

VILNIAUS UNIVERSITETAS  
MATEMATIKOS IR INFORMATIKOS FAKULTETAS  
KOMPIUTERIJOS KATEDRA

Baigiamasis magistro darbas

**Naftos dėmių atpažinimo metodai**

Atliko: 2 M. kurso, 1 grupės studentas

Vaidotas Ramonas (parašas)

Darbo vadovas:

dr. Algimantas Juozapavičius (parašas)

Vilnius

2006

## Turinys

Anotacija.....	3
Summary.....	3
Įvadas.....	4
1. Duomenų šaltiniai.....	5
1.1. Radiometro specifikacija .....	6
1.2. Radaro specifikacija.....	8
1.3. Radaro ir radiometro veikimo zonų santykis .....	10
2. Naftos dėmių atpažinimo sistemos struktūrinė schema.....	11
3. Radaro ir radiometro duomenų analizės metodai .....	14
3.1. Duomenų interpretavimas .....	14
3.2. Duomenų paruošimo klasifikavimui metodai .....	14
3.2.1. Vaizdo reikšmių sumavimas .....	14
3.2.2. Fono (BG) pašalinimas.....	15
3.2.3. Fono (BG) pašalinimas kartu su vaizdo reikšmių sumavimu.....	15
3.2.4. Segmentavimas.....	16
3.2.5. Vaizdo glotninimas .....	18
3.2.6. Slenksčio taikymas .....	20
3.2.7. Objektų išskyrimas .....	21
3.3. Objektų-kandidatų klasifikavimo metodai.....	23
3.3.1. „Fuzzy“ logika kaip modeliavimo įrankis.....	23
3.3.2. „Fuzzy“ klasifikatorių modeliai .....	24
3.3.3. „Fuzzy“ klasifikatoriaus skirto naftos dėmių atpažinimui kūrimas .....	24
4. Naftos dėmių atpažinimo sistemos aprašymas .....	28
5. Sistemos taikymų analizė .....	33
5.1. Naudojamas vaizdo reikšmių sumavimas .....	33
5.2. Naudojamas fono (BG) pašalinimas .....	34
5.3. Abiejų metodų kombinavimas .....	36
5.4. Gautų rezultatų apibendrinimas .....	37
Išvados ir rekomendacijos .....	38
Literatūros sąrašas .....	39
Priedai.....	40

## **Anotacija**

Darbo eigoje siekiama išanalizuoti automatinės naftos dėmių atpažinimo sistemos (kuri remtūsi „Fuzzy“ klasifikatoriumi ir analizuotų radaro ir radiometro duomenis) egzistavimo galimybes ir parinkti optimaliausius metodų bei jų parametrų rinkinius.

Šiam tikslui realizuoti sukurta eksperimentinė naftos dėmių atpažinimo sistema, galinti be vartotojo įsiterpimo analizuoti duomenis. Eksperimentų metu buvo nustatyti optimalūs duomenų interpretavimo, apdorojimo bei klasifikavimo metodai ir parinkti kiek įmanoma universalesni šių metodų parametrai. Sistemos efektyvumui išanalizuoti parinkti trys skirtingi metodų rinkiniai ir testinės duomenų sekos su naftos dėmėmis ir be jų.

Atlikus šią analizę buvo pastebėta, kad taikant įvairius pasirinktų metodų rinkinius, tikrosios naftos dėmės atpažinimo rezultatai gavosi nepriešaringi. Esminis skirtumas tarp įvairių taikytų metodų rinkinių rezultatų buvo klaidinančių objektų pašalinimo kokybė. Taigi, galima teigti, kad taikant atitinkamą metodų rinkinį bei detaliai sukūrus „Fuzzy“ klasifikatoriaus taisyklių aibę automatinės naftos dėmių atpažinimo sistemos egzistavimas yra realus.

## **Summary**

In the course of the work the possibilities of automatic oil spills identification system, based on radar and radiometer data and "Fuzzy" classification, were analyzed. The optimal identification methods and sets of their parameters were chosen.

In the present thesis the oil spills identification system, capable to analyze radar and radiometer data without user's interruption was created. Testing different identification methods, the set of the optimal methods for data interpretation, classification, and treatment was chosen. To test system efficiency, three different sets of identification methods and radar data were analyzed: both with oil spills and without them.

The analysis indicated that all investigated methods were able to identify the real oil spill. The main difference between investigated methods is in the ability to filter additional objects. In conclusion: applying appropriate set of identification methods and using carefully devised set of "Fuzzy" classifier rules, the creation of automatic oil spills identification system is possible.

