donošenje informiranih odluka. Kroz analizu podataka, istražit će se različiti pristupi, statističke metode i tehnike za istraživanje i interpretaciju podataka. Ova analiza igra ključnu ulogu u procesu optimizacije i poboljšanja različitih aspekata poslovanja, znanstvenih istraživanja i drugih disciplina koje se oslanjaju na podatke.

4.1 Korišteni alati

Korišteni alati za provedbu istraživanja i implementaciju rješenja u okviru rada uključivali su različite programske alate i biblioteke, s posebnim naglaskom na programski

Poglavlje 4. Metodologija

jezik Python. Python je popularan programski jezik u području podatkovne analize i znanstvenog istraživanja te je omogućio učinkovitu obradu, analizu i vizualizaciju podataka korištenih u ovom radu.

U nastavku su navedene ključne biblioteke i alati koji su korišteni u ovom istraživanju:

- **os**: Koristi se za interakciju s operacijskim sustavom, uključujući manipulaciju datotekama i direktorijima.
- **numpy**: Pruža podršku za matematičke i numeričke operacije, uključujući rad s višedimenzionalnim nizovima podataka.
- **pandas**: Koristi se za analizu, manipulaciju i obradu tabličnih podataka, kao i za rad s vremenom i datumima.
- **matplotlib**: Omogućava izradu grafova, dijagrama i vizualizacija podataka.
- **scipy**: Pruža različite znanstvene i statističke funkcionalnosti, uključujući interpolaciju, statističku analizu i optimizaciju.
- **configparser**: Koristi se za čitanje konfiguracijskih datoteka, što je korisno za postavljanje parametara aplikacije.
- **datetime**: Omogućava rad s vremenom i datumima, uključujući računanje vremenskih razlika i oblikovanje datuma.
- **openpyxl**: Koristi se za rad s Excel datotekama, uključujući čitanje i pisanje podataka.
- **warnings**: Omogućava upravljanje upozorenjima i obavijestima tijekom izvođenja koda.

Kombinacija ovih alata i biblioteka omogućila je učinkovitu obradu i analizu podataka, stvaranje grafova i vizualizacija te implementaciju algoritama potrebnih za ostvarivanje ciljeva rada. Python je fleksibilan programski jezik koji se često koristi u području znanosti o podacima i omogućio je efikasno izvršenje svih potrebnih zadataka u sklopu rada.

4.2 Analiza podataka

Analiza podataka je proces sustavne primjene statističkih i/ili logičkih tehnika za opisivanje i ilustriranje, sažimanje i rekapitulaciju te procjenu podataka [19]. Ova metoda koristi različite statističke, matematičke, računalne i vizualne tehnike kako bi se otkrili obrasci, trendovi, relacije i skriveni faktori unutar podataka. Analiza podataka ima ključnu ulogu u pretvaranju sirovih podataka u korisne informacije koje mogu podržati donošenje odluka, planiranje i predviđanje budućih događaja.

Ovisno o ciljevima istraživanja, analiza podataka može uključivati različite pristupe, uključujući:

- **Deskriptivnu analizu:** Ova vrsta analize pruža osnovne informacije o skupu podataka, uključujući srednju vrijednost, medijan, raspon, varijancu i druge statističke parametre. Cilj je dobiti opći uvid u raspodjelu i karakteristike podataka.
- **Statističku analizu:** Ovaj pristup uključuje primjenu statističkih testova i metoda kako bi se testirale hipoteze, identificirale povezanosti i provodile dublje analize unutar podataka.
- **Analizu uzoraka i trendova:** Proučavanje uzoraka i trendova pomaže u prepoznavanju promjena vremenskih i prostornih varijacija te omogućava predviđanje budućih događaja na temelju dosadašnjih uzoraka.
- **Analizu regresije:** Regresijska analiza pomaže identificirati odnos između varijabli te se može koristiti za predviđanje vrijednosti jedne varijable na temelju drugih varijabli.
- **Vizualizaciju podataka:** Vizualne metode, kao što su grafikoni i dijagrami, omogućavaju brzu percepciju i razumijevanje informacija unutar podataka.

Analiza podataka ima široku primjenu u različitim industrijama i disciplinama, uključujući poslovanje, znanost, medicinu, ekonomiju i društvene znanosti. Cilj je istražiti, interpretirati i koristiti informacije sadržane u podacima kako bi se donijele informirane odluke, identificirali problemi i prilike te unaprijedila učinkovitost i uspješnost različitih procesa.

Poglavlje 4. Metodologija

U okviru rada, primijenjeni su različiti pristupi analizi podataka kako bi se dublje razumjeli uvjeti pohrane u prostoru za farmaceutske proizvode. Konkretno, koristili su se deskriptivna analiza te vizualizacija podataka kao ključni alati za dobivanje dubljih uvida. Ovi pristupi su omogućili identificiranje uzoraka, razumijevanje varijacije i potencijalni pronalazak rješenja za optimizaciju uvjeta pohrane. Sveukupno, ovi alati su omogućili ekstrakciju relevantnih informacija iz skupa podataka i pružali vrijedne uvide za daljnje upravljanje uvjetima pohrane osjetljivih proizvoda.

4.2.1 Deskriptivna analiza podataka

Deskriptivna statistika su brojevi koji sažimaju podatke u svrhu opisa onoga što se dogodilo u uzorku [20]. Ona predstavlja temeljnu tehniku u istraživanju podataka koja omogućava sustavno razumijevanje osnovnih karakteristika i obrazaca prisutnih unutar skupova podataka. Ova analitička metoda fokusira se na opisivanje kvantitativnih i kvalitativnih svojstava podataka putem statističkih mjera i grafičkih prikaza. U okviru istraživanja i analize farmaceutskih uvjeta pohrane, deskriptivna analiza igra ključnu ulogu u otkrivanju temeljnih obrazaca, fluktuacija i ekstrema.

U okviru rada, deskriptivna analiza podataka odigrala je ključnu ulogu u pružanju dubokog razumijevanja osnovnih karakteristika temperatura i vlažnosti tijekom skladištenja farmaceutskih proizvoda. Ovaj pristup omogućio je detaljan izračun i interpretaciju niza temeljnih statističkih parametara koji su pružili dublji uvid u varijacije i obrasce unutar podataka.

Kroz deskriptivnu analizu, bilo je moguće identificirati najveće i najmanje vrijednosti temperature i vlažnosti, što je pomoglo u definiranju opsega uvjeta pohrane i ekstremnih vrijednosti koje bi mogle utjecati na integritet proizvoda. Srednja vrijednost je pružila uvid u prosječne uvjete pohrane, dok je medijan pomogao u identifikaciji centralne točke raspodjele i minimiziranju utjecaja potencijalnih odstupanja ili anomalija.

Varijanca i standardna devijacija su parametri koji su omogućili kvantifikaciju razine varijacija unutar podataka. Raspon i fluktuacija su također pridonijeli razumijevanju koliko su temperaturni i vlažnostni uvjeti promjenjivi tijekom vremena i unutar prostora za pohranu. Kroz analizu ovih parametara može se utvrditi konzis-

tentnost i stabilnost uvjeta pohrane te identificirati eventualne trendove ili oscilacije.

Deskriptivna analiza je također omogućila brže prepoznavanje abnormalnosti ili nepravilnosti u uvjetima pohrane. Identificiranje ekstremnih vrijednosti ili naglih promjena pomoću ovih statističkih parametara doprinijelo je ranom otkrivanju potencijalnih problema i donošenju odgovarajućih korektivnih mjera. Pristup deskriptivne analize stvorio je temelj za daljnje analize, interpretaciju rezultata i donošenje informiranih odluka u vezi s optimizacijom uvjeta pohrane farmaceutskih proizvoda.

4.2.2 Srednja kinetička temperatura

Središnja kinetička temperatura (engl. *Mean kinetic temperature, MKT*) definirana je kao izotermna temperatura koja odgovara kinetičkim učincima vremensko-temperaturne distribucije i određena je pomoću Haynesove formule, u koju se unose temperaturni podaci dobiveni u definiranim intervalima [21].

$$MKT = \frac{\frac{\Delta H}{R}}{-\ln\left(\frac{e^{-\delta H/RT_1} + e^{-\delta H/RT_2} + \dots + e^{-\delta H/RT_n}}{n}\right)} \quad (4.1)$$

Unutar formule, podatak δH označava aktivacijsku energiju od 83.144 kJ/mol, R opću plinsku konstantu od 0.0083144 kJ/mol, T_1 do T_n su vrijednosti prosječnih temperatura u Kelvinima i n je ukupan broj temperaturnih podataka.

4.2.3 Interpolacija

Interpolacija je matematička tehnika koja se koristi za izračunavanje vrijednosti između poznatih podataka ili mjerenja. Ova tehnika omogućava popunjavanje praznina između dostupnih podataka kako bi se dobile vrijednosti za nepoznate ili nedostajuće točke unutar raspona. Interpolacija se često koristi u analizi podataka, geodeziji, računalnoj grafici, inženjeringu i drugim disciplinama gdje je potrebno dobivanje kontinuiranih vrijednosti na temelju diskretnih mjerenja.

Primjeri interpolacije uključuju:

- **Linearna interpolacija:** To je najjednostavniji oblik interpolacije, gdje se

Poglavlje 4. Metodologija

pretpostavlja linearni porast ili pad između dvije poznate vrijednosti. Na primjer, za podatke o temperaturi u određenim vremenskim intervalima, linearna interpolacija omogućuje izračun temperature između dvije mjerene vrijednosti.

- **Polinomijalna interpolacija:** Ova tehnika koristi polinome kako bi se povezale poznate vrijednosti i stvorile nepoznate vrijednosti između njih. Polinomijalna interpolacija se koristi za predviđanje vrijednosti senzora na osnovi prethodno prikupljenih podataka.
- **Spline interpolacija:** Spline interpolacija koristi glatke krivulje (splineove) kako bi se povezale poznate vrijednosti. Ova tehnika omogućava glatko povezivanje podataka i stvaranje neprekidnih krivulja između točaka.
- **Kriging metoda:** Kriging je metoda koja se često koristi u geostatistici i geodeziji za interpolaciju prostornih podataka. Ona uzima u obzir prostornu raspodjelu podataka i njihove međusobne udaljenosti kako bi generirala nepoznate vrijednosti.
- **Neuronske mreže:** U računalnom modeliranju, neuronske mreže mogu se koristiti za interpolaciju između podataka kako bi se stvorila neprekidna funkcija koja povezuje različite vrijednosti.
- **Trigonometrijska interpolacija:** Koriste se trigonometrijske funkcije, poput sinusa i kosinusa, kako bi se povezale poznate vrijednosti i stvorile nepoznate vrijednosti.
- **Bilinearna interpolacija:** Često se koristi u slikovnoj obradi i interpolaciji boja između piksela na slici.
- **Inverzna distancirana tehnika:** Koriste se težinski faktori na temelju udaljenosti između poznatih podataka kako bi se generirale nepoznate vrijednosti.