## Ivadas

Šiuo metu jau nekyla jokių abejonių dėl aplinkos apsaugos problematikos aktualumo. Taigi, labai daug dėmesio yra skiriama aplinkos žalai, sukeltai angliavandenilio mišinio išsiliejimo vandens paviršiuje. Tai gali nutikti laivų, gabenančių naftos produktus, avarių metu arba dėl neteisėto naftos atliekų išpylimo vandenyse. Šių nelaimių sėkmingas likvidavimas tiesiogiai priklauso nuo laiko intervalo tarp naftos išsiliejimo ir to detektavimo. Taigi, svarbiausia užduotis, siekiant efektyviai išspręsti šią problemą, yra sukurti automatizuotą sistemą, sugebančią 24 val. per parą analizuoti vandens paviršių ir laiku identifikuoti atsiradusias naftos dėmes bei apie tai informuoti atsakingus asmenis, suteikiant užtektinai informacijos reikalingos pašalinti ant vandens paviršiaus patekusius naftos produktus.

Šio darbo pagrindinis tikslas yra išanalizuoti sistemos (galinčios be žmogaus įsiterpimo automatiškai apdoroti įeinančius duomenis, juos analizuoti „Fuzzy“ logikos pagalba ir pateikti informatyvią informaciją) egzistavimo galimybes. Tokios sistemos sukūrimas yra pakankamai komplikauta užduotis, kadangi egzistuoja griežti reikalavimai algoritmo tikslumui bei jo vykdymo greičiui. Faktiškai tokia sistema turėtų būti sudaryta iš kelių abstrakčių etapų:

1. Duomenų interpretavimo ir apdorojimo;
2. Efektvios tamsių objektų paieškos;
3. Gautų objektų savybių lyginimas su savybėmis, kurias turi naftos dėmės;
4. Informatyvių rezultatų pateikimas vartotojui.

Dažnai identifikuotų tamsių objektų kiekis priklauso nuo daug įvairių kriterijų, tokių kaip oro sąlygos ar kaimyniniai objektai. Todėl, viena pagrindinių tokios sistemos užduočių yra sugebėti atskirti naftos dėmes nuo panašių objektų. Didžiausią problemą kelia vadinami „lookalike“, tai yra tamsūs objektai, kurie atsiranda esant vėjo stiprumui mažesniame nei 7 m/s. Taigi, vertinant objekto tikimybę būti naftos dėme, reikalinga atsižvelgti ir į oro sąlygas. Taipogi rezultatai gali įtakoti tokios vandens paviršiaus struktūros kaip augmenija, planktonas ir t.t.

Pagrindinis šio darbo tyrimo objektas yra radaro ir radiometro sensorių, įtvirtintų laivo stiebe, duomenų sekos fiksuojamos skirtingais laiko momentais.

Šis automatinės naftos dėmių atpažinimo sistemos eksperimentinis modelis sukurtas „Borland Delphi V7“ ir „FreeImage“ bibliotekų pagalba. Tokios sistemos efektyvumui įvertinti analizuojami trys pagrindiniai galimi metodų parinkimo scenarijai: kuomet remiamasi tik einamaisiais duomenimis; kuomet remiamasi ankstesniu laiko momentu fiksuotais duomenimis ir kombinuojant šiuos metodus. Analizei naudojami dviejų tipų testiniai duomenys: kuriuose yra naftos dėmė bei tokie kuriuose dėmės nerasta.

## 1. Duomenų šaltiniai

Šio darbo tikslas yra automatizuotos sistemos skirtos naftos dėmių atpažinimui sukūrimas. Taigi reikalinga apsibrėžti su kokių šaltinių duomenimis dirbs mūsų sistema, ir susipažinti su šių šaltinių charakteristikomis.

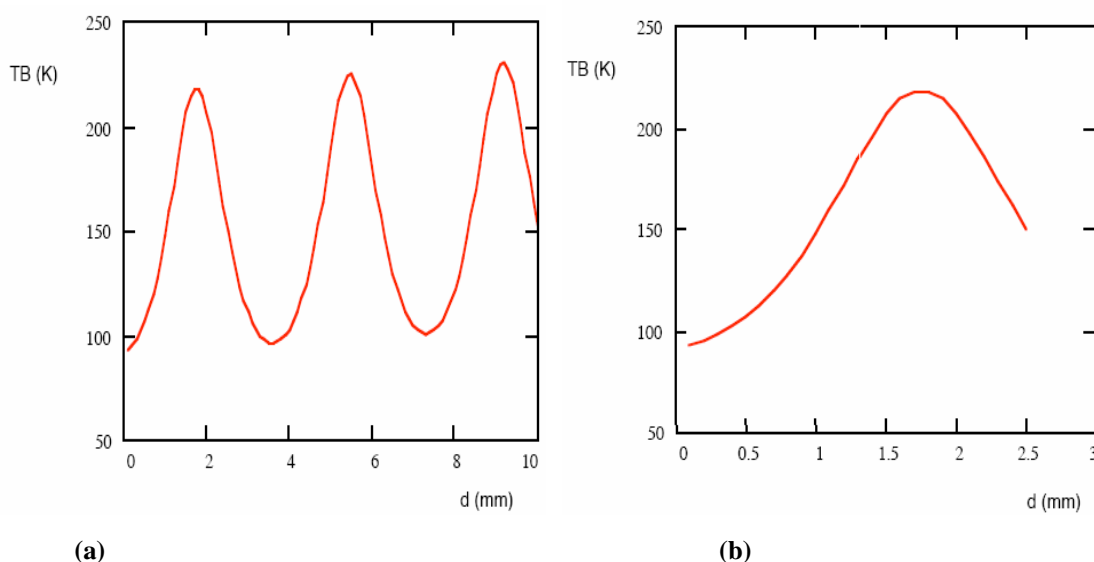
Kaip minėta reikalavimuose, sistema naudosis radaro bei radiometro pateikiamų duomenų rinkiniu. Šie sensoriai dažniausiai įrengiami vandens telkinių krante, lėktuvuose arba laivuose. Konkrečiai mūsų atveju naudosimės duomenimis gautais iš šių sensorių paketo įrengto laivo stiebe. Tiek radaras tiek radiometras yra laive stacionariai įrengti įrenginiai. Šie abu sensoriai turi 360° kampo stebėjimo zoną. Kaip vėliau bus paminėta konkrečiau sensoriaus charakteristikose, pamatysime, kad nors radaro ir radiometro stebėjimo kampai vienodi, tačiau skenuojamos zonos dydis, bei sekundinis poslinkis pakankamai skiriasi. Norint derinti šių sensorių fiksuotus duomenis tikslinga apibrėžti vieno sensoriaus duomenų priklausomybę nuo kito.