Sve te tehnike interpolacije omogućuju generiranje glatkih i neprekidnih funkcija između poznatih podataka, što je korisno za modeliranje, analizu i predviđanje. U radu se koriste tri različite metode interpolacije podataka - metoda najbližeg susjeda, linearne interpolacije i dvodimenzionalne kubične interpolacije. Svaka od ovih metoda pruža jedinstveni pristup generiranju interpoliranih vrijednosti na temelju poznatih podataka. U nastavku će biti detaljno objašnjene sve navedene metode.

4.2.3.1 Metoda najbližeg susjeda (engl. *nearest neighbour*)

Metoda najbližeg susjeda je jednostavna metoda interpolacije koja koristi vrijednosti najbližih susjednih točaka za generiranje interpoliranih vrijednosti. Ova metoda odgovara vrijednostima poznatih točaka koje su najbliže interpolacijskim točkama unutar mreže. Vrijeme izvršavanja ove metode je kratko, ali je rezultat površina koja može izgledati stepenasto. Matematički, interpolirana vrijednost za točku (x_i, y_i) može se izračunati kao:

$$f(x_i, y_i) = f_{\text{nearest_neighbour}}(x_i, y_i) \quad (4.2)$$

gdje je $f_{\text{nearest_neighbour}}(x, y)$ funkcija koja vraća vrijednost najbliže poznate točke na koordinatama (x, y) .

4.2.3.2 Metoda linearne interpolacije (engl. *linear*)

Metoda *linear* koristi linearnu interpolaciju za generiranje neprekidnih vrijednosti između poznatih točaka. Ova metoda stvara linearno povezane površine između točaka unutar mreže. Rezultati su glatkiji od metode *nearest_neighbour*, ali manje glatki od kubične interpolacije. Matematički, interpolirana vrijednost za točku (x_i, y_i) može se izračunati kao:

$$f(x_i, y_i) = a \cdot x_i + b \cdot y_i + c \quad (4.3)$$

gdje su a , b i c koeficijenti linearnog modela dobiveni iz poznatih točaka.

4.2.3.3 Metoda dvodimenzionalne kubične interpolacije (engl. *cubic*)

Metoda *cubic* koristi kubične polinome kako bi generirala glatke površine između poznatih točaka. Ova metoda daje najgladi rezultat, ali može biti osjetljiva na ekstremne vrijednosti. Kubična interpolacija stvara neprekidne krivulje koje se povezuju kroz poznate točke. Matematički, interpolirana vrijednost za točku (x_i, y_i) može se izračunati kao:

$$f(x_i, y_i) = ax_i^3 + bx_i^2 + cx_i + d + ey_i^3 + fy_i^2 + gy_i + h + ix_iy_i \quad (4.4)$$

gdje su a, b, c, d, e, f, g, h i i koeficijenti kubičnog modela izračunati iz poznatih točaka.

Kroz ove metode interpolacije, moguće je generirati interpolirane vrijednosti unutar definirane mreže na temelju poznatih podataka. Svaka metoda ima svoje prednosti i nedostatke, a odabir ovisi o karakteristikama podataka i željenim rezultatima.

4.2.4 Neparometrička gustoća vjerojatnosti

U analizi podataka, neparometrička gustoća vjerojatnosti je tehnika koja omogućava procjenu vjerojatnosti raspodjele podataka bez prethodno definirane parametarske funkcije. Umjesto toga, ovaj pristup koristi stvarne uzorke podataka kako bi konstruirao model vjerojatnosti na temelju kojeg se mogu izvoditi različite analize.

Osnovna ideja iza Gaussove jezgre jest da se svaki uzorak u uzorku podataka tretira kao središte Gaussove funkcije, koja se zatim kombinira kako bi se stvorio glatki model gustoće vjerojatnosti. Matematički, Gaussova jezgra za jedan uzorak x može se definirati kao:

$$K(x, x_i) = \frac{1}{h} \phi\left(\frac{x - x_i}{h}\right) \quad (4.5)$$

gdje je x_i uzorak od uzorka podataka, h je širina banda (ili širina jezgre), a ϕ je standardna Gaussova funkcija definirana kao:

$$\phi(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{u^2}{2}} \quad (4.6)$$

Koristeći Gaussove jezgre, ukupna neparometrička gustoća vjerojatnosti za sve uzorke može se definirati kao njihova suma:

$$f_{\text{KDE}}(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K(x, x_i) \quad (4.7)$$

gdje je n ukupan broj uzoraka. Ovaj model omogućava procjenu vjerojatnosti u bilo kojoj točki x u prostoru podataka, pri čemu je veća gustoća vjerojatnosti bliže uzorcima podataka.

Primjena neparometričke gustoće vjerojatnosti, posebice kroz Gaussovu jezgru, omogućuje analizu raspodjele podataka, generiranje glatkih krivulja za vizualizaciju i

izračunavanje kvantila ili vjerojatnosti. Moguće je generirati model vjerojatnosti temeljen na stvarnim uzorcima podataka i koristiti ga za različite analize u istraživanju podataka.

4.2.5 Izrada radijalnih baznih funkcija (RBF) interpolacijskog modela

Radijalne bazne funkcije (RBF) interpolacijski model predstavlja tehniku interpolacije podataka koja se temelji na upotrebi radijalnih funkcija kako bi se aproksimirala nepoznata funkcija na temelju poznatih uzoraka podataka. Ova metoda omogućava glatku interpolaciju podataka te pruža fleksibilnost u generiranju neprekidnih krivulja koje povezuju poznate točke.

Osnovna ideja iza RBF interpolacijskog modela je stvoriti kombinaciju radijalnih funkcija, gdje svaka radijalna funkcija ima centar u jednoj od poznatih točaka. Radijalne funkcije su definirane kao funkcije koje ovise o udaljenosti između centra radijalne funkcije i svake točke u prostoru podataka. Na taj način, model koristi doprinose svake radijalne funkcije kako bi aproksimirao nepoznatu funkciju.

Matematički, RBF interpolacijski model za funkciju $f(x)$ s poznatim točkama x_i i pripadajućim vrijednostima y_i može se izraziti kao:

$$f(x) = \sum_{i=1}^n w_i \phi(\|x - x_i\|) \quad (4.8)$$

gdje je n broj poznatih točaka, w_i su težine radijalnih funkcija, ϕ je radijalna funkcija koja ovisi o udaljenosti između x i x_i .

Konkretno, jedna od učestalo korištenih radijalnih funkcija je Gaussova funkcija koja se definira kao:

$$\phi(r) = e^{-\epsilon r^2} \quad (4.9)$$

gdje je r udaljenost između x i x_i , a ϵ je parametar koji kontrolira širinu radijalne funkcije.

Kroz ovaj model, moguće je dobiti neprekidne i glatke krivulje koje povezuju poznate točke te pružaju procjenu vrijednosti nepoznatih točaka. Primjena RBF

Poglavlje 4. Metodologija

interpolacijskog modela često se koristi za analizu, vizualizaciju i generiranje neprekidnih krivulja u različitim područjima, uključujući znanost o podacima, inženjering i računalnu grafiku. Kroz prilagodljive radijalne funkcije, ovaj model omogućava prilagodbu interpolacije prema konkretnim potrebama analize podataka.

Vizualizacija podataka je pružila odličan način za prezentaciju i interpretaciju rezultata analize. Korištenjem različitih grafova, dijagrama i vizualnih prikaza, klijenti su mogli brzo prepoznati obrasce, trendove i odstupanja u podacima. Ova vizualizacija je olakšala komunikaciju rezultata i učinila analizu podataka pristupačnijom i razumljivijom.

Poglavlje 5

Projektna aplikacija

Programska podrška prikazana u isječku programskog koda 5.1 obuhvaća sve ključne korake za uspješno izvršavanje programa. Početak programa obilježen je uvođenjem potrebnih vanjskih datoteka (linije programskog koda 1 do 4) kako bi se osigurao pravilan tijek izvršavanja. Te datoteke se sastoje od postavki i podataka o sensorima i mjerenjima. Nakon toga slijedi izrada prikladnih mapa i datoteka, za zapisivanje podataka, i postavki, kao i dohvaćanje postavki programa (linije programskog koda 6 do 9), kako bi se postavilo okruženje za rad.

Nadalje, u linijama programskog koda 11 do 13, vrši se grupiranje i sortiranje podataka, te izvlačenje bitnih informacija iz datoteka u varijable programa. Ključni dio programa započinje s izvršavanjem na linijama programskog koda 15 i 16, gdje se provode deskriptivne analize i računaju ekstremne vrijednosti za sve dostupne podatke.

Nakon analiza, podaci koji su prethodno pročitani i izračunati pohranjuju se u obliku Microsoft Excel tablica, uz generiranje grafova koji prikazuju promjene temperature i vlage tijekom određenog vremenskog perioda. Također, generiraju se grafovi interpoliranih dvodimenzionalnih vrijednosti temperatura.

```
1 import graphs
2 import extraction
3 import calculations
4 import iniSettings
```

Poglavlje 5. Projektna aplikacija

```
5
6 extraction.makeLogPaths()
7
8 appSettings = iniSettings.getINIFile()
9 sensorSettings = extraction.getSensorSettings(appSettings)
10
11 noSerialNumberList = extraction.sortFiles(sensorSettings,
      appSettings)
12 data = extraction.getDataTroughFiles(sensorSettings,
      appSettings)
13 data.noSerialNumberList = noSerialNumberList
14
15 data.dfList = calculations.
      getSimpleCalculationsAndCheckMeasurments(data.dfList,
      appSettings, sensorSettings)
16 extremeValues = calculations.getMinMaxValuesOfAllSpaces(data.
      dfList)
17
18 extraction.saveData(data, appSettings)
19 graphs.saveGraphs(data, appSettings)
20 graphs.saveInterpolatedGraphs(data, appSettings, sensorSettings
      , extremeValues)
21
22 input('Pritisni Enter za izlaz.')
```

Prikaz programske podrške 5.1 Glavni kod

Ovaj program pasivno pruža sveobuhvatnu podršku za obradu i analizu podataka, omogućavajući korisnicima da istražuju i interpretiraju informacije iz kreiranih datoteka te zapisa o radu programa.

U sljedećim potpoglavljima detaljnije su opisane funkcionalnosti programa.

5.1 Izrada zapisa

Pozivom funkcije `makeLogPaths` iz datoteke *extraction* izvršava se programska podrška 5.2. Funkcija `makeLogPaths` konfigurira i stvara putanju za datoteku zapisa. Prvo, globalna varijabla `logFileName` se postavlja na putanju gdje će se spremiti datoteka zapisa. Putanja se generira na temelju trenutnog radnog direktorija i trenutnog vremena u formatu *dd_mm_gggg HH.MM.SS*. Ako direktorij "Zapisi" ne postoji, funkcija ga stvara. Nakon toga, otvara se datoteka zapisa gdje se upisuje prazni tekst kako bi bila spremna za zapisivanje podataka o radu programa.