Tačiau, nepaisant aukščiau paminėtų skirtumų, derinant šių sensorių duomenis galima gauti užtektinai informacijos reikalingos pakankamai tiksliai naftos dėmės atpažinimui. Taigi, sekančiuose skyriuose ir bus detaliau aptartos tiek radaro, tiek radiometro specifikacijos bei duomenų interpretacijos galimybės.

## 1.1. Radiometro specifikacija

Šiame skyriuje kiek detaliau bus apžvelgtos mikro-bangų radiometro (MWR) specifikacijos. Radiometro fiksuojami duomenys yra pilnai nepriklausomi nuo paros laiko (nėra skirtumo ar paviršius skenuojamas naktį ar dieną). Tai leidžia mums nekreipti dėmesio į paros laiką, kuriuo yra skenuojamas paviršius, tuo sumažinant sistemos apkrovimą papildomais parametrais bei padidinant operatyvumą (paviršiaus skenavimas galimas 24h. per parą nekeičiant sistemos parametru). Taipogi, šis sensorius yra praktiškai nepriklausomas nuo atmosferos sąlygų (tikrai labai stiprus lietus gali sukelti problemų pačiame mikro-bangų spektro gale). Dar vienas šio sensoriaus esminis privalumas yra tai, kad skirtingai nuo daugumos kitų skenerių, remiantis jo duomenimis galima spręsti apie naftos dėmės storį, ko pasekoje galima apskaičiuoti išsiliejusios naftos kiekį. Pagrindinis šio sensoriaus trūkumas būtų tai, kad jo aprėpiamas plotas yra palyginus mažas (mūsų atveju skenuojamos zonos spindulys  $\approx 230$  m.). Tačiau atsižvelgiant į tai, kad sensoriai mūsų atveju įrengti laivo platformoj (ne stacionariam objekte), tokia radiometro skenavimo zona yra pakankama mūsų tyrimams.

Radiometro duomenis galima naudoti siekiant nustatyti užfiksuotos naftos dėmės storį, tuo pačiu sužinant išsiliejusios naftos tūrį arba identifikuoti dėmės centrą. Tačiau, analizuojant MWR duomenis, galime susidurti su viena problema. Radiometras atvaizduoja taip vadinamą atspindžio temperatūrą (brightness temperature (TB)). Temperatūros (TB(K)) priklausomybė nuo dėmės storio  $d(\text{mm})$  pavaizduota grafike (Pav. 1(a)).



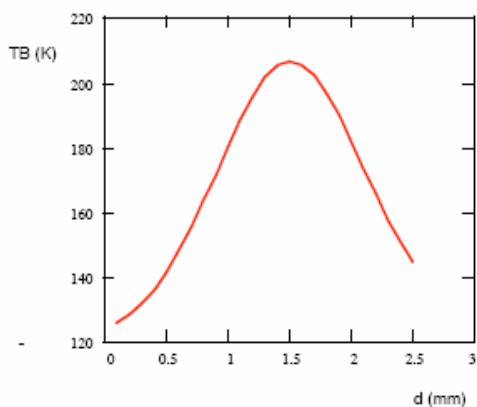
(Pav. 1) Kritimo kampas= $50^\circ$

Kaip matome, tiek kai dėmės storis yra 2 mm., tiek kai 6 mm., radiometras užfiksuos tokią pačią temperatūrą, kas galėtų klaidinti. Bet realioje aplinkoje naftos dėmės storis dažniausiai neviršija 2,5 mm. Taigi, mūsų atveju, galime naudotis šio sensoriaus duomenimis (Pav. 1(b)).

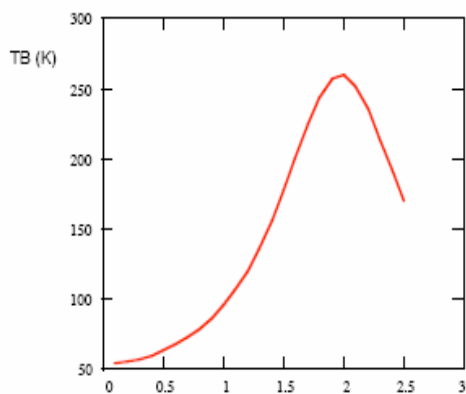
Gautų duomenų analizavimo metu mums bus aktualiausia analizuoti temperatūros reikšmių intervalą [90..230], kadangi kaip matome grafike (Pav. 1(b)), būtent šiame intervale naftos dėmės storis kinta nuo 0,1 mm iki 2,5mm.

Atidžiau išanalizavus (Pav. 1(b)) pateiktą grafiką galime pastebėti ir tai, kad mūsų radiometras sunkiai užfiksuos dėmes, kurių storis mažesnis nei 0,1mm. Tai irgi gali kelti problemų atpažįstant dėmes praėjus didesniai laiko intervalui nuo naftos išsiliejimo (kuomet nafta pasklis po vandens paviršių pakankamai dideliame plote). Tačiau šią problemą išspręsti mums kaip tik ir padės (1.2 skyr.) aprašyto radaro fiksuoti duomenys, nes radaro parodymų neįtakoja dėmės storis.

Reikėtų paminėti ir tai, kad fiksuojamos temperatūros ir dėmės storio santykis yra priklausomas nuo atspindžio kampo. Mūsų ankščiau aptartame grafike (Pav. 1(a)(b)) yra atvaizduojamas santykis, kuomet atspindžio kampas yra  $50^\circ$ . Tačiau verta atkreipti dėmesį ir į kelis kitus variantus, kur kampas būtų:  $20^\circ$ ,  $70^\circ$  (Pav. 2).



$20^\circ$



$70^\circ$

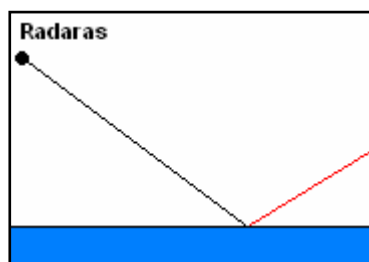
(Pav. 2)

## 1.2. Radaro specifikacija

Šiame skyriuje bus aptartas antrasis naudojamas sensorius - radaras. Radaras skenuoja vandens paviršių visai kitu principu. Tai yra aktyvus sensorius. Radaras spinduliuoja energiją ir fiksuoja gauto atspindžio energijos kiekį. Jo pateiktus duomenis galime traktuoti kaip paviršiaus reljefo žemėlapi.

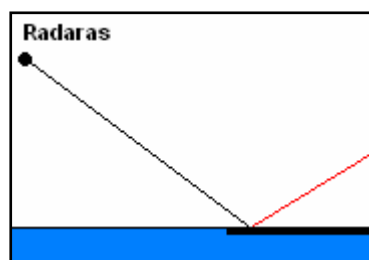
Radaro rezultatai yra dalinai priklausomi nuo oro sąlygų (pavyzdžiui vėjo stiprumo). Kai vėjo visai nėra, tuomet jūros paviršius atstoja veidrodį ir išskleistos energijos atspindys yra labai silpnas. Tačiau užtenka ir 1 - 2m/s vėjo, kad dalis energijos būtų atspindėta atgal į radarą. Žinodami šias radaro charakteristikas, galime spręsti, kad naftos dėmių atpažinimui šio sensoriaus duomenys yra tinkami, esant vėjo stiprumui didesniai nei 1 - 2m/s. Tai paprasta pastebėti aptariant kelis scenarijus :

1. Jei vandens paviršius yra lygus (vėjo stiprumas 0m/s) ir nėra naftos dėmių, tuomet vandens paviršius bus kaip veidrodis ir radaro išspinduliuota energija nebus atspindėta į radarą (Pav. 3).



(Pav. 3)

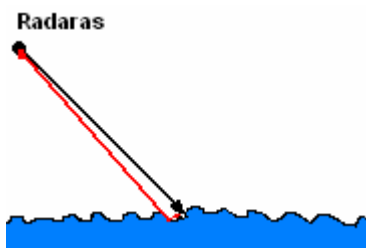
2. Sumodeliuojam analogišką situaciją (vėjo stiprumas 0m/s), tačiau šiuo atveju vandens paviršiuje yra naftos dėmė (Pav. 4). Kaip matome situacija analogiška, nes naftos dėmė, kaip ir lygus vandens paviršius, atspindi energiją taip pat veidrodžio principu.