Ova funkcija igra ključnu ulogu u upravljanju datotekom zapisa programa.

```
351 def makeLogPaths():
352     global logFileName
353     logFileName = os.path.join(os.getcwd(), 'zapisi', datetime.
        datetime.now().strftime('%d_%m_%Y %H.%M.%S') + '.txt')
354
355     if not os.path.exists(os.path.join(os.getcwd(), 'zapisi')):
        os.mkdir(os.path.join(os.getcwd(), 'zapisi'))
356     with open(logFileName, 'w') as f:
357         f.write('')
358         f.close()
```

Prikaz programske podrške 5.2 Izrada mape za zapise

Tijekom rada programa, često se koristi funkcija `logMsg` koja je prikazana u isječku programskog koda 5.3 uz pomoćnu funkciju `logMsgFile`. Funkcija `logMsgFile` zapisuje poruku u datoteku zapisa. Poruka se dodaje u datoteku zapisa s vremenom kada se dogodila, koristeći format *dd/mm/gggg HH:MM:SS*. Nakon toga, datoteka se zatvara pomoću funkcije `close` koja se poziva nad otvorenom datotekom.

Funkcija `logMsg` ispisuje poruku na standardni izlaz zajedno s vremenom kada je zapisana, koristeći isti format. Također, poziva funkciju `logMsgFile` kako bi zapisala istu poruku u datoteku zapisa.

```
359 def logMsgFile(message):
360     with open(logFileName, 'a') as f:
```

Poglavlje 5. Projektna aplikacija

```
361     f.write(datetime.datetime.now().strftime('%d/%m/%Y %H:%M:%S
        ') + message + '\n')
362     f.close()
363 def logMsg(message):
364     print(datetime.datetime.now().strftime('%d/%m/%Y %H:%M:%S '
        ) + message)
365     logMsgFile(message)
```

Prikaz programske podrške 5.3 Izrada zapisa

Ove funkcije omogućuju pasivno praćenje i zapisivanje poruka u datoteku zapisa te omogućuju bolje razumijevanje događaja u programu.

5.2 Izrada postavki programa

Prikaz programske podrške 5.4 predstavlja važan aspekt programske podrške za konfiguraciju postavki sustava. Ova konfiguracija je ključna za omogućavanje prilagodbe programa specifičnim potrebama i okruženjima korisnika bez promjene unutar rada aplikacije. U nastavku je detaljnije opisana datoteka *iniSettings.py*.

Funkcija `createINIFile` provjerava postoji li konfiguracijska datoteka na definiranoj putanji. Ako datoteka ne postoji, funkcija će stvoriti novu konfiguracijsku datoteku *postavke.ini*. U toj datoteci definirane su osnovne postavke programa, kao što su direktorij za pohranu podataka, naziv datoteke s popisom USB uređaja, naziv datoteke s popisom senzora, vremenski okviri za prikupljanje podataka i pragovi odstupanja.

Funkcija `getINIFile` ima ključnu ulogu u dohvaćanju postavki iz konfiguracijske datoteke. Prvo se poziva funkcija `createINIFile` kako bi se osiguralo da konfiguracijska datoteka postoji. Nakon toga, čita se konfiguracijska datoteka i iz nje se dohvaćaju postavke. Te postavke se zatim koriste za inicijalizaciju objekta klase `Settings`.

```
43 def getINIFile():
44     createINIFile()
45
```

Poglavlje 5. Projektna aplikacija

```
46 config = configparser.ConfigParser()
47 config.read(INI_PATH)
48
49 settingsDict = dict(config['DEFAULT'])
50 return Settings(settingsDict)
```

Prikaz programske podrške 5.4 Izrada postavki programa

Ovaj pristup konfiguraciji omogućuje dinamičku prilagodbu programa, bez potrebe za promjenom izvornog koda. Korisnici mogu jednostavno mijenjati postavke u konfiguracijskoj datoteci kako bi prilagodili ponašanje programa njihovim specifičnim potrebama. To je osobito korisno u situacijama gdje je potrebno mijenjati direktorije za pohranu podataka, vremenske okvire prikupljanja podataka ili pragove odstupanja. Osim toga, korištenje konfiguracijske datoteke olakšava održavanje programa i suradnju između različitih korisnika, budući da se postavke lako mogu dijeliti i primjenjivati.

5.3 Učitavanje podataka o sensorima

Program nakon prethodnih koraka pretražuje direktorije u trenutnom radnom direktoriju kako bi pronašao datoteke koje sadrže informacije o sensorima i USB uređajima. Ako su te datoteke pronađene, čita njihove sadržaje i koristi ih za stvaranje podatkovnog okvira (engl. *dataframe*) koji kombinira informacije o sensorima i njihovim serijskim brojevima USB uređaja.

Opisani isječak programskog koda prikazan je u programskoj podršci 5.5. Nakon navedenoga slijedi manipulacija tim podacima u obliku spajanju podatkovnih okvira, zamjenom znakova te indeksiranja. Na kraju, vraća se pripremljeni podatkovni okvir s ovim podacima. Varijable podatkovnog skupa uključuju: identifikacijski broj, serijski broj, ime prostora u kojem se nalazio, mjernu točku i visinu.

```
23     if appSettings.USBS in files: usbs = pd.read_excel(os.path.
24         join(root, appSettings.USBS), index_col=3)
24     if appSettings.SENSORS in files: sensors = pd.read_excel(os
        .path.join(root, appSettings.SENSORS), index_col=2).fillna(
```

```
method='ffill')
```

Prikaz programske podrške 5.5 Očitavanje podataka postavki senzora

5.4 Grupiranje podatka

Prvi korak grupiranja podataka podrazumijeva izračivanje direktorija za svaki od prostora, u slučaju da ti direktoriji ne postoje. Slijedi dio programa 5.6 koji sortira datoteke sa sirovim (engl. *raw*) podacima u odgovarajuće direktorije prema imenima prostora.

```
65 for fileName in files:
66     fileSerialNumber = fileName.split('_')[0] if '_' in
        fileName else fileName.split('.')[0]
67     spaceName = sensorSettings[sensorSettings['Serial number']
        == fileSerialNumber]['Space name']
68
69     if not spaceName.empty:
70         spaceName = spaceName.values[0]
71         sourceFile = sourceFileTemplate.format(fileName)
72         destinationDirectory = destinationDirectoryTemplate.
        format(spaceName)
73         shutil.copy2(sourceFile, destinationDirectory)
74     else:
75         logMsg(f'Nije pronaden serijski broj za {fileName}')
76         noSerialNumberList.append(fileName)
```

Prikaz programske podrške 5.6 Grupiranje podataka

Iterira se kroz sve datoteke u glavnom direktoriju. Za svaku datoteku, serijski broj senzora se izdvaja iz imena datoteke i koristi se za pronalaženje odgovarajućeg naziva prostora u postavkama senzora. Ako se prostor pronađe, datoteka se kopira u odgovarajući direktorij za taj prostor. Ako se serijski broj ne može pronaći, datoteka se ne kopira, a njezino ime dodaje se na listu `noSerialNumberList`. Na kraju funkcije `sortFiles` generira se poruka o završetku sortiranja i vraća se lista datoteka koje

nisu imale serijski broj.

Automatizirano sortiranje podataka, koje ova funkcija omogućava, donosi značajnu uštedu vremena i resursa u usporedbi s ručnim postupkom koji bi bio iznimno vremenski zahtjevan i sklon ljudskim pogreškama.

5.5 Učitavanje mjerenih podataka

Funkcija `getDataTroughFiles` ima ključnu ulogu u obradi i pripremi podataka za daljnju analizu. Ova funkcija prolazi kroz strukturu direktorija koji sadrže sirove podatke o temperaturi i vlažnosti te ih prikuplja i oblikuje u prikladan oblik za daljnju analizu.

Prvo, funkcija provodi iteraciju kroz direktorije na razini glavne mape sa podacima u traženom direktoriju. Za svaki prostor (direktorij) unutar ovog glavnog direktorija, funkcija prolazi kroz sve datoteke koje sadrže sirove podatke. Podaci se zatim obrađuju, a ključni koraci u obradi uključuju:

- Identifikaciju serijskog broja senzora iz naziva datoteke,
- povezivanje serijskog broja senzora s odgovarajućim postavkama senzora, uključujući naziv mjernog mjesta i visinu senzora,
- čitanje sirovih podataka iz Excel datoteke, uključujući temperaturu i vlažnost, te pretvaranje podataka u prikladan format za daljnju analizu,
- filtriranje i ograničavanje podataka na određeno vremensko razdoblje definirano postavkama i
- prikupljanje i spremanje podataka u strukturu podataka za daljnju analizu.

Ova funkcija također bilježi informacije o nepravilnostima, kao što su nepostojanje serijskog broja senzora u postavkama ili različit broj mjerenja od očekivanoga u određenim prostorima. Funkcija također prepoznaje i izvlači granice (gornje i donje) za temperaturu i vlažnost iz određenih datoteka koje sadrže informacije o granicama alarma za senzore.

Nakon što su svi podaci obrađeni, funkcija vraća pripremljene podatke za daljnju

analizu u odgovarajućem formatu, kao i informacije o granicama za temperaturu i vlažnost. Ova funkcija ima ključnu ulogu u automatizaciji procesa prikupljanja i pripreme podataka, čime znatno olakšava analitički proces i osigurava dosljednost i točnost podataka za daljnju analizu.

5.6 Izračuni deskriptivne analize

Funkcija `getSimpleCalculationsAndCheckMeasurements` igra ključnu ulogu u izračunu jednostavnih statističkih varijabli za temperaturu i vlažnost te provjeri valjanosti mjerenja senzora u različitim prostorima.

Glavne značajke funkcije uključuju:

- Iteriranje kroz različite prostore i senzore unutar tih prostora kako bi se prikupili i obradili podaci o temperaturi i vlažnosti,
- izračunavanje statističkih varijabli svakog senzora za temperaturu, uključujući minimalnu, maksimalnu, prosječnu temperaturu, fluktuaciju (razlika između minimalne i maksimalne) temperature, standardnu devijaciju i prosječnu kinetičku temperaturu (MKT),
- ako postoje podaci o vlažnosti za taj senzor, funkcija također izračunava slične statističke varijable za vlažnost,
- provjera valjanosti mjerenja uključuje otkrivanje vremenskih intervala bez podataka u mjerenjima (vremenski intervali bez podataka) i temperaturnih skokova koji su veći od odstupanja definiranog u postavkama,
- svi se izračunati podaci i informacije o valjanosti mjerenja pohranjuju u odgovarajuću strukturu podataka za daljnju analizu.

Ova funkcija je ključna u analizi podataka jer omogućava generiranje osnovnih statističkih informacija o temperaturi i vlažnosti te identifikaciju nepravilnosti u mjerenjima senzora. Ovo pomaže korisnicima u brzom uočavanju problema u prostorima gdje se provode mjerenja i povećava pouzdanost prikupljenih podataka za daljnju analizu.

5.7 Spremanje podataka

Detaljno će se opisati funkcije za spremanje podataka i grafova sirovih podataka koje su ključne za deskriptivnu analizu. Naglasit će se kako se ove funkcije koriste za efikasno spremanje, analizu i vizualizaciju podataka iz laboratorijskih prostora raznih klijenata tvrtke Alius grupe.

5.7.1 Spremanje podataka deskriptivne analize

Funkcija `saveData` ima zadaću spremanja izračunatih podataka u Excel datoteke za svaki prostor. Podaci uključuju statističke informacije o temperaturi i vlažnosti, a sljedeći koraci detaljnije opisuju sadržaj navedene funkcije:

1. Iterira se kroz svaki prostor (*space*) u podacima `data`.
2. Provjerava se je li već spremljena Excel datoteka sažetka deskriptivne analize za taj prostor. Ako već postoji, funkcija preskače taj prostor.
3. Za svaki senzor unutar prostora, čitaju se relevantne statističke vrijednosti (minimum, maksimum, prosjek, fluktuacija i standardna devijacija) za temperaturu i/ili vlažnost. Podaci se dodaju u `tempData` ili `humData` ovisno o tome je li senzor odgovoran za temperaturu ili vlažnost.
4. Nakon prolaska po svim senzorima, podaci se spremaju u odgovarajuće Excel datoteke za prostor koristeći `pd.ExcelWriter` klasu čije se korištenje može vidjeti u prikazu programske podrške 5.7. Podaci se dodaju u listu radnih listova *Temperatura* i *Vlaga*.
5. Također se dodaje uvjetno oblikovanje u Excel datoteku kako bi se istaknule linije programskog koda sa minimalnim i maksimalnim vrijednostima.

```
235     with pd.ExcelWriter(os.path.join(os.getcwd(), appSettings.  
MAIN_DATA_FOLDER, appSettings.DATA_FOLDER, appSettings.  
SUB_DATA_FOLDER, space[0], 'Sazetak.xlsx'), engine='openpyxl  
' ) as writer:  
236         tempDf = pd.DataFrame(tempData)
```

```
237     tempDf.to_excel(writer, index=False, sheet_name='
Temperatura')
238     temperatureSheet = writer.sheets['Temperatura']
```

Prikaz programske podrške 5.7 Spremanje deskriptivnih podataka

Ova funkcija omogućava spremanje statističkih podataka o temperaturi i vlažnosti za svaki prostor u odvojene Excel datoteke, što olakšava daljnju analizu i praćenje stanja tih prostora tijekom vremena, kao i izradu izvješća.

5.7.2 Spremanje grafova sirovih podataka

Funkcije `getTemperatureGraphs` i `getHumidityGraphs` su podpozivi funkcije `saveGraphs` te generiraju grafove temperature i vlage za svaki prostor u podacima gdje mjerenja postoje. Grafovi se spremaju kao PNG datoteke, odnosno slike. Koraci spremanja grafova su sljedeći:

1. Za svaki prostor (*space*) u podacima, provjerava se je li već generiran graf temperature/vlage za taj prostor. Ako je već generiran, funkcija preskače taj prostor.
2. Za svaki senzor unutar prostora, prikupljaju se vremenski indeksi i odgovarajuće vrijednosti temperature/vlage. Graf se gradi za svaki senzor.
3. Na graf se dodaju horizontalne linije koje označavaju gornju i donju granicu temperature/vlage definirane u podacima (`data.limits[0]` i `data.limits[1]`).
4. Postavljaju se granice na y-osi kako bi se graf bolje prikazao.
5. Graf se sprema kao PNG datoteka u odgovarajući direktorij prostora.

Funkcija `saveGraphs` omogućava generiranje grafova za praćenje stanja temperature i vlage u svakom prostoru tijekom određenog perioda.

5.8 Izračun i spremanje interpolacijskih dvodimenzionalnih grafova

Funkcija `saveInterpolatedGraphs` ima zadatak generiranja interpoliranih grafova na temelju podataka o temperaturi i relativnoj vlažnosti za određeni prostor.

Ulazni parametri navedeni su i objašnjeni u sljedećoj listi:

- `data`: Objekt koji sadrži podatke o sensorima i njihovim mjerenjima i izračunima.
- `appSettings`: Postavke aplikacije koje se koriste za definiranje putanja i postavki.
- `sensorSettings`: Postavke senzora koje se koriste za analizu podataka.
- `extremeValues`: Ekstremne vrijednosti temperatura za različite prostore.

Izračun i spremanje interpolacijskih dvodimenzionalnih grafova prikazan je u isječku programske podrške 5.8. Glavni koraci navedenog isječka su:

1. Funkcija prolazi kroz listu prostora kako bi provjerila ima li datoteka za tlocrte tog prostora. Ako datoteke ne postoje, funkcija prelazi na sljedeći prostor.
2. Izvlače se ekstremne vrijednosti temperaturnih podataka za trenutni prostor iz prethodno izračunatih `extremeValues` svih prostora.
3. Poziva se funkcija `getHeightTemperaturesDf` kako bi dobila podatke o visinama i temperaturama senzora za taj prostor na temelju informacija o sensorima, željenih ekstremnih vrijednosti i postavki senzora.
4. Dohvaćaju se koordinate senzora iz Excel datoteke za tlocrt prostora te se spajaju sa visinama senzora te temperaturama u jedan podatkovni okvir kako bi se pripremili za interpolaciju.
5. Učitava se slika tlocrta prostora iz JPG datoteke kako bi se koristila kao pozadina za generirane grafove.
6. Stvara se mreža koja će poslužiti za interpolaciju podataka na tlocrtu i određuje se minimalna i maksimalna temperatura unutar podataka kako bi se pravilno

Poglavlje 5. Projektna aplikacija

skalirali grafovi.

```
500 for space in data.dfList:
501     if not getGroundPlanFilesExists(appSettings, space[0]):
502         continue
503     wantedExtremeValues = extremeValues.get(space[0])
504
505     heightsTemperaturesDf = getHeightsTemperaturesDf(space[1],
506 wantedExtremeValues, sensorSettings)
507     coordinates = pd.read_excel(os.path.join(os.getcwd(),
508 appSettings.MAIN_DATA_FOLDER, appSettings.DATA_FOLDER,
509 appSettings.GROUND_PLAN, f'{space[0]}.xlsx'), index_col='ID'
510 )
511     coordsTempsHeights = pd.merge(coordinates,
512 heightsTemperaturesDf, left_index=True, right_index=True)
513     groundPlanImage = mpimg.imread(os.path.join(os.getcwd(),
514 appSettings.MAIN_DATA_FOLDER, appSettings.DATA_FOLDER,
515 appSettings.GROUND_PLAN, f'{space[0]}.jpg'))
516
517     imageSizeX, imageSizeY = coordinates.loc['IMG', ['X', 'Y']]
518     gridX, gridY = np.meshgrid(np.linspace(0, imageSizeX,
519 imageSizeX), np.linspace(imageSizeY, 0, imageSizeY))
520     minTemp = coordsTempsHeights['Minimum Temperature'].min()
521     maxTemp = coordsTempsHeights['Maximum Temperature'].max()
```

Prikaz programske podrške 5.8 Priprema podataka za interpolaciju

Nakon pripreme podataka, pozivaju se funkcije `getGriddataHeatmaps` i `getKdeHeatmaps`. Argumenti u pozivima su slični, jedina razlika je što se u `getGriddataHeatmaps` prosljeđuje naziv metode korištene u interpolaciji (*linear*, *nearest*, *cubic*), dok se u `getKdeHeatmaps` prosljeđuje vrijednost koeficijenta za izračun propusnosti estimatora. U ovom slučaju, nakon testiranja i u dogovoru s tvrtkom, to su metode *cubic* i vrijednost koeficijenta 0.5 zbog najboljeg prikaza podataka.

Svaka od funkcija koje su implementirane u ovom sustavu za analizu senzorskih podataka ima svoju fleksibilnost i prilagodljivost kako bi korisnicima omogućila

Poglavlje 5. Projektna aplikacija

preciznu analizu podataka. Ključna značajka ovih funkcija je njihova sposobnost prilagodbe različitim potrebama analize podataka. Svaka funkcija ima podjelu na tri različita načina rada: grupiranje po visini, grupiranje po mjernim točkama i prikaz ekstrema prostora.

Grupiranje po visini omogućuje korisnicima da analiziraju podatke senzora na temelju njihove fizičke visine ili položaja u prostoru. Na primjer, ako su senzori postavljeni na različitim visinama unutar prostorije, funkcija će prikazati srednje vrijednosti svih senzora koji se nalaze na istoj visini, kao toplinsku točku na slici tlocrta. Osim toga, omogućuje i prikaz vrijednosti između tih točaka kako bi se korisnicima pružila jasna vizualizacija temperaturnih ili vlažnosti promjena na različitim visinama. Teško je za pretpostaviti broj senzora na istoj visini po tlocrtu tj. slici jer varira o veličini prostora, zahtjevima korisnika i obliku skladištenja lijekova (identični regali ili različiti). U prostoriji "Skladište 3" je tako 21 senzor na visini od 0.3 metra, 1 na 0.4, 6 na 1.0, 2 na 1.3, 14 na 2.0, 10 na 2.5 i 1 senzor na 4.5 metra.

Grupiranje po mjernim točkama uzima u obzir sve senzore koji se nalaze na istim koordinatama u prostoru. Ova funkcija uzima srednju vrijednost svih senzora koji dijele iste koordinate i prikazuje tu vrijednost kao rezultat analize. To je korisno kada se senzori postavljaju na iste točke u različitim prostorijama ili kada je potrebno analizirati podatke na vrlo specifičnim mjestima unutar prostora.

Prikaz ekstrema prostora, s druge strane, fokusira se na identificiranje najekstremnijih vrijednosti temperatura ili vlažnosti unutar prostora. Ova funkcija otkriva kada i gdje su se dogodila najmanja ili najveća mjerenja u određenom vremenskom razdoblju. To je posebno korisno za identificiranje problema s klimatizacijom, pregrijavanjem ili nepravilnostima u prostoru.

Navedene metode rada omogućuju korisnicima dublju i precizniju analizu senzorskih podataka kako bi bolje razumjeli uvjete unutar prostora. Bez obzira na specifične potrebe analize, sustav pruža fleksibilnost i raznovrsnost kako bi korisnici mogli donositi informirane odluke i rješavati probleme u svojim prostorima.

Poglavlje 6

Rezultati

6.1 Poslovni zahtjevi i rezultati

Pri svakom pokretanju izrađenog programa, automatski se generira datoteka čiji je naziv baziran na trenutnom datumu i vremenu, imajući format `%d_%m_%Y hh:mm:ss.txt`. Ova datoteka služi kao dnevnik ili zapisnik svih ključnih aktivnosti i potencijalnih nepravilnosti koje su se dogodile tijekom rada programa. To uključuje situacije poput nedostatka serijskih brojeva, detekciju neusklađenih brojeva mjerenja za određene senzore te specifične događaje koji se odnose na neslaganje u mjerenjima temperature i vlažnosti. Svaki događaj zabilježen je s detaljima poput identifikacijskog broja senzora, prostorije u kojoj je senzor smješten, trajanja tog događaja te vremena njegovog početka i završetka.