(Pav. 4)

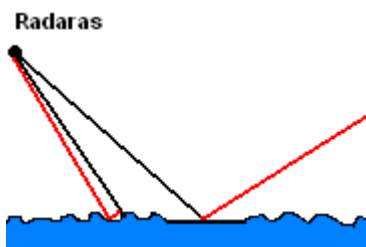


3. Kiek kitokia situacija gaunasi jeigu vandens paviršius būtų nelygus (vėjo stiprumas būtų  $> 0$  m/s) (Pav. 5). Šiuo atveju radaro gaunamas atspindys būtų pakankamai didelis (iš duomenų sugeneravus 256 pilkumo lygių vaizdą, visų taškų reikšmės turėtų būti aukštos t.y vaizdas būtų baltas).



(Pav. 5)

4. Belieka aptarti mūsų tyrimui aktualiausią scenarijų. Kuomet vandens paviršius nelygus (vėjo stiprumas  $> 0$  m/s) ir ant vandens paviršiaus yra naftos dėmė (Pav. 6). Naftos dėmės susilpnina kapiliarinį bangavimą - taigi jeigu ant vandens paviršiaus pasitaikys naftos dėmių, tai tose vietose radaro atspindys žymiai sumažės ir, remiantis tuo, galima bus teigti, kad toje vietoje yra naftos dėmė.

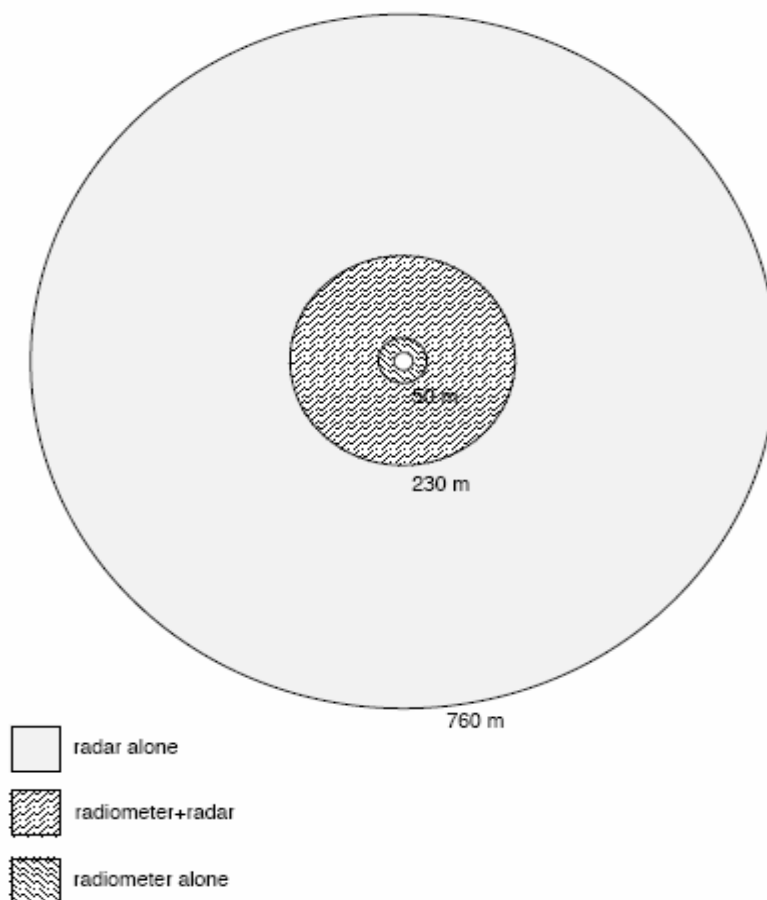


(Pav. 6)

Žinodami šias radaro charakteristikas galime efektyviai naudoti vaizdus, sugeneruotus iš radaro fiksuojamos atspindžio energijos naftos dėmių atpažinimo sistemose.

### 1.3. Radaro ir radiometro veikimo zonų santykis

Susipažinus su aktualiomis radaro bei radiometro charakteristikomis, galime svarstyti galimybę naudoti šiuos sensorius kaip vieną paketą. Svarbiausias žingsnis būtų apžvelgti šių sensorių skenuojamos teritorijos dydį, bei jų santykį. Pirmiausia aptarkime sensorių dengiamą teritoriją. Tai geriausiai atvaizduoja (Pav. 7) schema. Kaip matome mūsų atveju radaras dengia teritoriją spinduliu nuo 50 m. iki 760 m., o radiometras spinduliu nuo kelių metrų iki 230 m. Taigi, efektyviai išnaudoti abiejų sensorių parodymus galime tik plote esančiame ne arčiau nei 50 metrų, ir ne toliau nei 230 m. nuo sensorių platformos. Bet tai nereiškia, kad negalime naudotis pavienių sensorių parodymais. Tačiau, analizuodami dėmes esančias toliau nei 230 metrų, mes negalėsime gauti pakankamai informacijos apie išsiliejusios naftos tūrį. O intervale iki 50 metrų negalėsime pakankamai tiksliai atskirti naftos dėmių nuo panašių objektų, jeigu naftos dėmės storis bus mažesnis nei 0,1 mm., atkreipę dėmesį į (Pav. 1 (b)) pavaizduotą grafiką pastebėsime, kad radiometras tokio storio dėmių nefiksuoja.



(Pav. 7)

## 2. Naftos dėmių atpažinimo sistemos struktūrinė schema

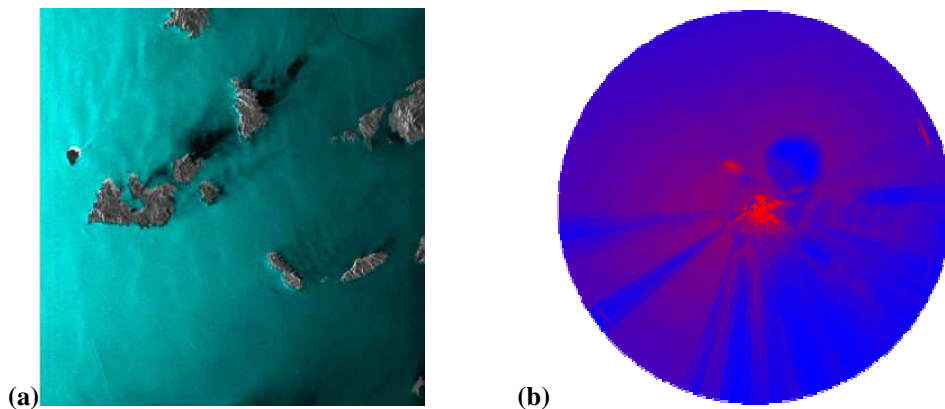
Šiame skyriuje apibrėžiama bendra sistemos struktūra bei jos skirtumai nuo panašių studijų naftos dėmių atpažinimo srityje.

Dalinai panaši sistema buvo sukurta Graikijos mokslininkų grupės sudarytos iš nacionalinio Graikijos universiteto bei procesų analizės ir sistemų projektavimo departamento darbuotojų. Tačiau esminis skirtumas tarp pastarosios ir šiame darbe realizuojamos sistemos yra analizei naudojamų duomenų šaltiniai. Graikų sukurta sistema buvo parengta darbui su vienu SAR (Synthetic Aperture Radar) palydovo vaizdu (Pav. 8(a)), o šio darbo metu kuriama sistema naudosis radaro bei radiometro vaizdų sekomis. Vieno radaro vaizdo pavyzdys pateiktas (Pav. 8 (b)).

Taigi, akivaizdžiai matome, kad mūsų atvejis yra kiek labiau komplikotas, kadangi radaro vaizdo triukšmo lygis yra žymiai didesnis, ko pasekoje yra neįmanoma vizualiai išskirti objektų galinčių būti naftos dėmėmis.

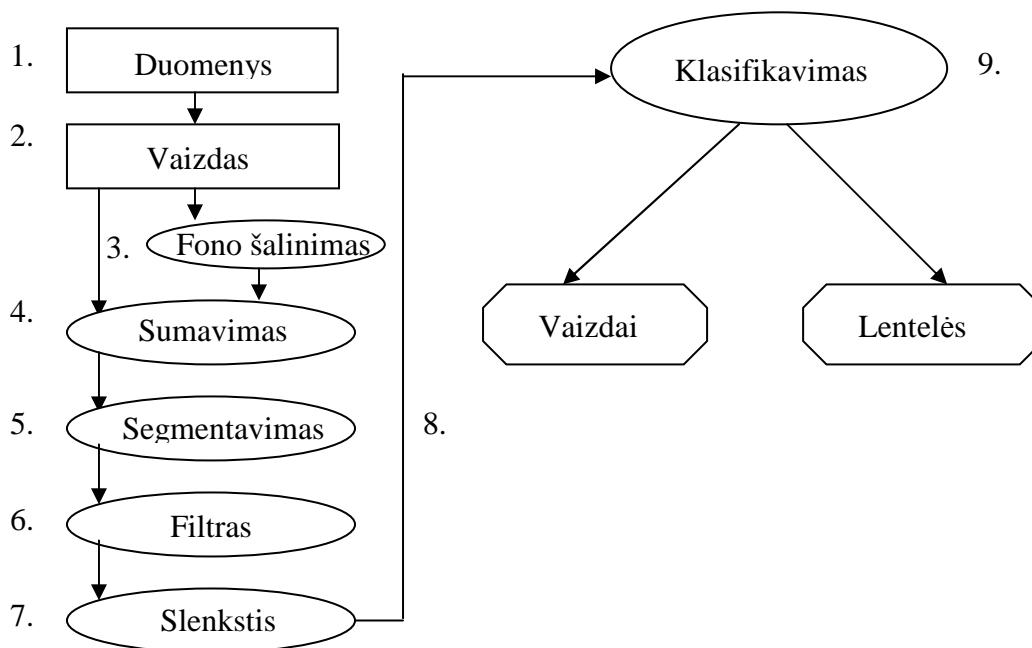
Antras skirtumas būtų tai, kad mūsų atveju sistema gali dirbti ne su vienu vaizdu, o su vaizdų sekomis, ko pasekoje sistemos sudėtingumas bei darbo laikas bus žymiai didesnis, tačiau atsiranda daugiau galimybių detaliau išanalizuoti objektų elgesį skirtingais laiko momentais.