Osim toga, zapisnik uključuje i imena prostorija za koje su kreirani grafovi, kao i vrstu mjerenog podatka (bilo da se radi o temperaturi ili vlažnosti). Zapis takvog oblika pruža korisniku jasan i koncizan pregled svih aktivnosti, olakšavajući identifikaciju i analizu potencijalnih problema, bez potrebe za ručnim pretraživanjem svih generiranih podataka.

Kako bi se dao bolji uvid u funkcionalnost ovog mehanizma, na slici 6.1 prikazan je realan primjer zapisa nastalog nakon obrade već spremljenih tablica i grafova. Ovaj primjer ilustrira kako program efikasno koristi svoje resurse i kako se korisničko vrijeme ne troši bespotrebno. Za potrebe ovoga prikaza korišten je prostor "Skladište

Poglavlje 6. Rezultati

3", dok su drugi prostori izostavljeni, kako bi se osigurao jednostavniji i sažetiji prikaz informacija.

```
13/08/2023 16:33:58 Ucitani podaci
13/08/2023 16:33:58 Nije pronaden serijski broj za 5B0A200091_MB07082529_X2.xls
13/08/2023 16:33:58 Nije pronaden serijski broj za FH30M32031_MB06131009_X2.xls
13/08/2023 16:33:58 Nije pronaden serijski broj za GC28M30237_MB06114200_X2.xls
13/08/2023 16:33:58 Nije pronaden serijski broj za GC28M30238_MB06095542_X2.xls
13/08/2023 16:33:58 Sortirani podaci sirovih tablica
13/08/2023 16:34:00 Razliciti broj mjerenja u prostoru Skladište 1 za sensor A041, ocekivan broj mjerenja 865,
dobiveni broj mjerenja 864
13/08/2023 16:34:03 Razliciti broj mjerenja u prostoru Skladište 1 za sensor EL913, ocekivan broj mjerenja 865,
dobiveni broj mjerenja 864
13/08/2023 16:34:03 Procitani podaci iz Skladište 1
13/08/2023 16:34:04 Razliciti broj mjerenja u prostoru Skladište 2 za sensor A080, ocekivan broj mjerenja 865,
dobiveni broj mjerenja 864
13/08/2023 16:34:05 Procitani podaci iz Skladište 2
13/08/2023 16:34:08 Procitani podaci iz Skladište 3
13/08/2023 16:34:12 Procitani podaci iz Skladište kat
13/08/2023 16:34:16 Temperaturni skok u prostoru Skladište 3 za sensor 510D101413 u trajanju od 35.0 minuta od
2023-02-10 11:20:00 do 2023-02-10 11:55:00
13/08/2023 16:34:17 Temperaturni skok u prostoru Skladište 3 za sensor 510D101429 u trajanju od 15.0 minuta od
2023-02-10 02:25:00 do 2023-02-10 02:40:00
13/08/2023 16:34:17 Temperaturni skok u prostoru Skladište 3 za sensor 530A200074 u trajanju od 15.0 minuta od
2023-02-10 02:20:00 do 2023-02-10 02:35:00
13/08/2023 16:34:18 Temperaturni skok u prostoru Skladište 3 za sensor 5B0D100636 u trajanju od 40.0 minuta od
2023-02-10 02:05:00 do 2023-02-10 02:45:00
13/08/2023 16:34:22 Izracunate jednostavne statisticke varijable svih senzora
13/08/2023 16:34:22 Izracunati ekstremi svih prostora
13/08/2023 16:34:22 Podaci izracuna za Skladište 1 vec postoje
13/08/2023 16:34:22 Podaci izracuna za Skladište 2 vec postoje
13/08/2023 16:34:22 Podaci izracuna za Skladište 3 vec postoje
13/08/2023 16:34:22 Podaci izracuna za Skladište kat vec postoje
13/08/2023 16:34:22 Podaci izracuna za Skladište kemikalija 1 vec postoje
13/08/2023 16:34:22 Podaci izracuna za Skladište kemikalija 2 vec postoje
13/08/2023 16:34:22 Graf temperature za Skladište 1 vec postoji
13/08/2023 16:34:22 Graf temperature za Skladište 2 vec postoji
13/08/2023 16:34:22 Graf temperature za Skladište 3 vec postoji
13/08/2023 16:34:22 Graf temperature za Skladište kat vec postoji
13/08/2023 16:34:22 Graf vlage za Skladište 1 vec postoji
13/08/2023 16:34:22 Graf vlage za Skladište 2 vec postoji
13/08/2023 16:34:22 Graf vlage za Skladište 3 vec postoji
13/08/2023 16:34:22 Graf vlage za Skladište kat vec postoji
13/08/2023 16:34:22 Spremljeni grafovi
```

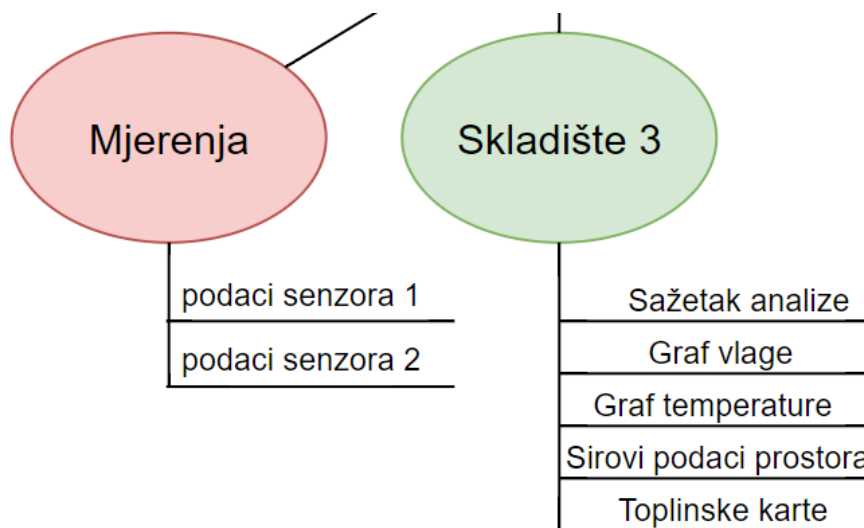
Slika 6.1 Zapis rada programa

U inicijalnom dijelu rada programskog rješenja, program preuzima podatke iz direktorija naziva "Mjerenja". Ovi podaci se potom sortiraju i filtriraju uz pomoć spajanja prema identifikacijskim i serijskim brojevima, sukladno procedurama opisanim u poglavlju 5. Implementacija ovakvog automatskog procesa pruža znatne prednosti u odnosu na ručno sortiranje, posebno s obzirom na složenost i potencijalnu zabunu koju mogu prouzročiti slične oznake.

Na slici 6.2 moguće je vidjeti dijagram hijerarhije datoteka sirovih, nesortiranih podataka označeno crvenom bojom, dok zelena boja datoteke koje su već prošli

Poglavlje 6. Rezultati

kroz automatizirani postupak sortiranja i grupiranja prema imenima prostora. Ova vizualna usporedba dodatno ističe efikasnost i preciznost algoritama implementiranih u programu.



Slika 6.2 Dijagram hijerarhije neobrađenih i nesortiranih (crveno) i obrađenih i sortiranih (zeleno) podataka jednog prostora

U segmentu rezultata koji se odnosi na tablični prikaz, koriste se Microsoft Excel tablice kako bi se prikazale određene karakteristike i mjerenja vezana uz senzore. Unutar ovih tablica, zastupljene su vrijednosti kao što su identifikacijski broj senzora, minimalne i maksimalne vrijednosti koje je senzor zabilježio, prosječne vrijednosti svih mjerenja, MKT (srednja kinetička temperatura) za situacije kada se radi o mjerenju temperature, fluktuacije mjerenja senzora, te standardne devijacije svih mjerenja.

Tablice su strukturirane i grupirane po mapama nazvana prema imenima prostora tj. mjesta gdje su senzori smješteni. Dodatna značajka ovih tablica jest označavanje određenih redova koji ističu maksimalne vrijednosti unutar stupaca koje predstavljaju najviše zabilježene vrijednosti, bilo to temperature ili vlage, te suprotno tome, redovi koji ističu minimalne vrijednosti.

Za lakše razumijevanje strukture i sadržaja ovih tablica, uključena je i tablica koji korisnicima pruža jasan uvid u način prezentacije rezultata. Ovaj primjer je

Poglavlje 6. Rezultati

dostupan i može se vidjeti u tablici 6.1.

ID senzora	Minimum (°C)	Maksimum (°C)	Prosjek (°C)	MKT (K)	Fluktuacija (°C)	Standardna devijacija
200049	21.7	22.7	22.18	22.19	1	22.19
200053	21.6	22.8	22.15	22.15	1.2	22.15
200054	22.1	23.1	22.54	22.54	1	22.54
200063	21.7	23.8	22.45	22.46	2.1	22.46
200065	21.9	23	22.39	22.4	1.1	22.4
200068	21.7	23.1	22.29	22.3	1.4	22.3
200081	21.2	22.1	21.69	21.69	0.9	21.69
200082	21.2	21.8	21.56	21.56	0.6	21.56
200096	19.8	21.6	21.17	21.17	1.8	21.17
100636	13.7	21.2	20.7	20.75	7.5	20.75
100657	21.5	22.6	21.96	21.96	1.1	21.96
100660	20.8	21.9	21.25	21.26	1.1	21.26
100663	19.2	20.8	20.63	20.63	1.6	20.63
100666	21.3	21.7	21.51	21.51	0.4	21.51
100667	19.4	20.6	19.9	19.91	1.2	19.91
100669	19.7	21.3	21.06	21.07	1.6	21.07

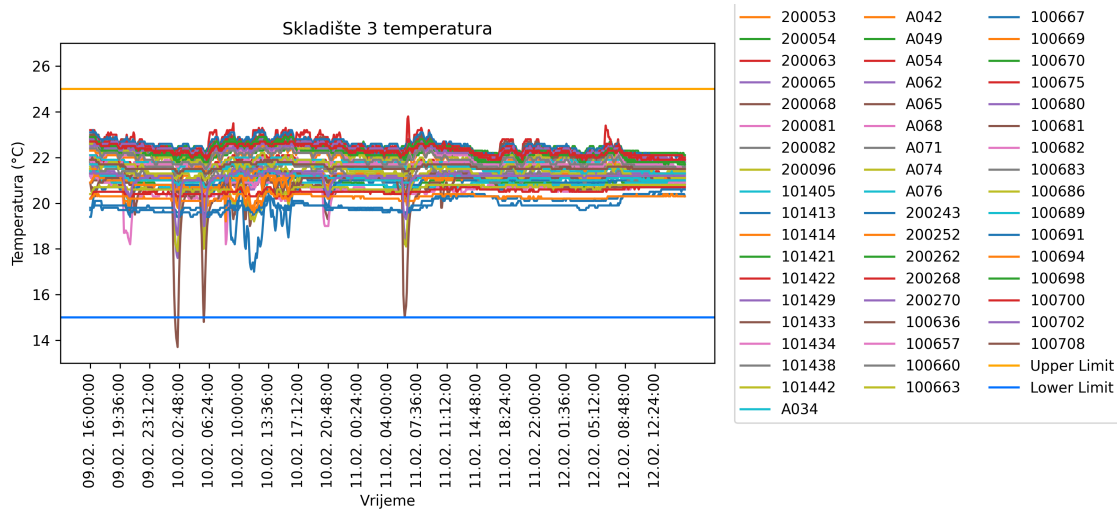
Tablica 6.1 Rezultat statičke analize podataka

U dijelu rezultata posvećenom grafičkom prikazu, podaci su reprezentirani putem grafova, čiji broj po prostoriji varira. Ovisno o tome postoji li mjerenje vlage unutar određenog prostora ili ne, može biti zastupljen jedan ili dva grafa. Ovi grafovi detaljno ilustriraju sirove, neobrađene podatke prikupljene tijekom mjerenja.