Trečiasis skirtumas būtų tai, kad mūsų sistema skaičiavimams naudoja dviejų skirtingų sensorių duomenis, ko pasekoje naftos dėmės atpažinimas turėtų būti efektyvesnis rezultatų tikslumo atžvilgiu, tačiau mažiau efektyvus laiko atžvilgiu.



(Pav. 8)

Kaip apibrėžta darbo tiksluose, naftos dėmių atpažinimo sistema bus sudaryta iš kelių pagrindinių duomenų apdorojimo etapų. Šią struktūrą atvaizdavus grafiškai gautume schemą pavaizduotą (Pav. 9).



(Pav. 9)

Šiame skyriuje trumpai apžvelgiami visi etapai ir jų reikalingumas. Detalesnis šiuose etapuose naudojamų metodų aprašymas bus pateiktas 3 skyriuje.

Kaip matome, sistema dirba su vaizdais, sugeneruotais iš sensorių pateikiamų duomenų. Taigi, duomenų interpretavimui ir vaizdų generavimui realizuoti pasinaudosime radaro ir radiometro duomenų struktūrų aprašu pateiktu kartu su duomenimis (Pav. 9 (2)).

Objektų, kurių buvimo naftos dėmė tikimybė yra santykinai nedidelė dėl statinės pozicijos vaizduose, gautuose skirtingais laiko momentais, pašalinimui apskaičiuosime visų ankstesnių vaizdų foną (taškų reikšmių vidurkį) ir jį pašalinsime iš pagrindinio vaizdo. (Pav. 9 (3)). Šis metodas gali būti naudojamas kartu su vaizdo reikšmių sumavimu (Pav. 9 (4)), siekiant išgauti maksimalų efektą.

Kadangi klasifikavimui bus reikalingos tik tos taškų grupės, kurios gali būti naftos dėmėmis, todėl tikslinga vaizdų taškų reikšmes sunormalizuoti iki 256 pilkumo lygių. Šiam tikslui pasiekti buvo pasirinktas vaizdo taškų reikšmių sumavimo metodas. Tais atvejais, kuomet gautos reikšmės gaunamos didesnės nei 255, jos priskiriamos 255. Taigi, atlikę taškų reikšmių sumavimą, vaizdą padarom 256 pilkumo lygių bei pašalinam mažiau aktyvias vaizdo sritis. (Pav. 9 (4)).

Kadangi „Fuzzy“ klasifikatoriui kaip įeinantys duomenys turi būti paduodami atskiri objektai, kuriems vėliau bus priskirta atitinkama buvimo naftos dėmė tikimybė, tai mums yra tikslinga taškų (galinčių atstovauti naftos dėmes) grupes susegmentuoti į didesnius objektus-kandidatus (Pav. 9 (5)), kuriuos vėliau ir perduosime klasifikatoriui. Šiame etape pagrindiniai kriterijai yra

maksimalus atstumas tarp objektų, kurie dar gali sudaryti vientisą objektą bei slenkstis skirtas nufiltruoti objektus su mažesniu intensyvumu.

Atsižvelgdami į tai, kad realių naftos dėmių kraštai yra tolygūs, šio etapo metu vaizdams pritaikysim vieną iš trijų triukšmų šalinimo filtrų (**Pav. 9 (6)**) siekdami suvidurkinti objektų kraštinių taškų reikšmes. Šio etapo esminė užduotis yra parinkti optimaliausią filtro laipsnį, kad neprarasti informatyvumo, bet maksimaliai sulyginti objektų kraštus. Tai atliksime eksperimentų metu naudodamiesi testiniais duomenimis.

Atlikę (**Pav. 9 (6)**) etape aprašytą filtravimą gausime vaizdų seką su mažesniu triukšmo lygiu, sunormalizuotais objektų kraštais ir minimaliai prarastu detalumu. Atsižvelgiant į tai, kad mus domina tik objektai, kurie yra potencialios naftos dėmės, tai yra tikslinga suskirstyti vaizdą į dvi objektų grupes: vienai priklausytų objektai galintys būti naftos dėmėmis, o kitai - ne. Taigi, tam mes taikysim atitinkamą slenkstį (**Pav. 9 (7)**), kurio pasirinkimas priklausys nuo konkretaus sensoriaus. Tikslus slenkščio reikšmė bus nustatyta eksperimentų su testiniais duomenimis metu.