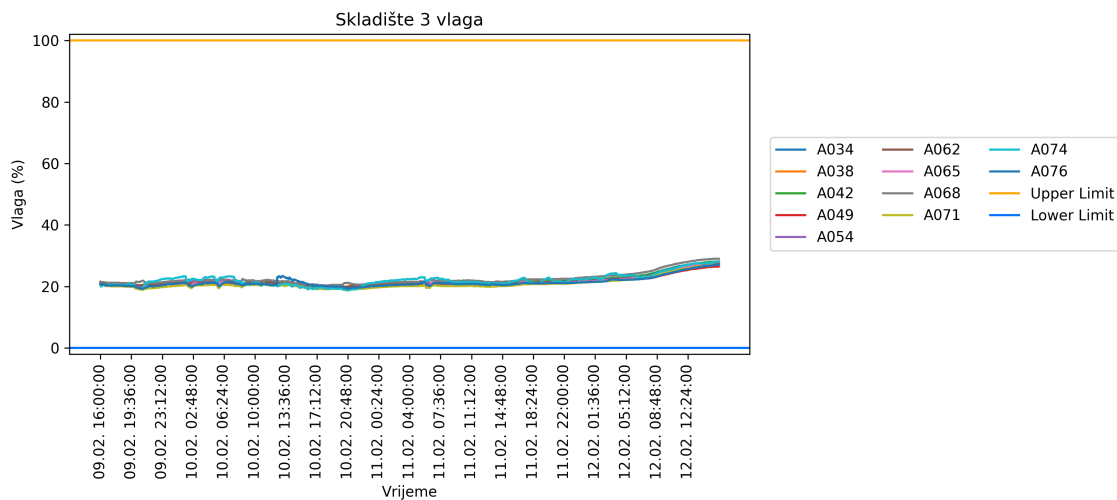
Za bolje razumijevanje ovakvog grafičkog prikaza mjerenja, korisnicima su pružene ilustracije. Grafički prikaz koji se odnosi na mjerenje temperature može se vidjeti na slici 6.3. S druge strane, ukoliko postoje mjerenja vlage unutar prostora, relevantni grafički prikaz dostupan je na slici 6.4.

Iako grafovi 6.3 i 6.4 nisu pregledni, služe za identifikaciju postojanja kakvih dugoročnih problema. Na temelju tih podataka odlučilo se za daljnju vizualizaciju podataka koja je pristupačnija korisnicima. Na primjer, vrijednosti senzora označenog sivom bojom prelaze vrijednost donje temperature označene ravnom plavom crtom. Iz slike se ne može očitati koji je to senzor te iz tog razloga se koriste druge metode koje to prikazuju prikazane na tablici 6.1 i slici 6.7b. Maksimum vrijednosti temperatura se identično može pročitati, ali nije toliko kritično jer se ne približava

Poglavlje 6. Rezultati



Slika 6.3 Graf neobrađenih mjerenja temperature



Slika 6.4 Graf neobrađenih mjerenja vlažnosti

ni prelaže gornju dopuštenu granicu označena ravnom žutom linijom vrijednosti 25.

6.2 Toplinske karte

Za vizualni prikaz toplinskih karata prostorija, odabrane su specifične metode i koeficijenti kako bi se osigurao precizan i informativan prikaz temperature unutar prostora. Jedna od metoda uključuje korištenje funkcije `griddata`. Ova funkcija omogućava kreiranje kontinuiranih, glatkih temperaturnih vrijednosti raspoređenih na mreži točaka, pri čemu se koristi kubična interpolacijska funkcija.

S druge strane, koristi se i funkcija `gaussian_kde`. Ova funkcija stvara objekt koji omogućuje procjenu gustoće raspodjele podataka koristeći Gaussovu jezgru. Za potrebe ovog pristupa, koristi se koeficijent 0.5, koji igra ključnu ulogu u izračunavanju širine propusnosti estimatora.

Funkcija `rbf` koja predstavlja interpolaciju radijalne osnovne funkcije je iskorištena u programu, ali ju ignoriramo zbog lošijeg prikaza u odnosu na ostale funkcije.

Obje metode su primijenjene kako bi se generirale slike koje prikazuju temperaturu na različitim visinama unutar prostora, uzimajući u obzir prosječne vrijednosti svih senzora smještenih na identičnim koordinatama, kao i prosjeci svih srednjih vrijednosti senzora na identičnim koordinatama. Osim toga, kreirane su i slike koje ilustriraju trenutke kada je temperatura unutar prostora bila na svojim ekstremima - najniža i najviša.

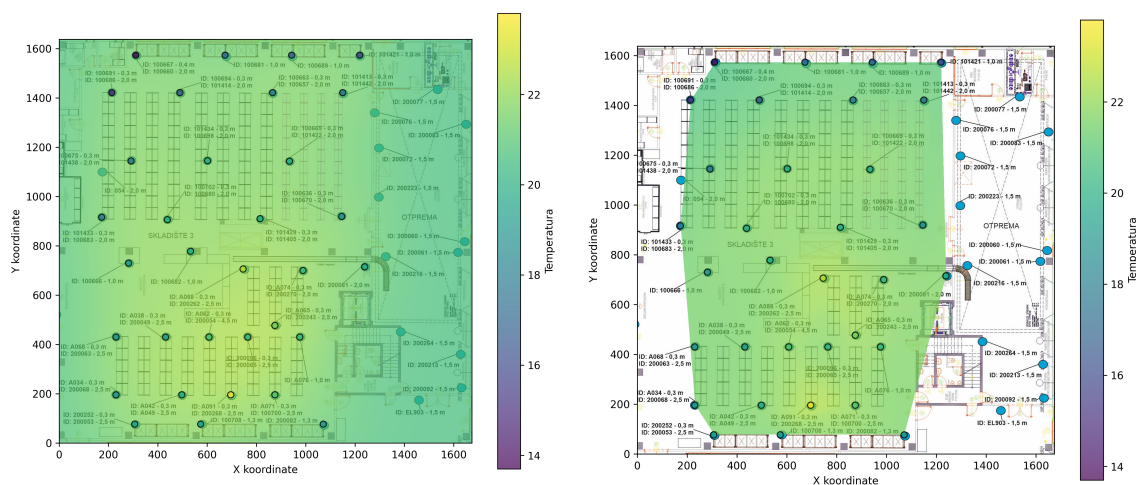
Što se tiče prikaza vrijednosti na slici, korištena je mapa boja *vidris*. Plava boja prezentira minimalne vrijednosti temperatura dok žuta predstavlja najtoplije temperature prostora.

Detaljni prikazi toplinskih karata, posebno fokusirani na prostor naziva "Skladište 3", dostupni su u sljedećem dijelu dokumenta.

Mjerne točke su predstavljene svijetlo plavom bojom te se na slici 6.5b vide sa desne strane slike, izvan interpoliranih vrijednosti. Tim točkama ne pripadaju nijedni senzori, radi li se o nepripadanju tom prostoru ili izostavljanju potrebnih podataka. Te točke se vide na mapi isključivo zbog korištenja slike prostora kao podloge na kojoj su te točke nacrtane.

Na slici 6.5 najuočljivija razlika između dviju metoda je u strukturi podataka koje generiraju. Gaussova metoda, sa slike 6.5a, često rezultira simetričnim, zvonastim

Poglavlje 6. Rezultati



(a) Procjena gustoće jezgre pomoću Gaussovih jezgri (b) Kubična interpolacija podataka na nepravilnoj mreži

Slika 6.5 Usporedba prosječnih vrijednosti temperature uz pomoć metoda navedeno ispod slika

obicima, dok kubna interpolacija sa slike 6.5b može proizvesti složnije i asimetrične oblike. Kubna interpolacija često daje vrlo glatke krivulje, dok Gaussova metoda može imati oštrije vrhove, ovisno o parametrima modela. U pogledu složenosti, Gaussova metoda je parametarski model, dok kubna interpolacija obično nije i može se prilagoditi podacima u većoj mjeri. Dok Gaussova metoda omogućava elegantnu ekstrapolaciju koja produžuje trendove izvan granica dostupnih podatkovnih točaka, kubna interpolacija se suzdržava od takvog proširenja, često ostavljajući korisnicima dojam grublje vizualizacije. Na oba prikaza, primarna pažnja je usmjerena na donji segment slike, koji izgleda toplije u usporedbi s gornjim dijelom. Ovaj efekt je naglašen upotrebom toplijih nijansi boja oko relevantnih mjernih točaka.

Slika 6.6b elegantno dočarava stanje u prostoru "Skladište 3" u trenutku kada je temperatura dosegla svoj apsolutni vrhunac. Ova vizualizacija koristi naprednu metodu procjene gustoće jezgre s Gausovim jezgrama, nudeći dubok uvid u toplinske profile prostora. Na slici 6.6b, uviđa se sličan scenarij, ali s ključnom razlikom: ovdje je kubična interpolacija tehnika izbora. Oba prikaza su u suglasju s trendo-

Poglavlje 6. Rezultati

vima vidljivim na slici 6.5, naglašavajući da je donji segment slike znatno topliji u usporedbi s hladnijim gornjim dijelom.

Prelazeći na sliku 6.7, fokus se pomaknuo na trenutke kada je temperatura u skladištu pala na najnižu razinu. Ovdje se rezultati metode dijagnostike temperature počinju razlikovati. Dok slika 6.7a pruža kontinuitet u vizualnom jeziku s prethodnim toplijim slikama, slika 6.7b bolje naglašava lokaciju najhladnije točke u prostoru, koja se nalazi u središnjem desnom segmentu slike. Da bi znali koja metoda radi bolje, i da bi onda mogli tvrditi gdje je precizna lokacija bi morali provesti mjerenja na tim lokacijama da bi validirali pristup. Ovo pruža dodatnu dimenziju razumijevanja toplinskih uvjeta unutar "Skladište 3" te sukladno i drugim prostorima.

Slika 6.8 predstavlja intrigantnu mapu srednjih temperatura mjernih točaka na različitim visinskim razinama. Za promatranje termalnih razlika između različitih visina, najinformativnije je koncentrirati se na prvi stupac slika, koje su modelirane pomoću metode procjene gustoće s Gausovim jezgrama. Na prvoj slici, na visini od 0.3 metra, promatra se blago povišena temperatura u donjem i središnjem dijelu slike, oblikujući karakteristični obrnuti "L". Na slici koja prikazuje visinu od 1 metra, toplina se preusmjerava prema gornjem dijelu slike, a generalno je cijela prostorija toplija. Treća slika otkriva još toplije okruženje, s posebnim naglaskom na toplinu koja dominira gornjim dijelom slike.

Jedan ključni aspekt koji zaslužuje posebnu pozornost je tehnička ograničenja metode: nemogućnost generiranja mape ako je broj senzora na istoj visini manji od četiri. Ovo objašnjava nesklad sa prethodnim slikama, gdje se većina toplinske aktivnosti koncentrirala na donjem dijelu. Važno je napomenuti da je velik broj senzora bio pozicioniran između ovih primarnih visinskih razina, što znači da se njihovi podaci, kada se koristi ova metoda, efektivno gube.

Navedena vizualizacija jasno pruža uvid u razlike po visini prostorije, što bi inače bilo teže uočiti iz čistih podataka. Ova metoda pruža vrijedne informacije o termalnim razlikama na različitim visinskim razinama, što može biti korisno u mnogim kontekstima. Očigledno je da na nižim visinskim razinama postoji tendencija više temperature u donjem i središnjem dijelu prostorije, dok se na višim razinama toplina preusmjerava prema gornjem dijelu prostorije. Ova informacija može pomoći u optimizaciji sustava grijanja i hlađenja prostorije te boljem razumijevanju termalnih

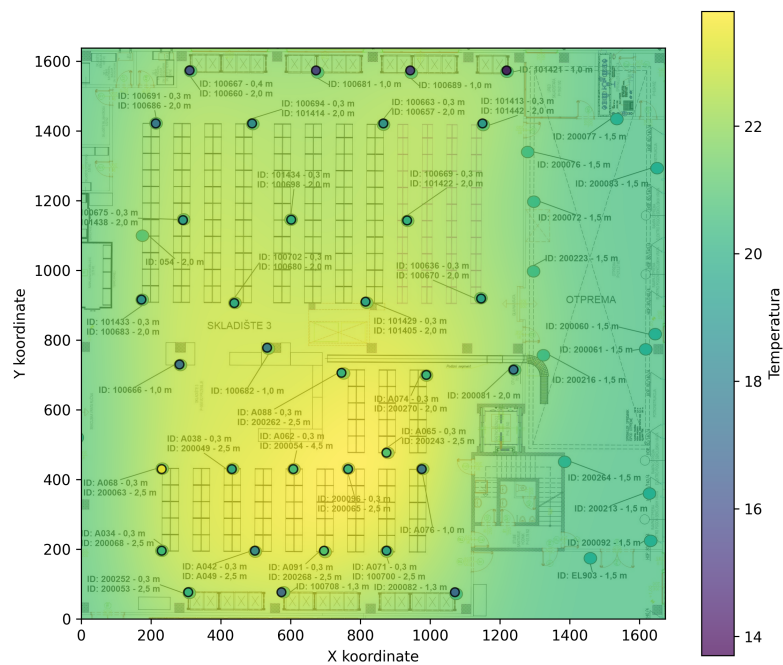
Poglavlje 6. Rezultati

svojtava prostora.

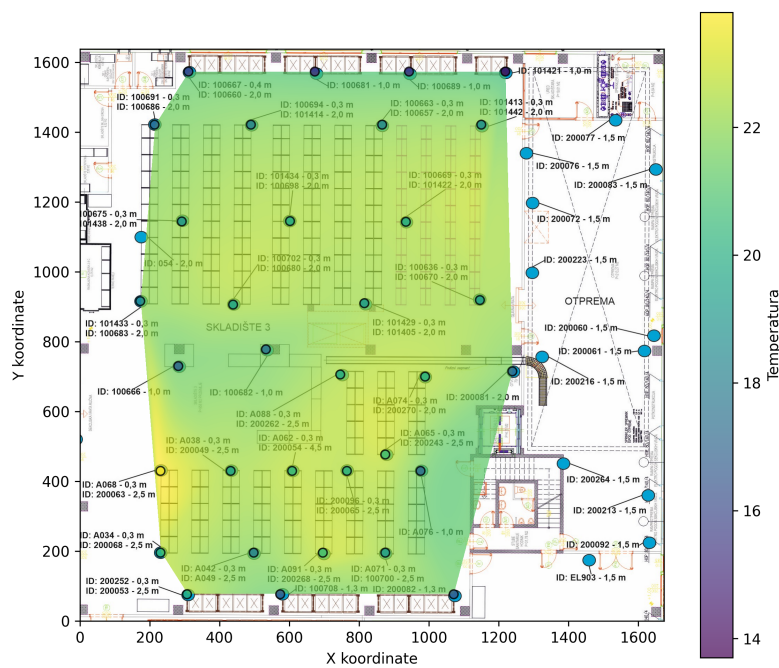
Osim toga, ova metodologija može poslužiti za identifikaciju zona najvećih promjena promatrane varijable. Na primjer, uočeno je da postoji izrazito topla zona koja dominira gornjim dijelom slike na visini od 1 metra. Ova informacija može potaknuti razmatranje instaliranja dodatnih senzora ili prilagođavanje postojećeg sustava kako bi se bolje kontrolirala temperatura u toj zoni.

Važno je također uzeti u obzir tehnička ograničenja metode koja se koristi. Nemogućnost generiranja mape ako je broj senzora na istoj visini manji od četiri može utjecati na točnost i pouzdanost rezultata. U konkretnom slučaju, to može objasniti nesklad u termalnim aktivnostima na nižim visinskim razinama, gdje je broj senzora bio manji, i gdje su se podaci izgubili u obradi.

Poglavlje 6. Rezultati



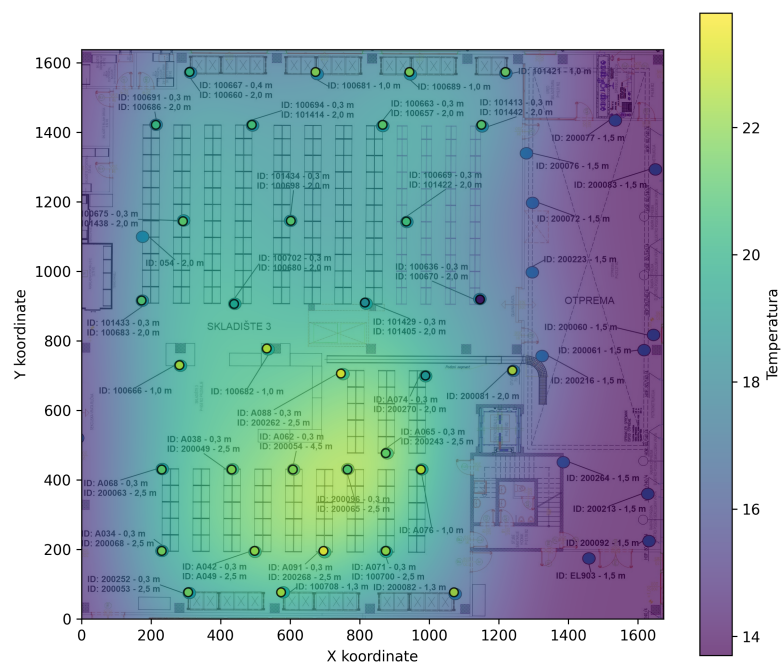
(a) Procjena gustoće jezgre pomoću Gaussovih jezgri



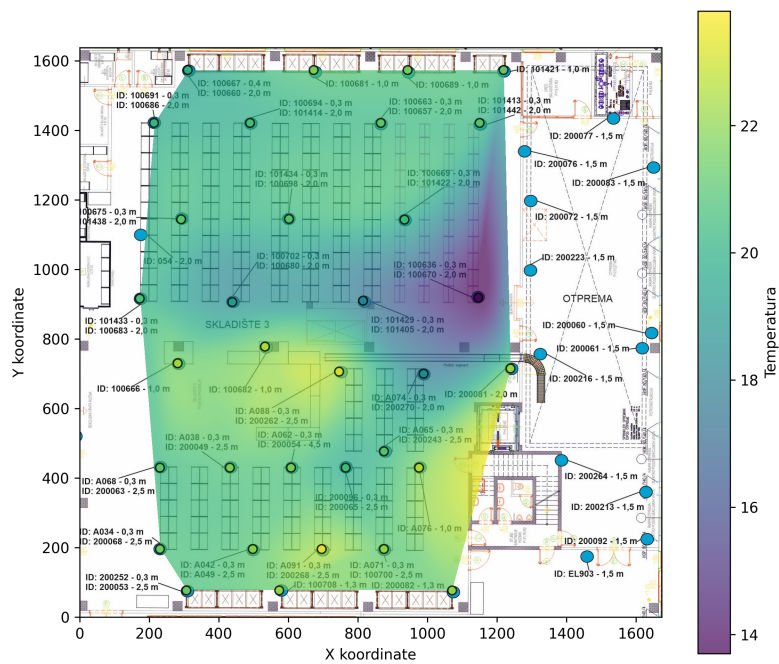
(b) Kubično interpolirani podaci

Slika 6.6 Usporedba maksimalnih vrijednosti prostora

Poglavlje 6. Rezultati



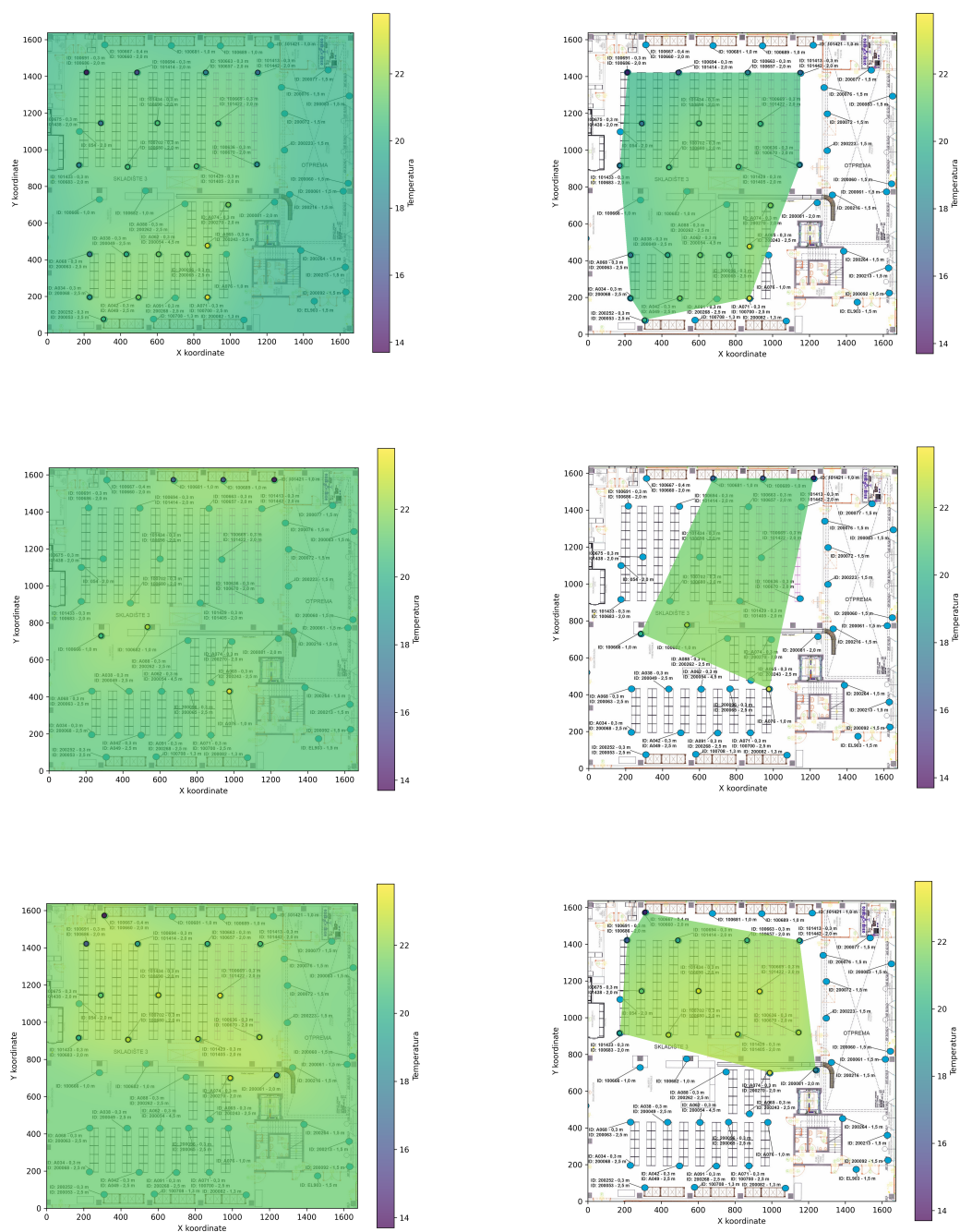
(a) Procjena gustoće jezgre pomoću Gaussovih jezgri



(b) Kubično interpolirani podaci

Slika 6.7 Usporedba minimalnih vrijednosti prostora

Poglavlje 6. Rezultati



Slika 6.8 Usporedba prosječnih vrijednosti procjenom gustoće jezgre pomoću Gaussovih jezgri (lijevo) i kubičnom interpolacijom podataka na nepravilnoj mreži (desno) na visinama od 0.3 metara (prvi red), 1.0 metara (drugi red) i 2.0 metara (treći red)

Poglavlje 7

Zaključak

Precizno praćenje temperatura i relativne vlage u prostorima ima ključnu važnost. Osim očuvanja kvalitete proizvoda, to omogućuje uštedu resursa, osigurava sigurnost osoblja te osigurava usklađenost s regulativama.

U ovom istraživanju, uspješno je razvijen sustav za analizu senzorskih podataka u prostorima. Ključni nalazi uključuju implementaciju funkcija za grupiranje podataka po visini, mjernim točkama i prikaz ekstrema prostora. Sustav omogućuje preciznu analizu temperatura i relativne vlage u prostorima te pruža vizualizaciju podataka putem tablica, grafova i tlocrta.

Rezultati ovog rada imaju široku primjenu u stvarnom svijetu. Na primjer, sustav može biti koristan za praćenje uvjeta unutar industrijskih objekata, uredskih prostora, skladišta ili laboratorija. U industriji, može se koristiti za identificiranje i rješavanje problema u kontroli temperature i vlage u proizvodnom procesu. U uredskim prostorima, omogućuje bolju regulaciju klimatizacije za udobnost zaposlenika. U skladištima, pomaže u sprečavanju oštećenja osjetljive robe uslijed neprikladnih uvjeta.

Što se tiče konkretne primjene, koristi se svakodnevno u mapiranju prostora unutar tvrtke Alius grupa kako bi se osigurala optimalna temperatura i relativna vlaga u laboratorijskim prostorijama njihovih klijenata. Ovaj sustav omogućava precizno praćenje i analizu uvjeta okoline, čime se osigurava sigurnost i kvaliteta njihovih farmaceutskih proizvoda, kao i polovično automatizirani proces izrade raznih doku-

Poglavlje 7. Zaključak

menata u svrhu kvalifikacije prostora.

Budući rad mogao bi se usmjeriti na dodatna poboljšanja sustava, uključujući dodatne analitičke alate i mogućnost praćenja senzora u stvarnom vremenu. Također, moglo bi se istražiti proširenje funkcionalnosti za analizu drugih parametara, poput kvalitete zraka ili osvjetljenja. Nadalje, rad bi se mogao proširiti na primjenu umjetne inteligencije za predviđanje problema i automatsko upravljanje sustavom.

Ovaj rad predstavlja korak prema boljem razumijevanju i upravljanju uvjetima unutar različitih prostora. Razvijeni sustav ima potencijal da unaprijedi produktivnost, udobnost i sigurnost u različitim okruženjima. Kroz daljnja istraživanja i primjenu ovih rezultata u praksi, mogle bi se ostvariti značajne koristi u različitim sektorima, čime bi se poboljšala kvaliteta života i rada ljudi.

Bibliografija

- [1] Mar 2023. , s Interneta, <https://pharma-celsius.com/product/pharma-box-95-0/>
- [2] 2019. , s Interneta, <https://croinfo.net/forum/index.php?topic=3897.0>
- [3] cvtadmin, “10 tips to consider when mapping storage areas for the cold chain - cryopak digital,” Oct 2020. , s Interneta, <https://www.cryopakdigital.com/2020/10/16/10-tips-to-consider-when-mapping-storage-areas-for-the-cold-chain/>
- [4] I. Tabašević, D. D. Milanović, V. S. Brkić, and M. Misita, “Temperature mapping in pharmaceutical warehouse—framework for pharmacy 4.0,” in *X International Conference Industrial Engineering and Environmental Protection*, 2020, pp. 08–09.
- [5] G. Bogdanovská, B. Stehlíková, and D. Bednárová, “Temperature mapping in the storage area,” in *2023 24th International Carpathian Control Conference (ICCC)*, 2023, pp. 59–64.
- [6] Jun 2023. , s Interneta, <https://pharma-celsius.com/>
- [7] L. Krpan, R. Maršanić, and V. Jedvaj, “Upravljanje zalihama materijalnih dobara i skladišno poslovanje u logističkoj industriji,” *Tehnički glasnik*, vol. 8, no. 3, pp. 269–277, 2014.
- [8] G. Chaloner-Larsson, R. Anderson, A. Egan, M. A. Da Fonseca Costa Filho, J. F. Gomez Herrera, V. Supply, W. H. Organization *et al.*, “A who guide to good manufacturing practice (gmp) requirements,” World Health Organization, Tech. Rep., 1999.
- [9] EMA, “Good distribution practice - european medicines agency,” Sep 2018. , s Interneta, <https://www.ema.europa.eu/en/human-regulatory/post-authorisation/compliance/good-distribution-practice#:~:text=>

Bibliografija

Good%20distribution%20practice%20(GDP)%20describes,maintained%
20throughout%20the%20supply%20chain.

- [10] G. Hundy, A. Trott, and T. Welch, "Refrigerated transport, handling and distribution," *Elsevier eBooks*, p. 214–225, Jan 2008. , s Interneta, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780750685191000177>
- [11] magicmarinac.hr, "Zakon o lijekovima - zakon.hr," 2016. , s Interneta, <https://www.zakon.hr/z/399/Zakon-o-lijekovima>
- [12] 2023. , s Interneta, https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/1998_10_143_1779.html
- [13] 2023. , s Interneta, https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2005_03_29_505.html
- [14] W. H. Organization *et al.*, "How to temperature map cold chain equipment and storage areas," 2022.
- [15] 2023. , s Interneta, <https://www.ni.com/en/solutions/industrial-machinery/data-logging.html>
- [16] Sep 2022. , s Interneta, <https://www.tempsen.com/products/tempod30>
- [17] 2015. , s Interneta, <https://www.tempsen-europe.com/product-page/alpha-th30>
- [18] Oct 2022. , s Interneta, <https://www.instrukart.com/tempsen-alpha-th-30-data-logger/>
- [19] 2023. , s Interneta, https://ori.hhs.gov/education/products/n_illinois_u/datamanagement/datopic.html
- [20] C. A. Thompson, "Descriptive data analysis," *Air Medical Journal*, vol. 28, no. 2, p. 56–59, Mar 2009. , s Interneta, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1067991X08002976>
- [21] B. Kommanaboyina and C. Rhodes, "Effects of temperature excursions on mean kinetic temperature and shelf life," *Drug development and industrial pharmacy*, vol. 25, no. 12, pp. 1301–1306, 1999.

Sažetak

U ovom diplomskom radu razvijen je sustav za analizu senzorskih podataka u prostorima, s naglaskom na temperaturu i relativnu vlagu. Kroz detaljne analize podataka i primjenu različitih metoda grupiranja i prikaza ekstrema, omogućeno je bolje razumijevanje uvjeta unutar laboratorijskih prostora klijenata tvrtke Alius grupa. Ovaj rad nudi uvid u praktičnu primjenu ovog sustava u stvarnom svijetu, ističući njegovu važnost za osiguranje sigurnosti i kvalitete farmaceutskih proizvoda. Rezultati ovog rada se mogu koristiti kao temelj za daljnji rad koji može uključivati proširenje funkcionalnosti, primjenu umjetne inteligencije i praćenje u stvarnom vremenu, unaprjeđujući tako upravljanje uvjetima unutar prostora i poboljšavajući produktivnost, udobnost i sigurnost.

Ključne riječi — mapiranje prostora, analiza podataka, interpolacija, procjena gustoće jezgre

Abstract

In this thesis, a system was developed for the analysis of sensor data in rooms, with an emphasis on temperature and relative humidity. Through detailed data analysis and the application of various methods of grouping and display of extremes, a better understanding of the conditions within the laboratory spaces of the clients of the Alius Group was made possible. This paper offers an insight into the practical application of this system in the real world, highlighting its importance for ensuring the safety and quality of pharmaceutical products. The results of this work can be used as a basis for further work that may include expanding functionality, applying artificial intelligence and real-time monitoring, thus improving the management of indoor conditions and improving productivity, comfort and safety.

Keywords — space mapping, data analysis, interpolation, kernel density estimation