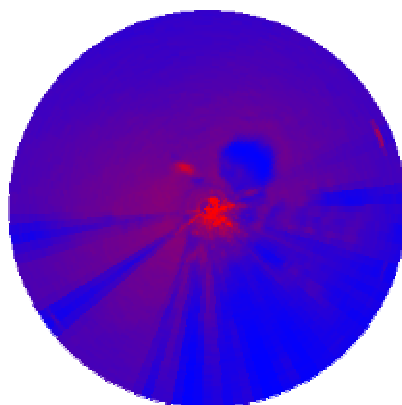
Paskutiniame duomenų apdorojimo etape (**Pav. 9 (8)**), išlikusius objektus išskirsime iš bendro vaizdo, kiekvienam jų paskaičiuosime atitinkamus parametrus (objekto dydį, ekscentriškumą, užimamą plotą, užpildymo santykį, kaimyninių objektų skaičių), kurie ir bus paduodami klasifikavimo algoritmui, siekiant nustatyti kiekvieno jų buvimo naftos dėme procentinę tikimybę. Objektų buvimo naftos dėmėmis tikimybė taipogi bus priklausoma ir nuo duomenų, gautų apdorojus vaizdą ankstesniu laiko momentu, kadangi tai leis pašalinti objektus, kurių atsiradimą įtakoja platforma su sumontuotais sensoriais.

Objektų-kandidatų klasifikavimui (**Pav. 9 (9)**) naudojama „Fuzzy“ logika. Sistema, klasifikatoriaus pagalba, analizuoja pateiktus duomenis ir kiekvienam atpažintam objektui apskaičiuoja buvimo naftos dėme procentinę tikimybę. Rezultatus sudaro vaizdų seka ir lentelės, suteikiančios vartotojui galimybę apsispręsti ar reikalinga imtis atitinkamų priemonių. Šioje sistemoje realizuotas „Mamdani Fuzzy“ klasifikatorius. 3 skyriuje detaliau aprašomi šis ir „Sugeno Fuzzy“ klasifikatoriai, bei motyvuojamas būtent šio varianto pasirinkimas.

### 3. Radaro ir radiometro duomenų analizės metodai

#### 3.1. Duomenų interpretavimas

2 etapas (Pav. 9). Rezultatų priklausomybę nuo parametrų pademonstruosime naudodami vieną vaizdą, sudarytą iš testinių radaro duomenų. Kaip žinome iš 1.2 skyriuje aprašytų radaro charakteristikų, naftos dėmės turėtų atitikti raudonos spalvos objektai, nes tose vietose vandens paviršius turėtų būti veidrodinis. Mūsų tikslas, apdorojus vaizdą šiais metodais, gauti objektus-kandidatus, kurie vėliau bus perduoti „Fuzzy“ klasifikatoriui, siekiant suskirstyti juos į grupes pagal procentinę buvimo naftos dėmė tikimybę. Iš turimų radaro duomenų sugeneruojame vaizdą, kur mėlyna spalva žymi žemą intensyvumą, o raudona-didelį (Pav.10).

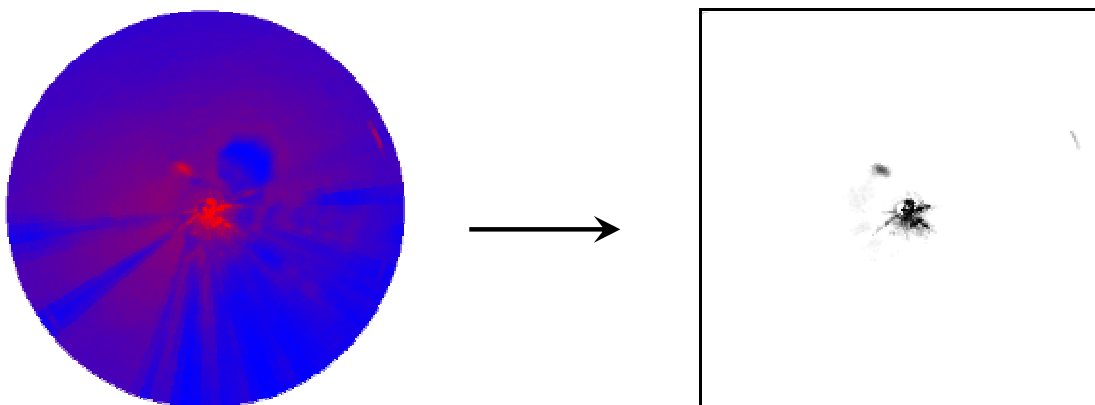


(Pav. 10)

#### 3.2. Duomenų paruošimo klasifikavimui metodai

##### 3.2.1. Vaizdo reikšmių sumavimas

4 etapas (Pav. 9). Šio metodo metu yra sumuojamos vaizdo taškų reikšmės, siekiant gauti 256 pilkumo lygių vaizdą su jau pašalintais mažo intensyvumo objektais. (Pav.11).



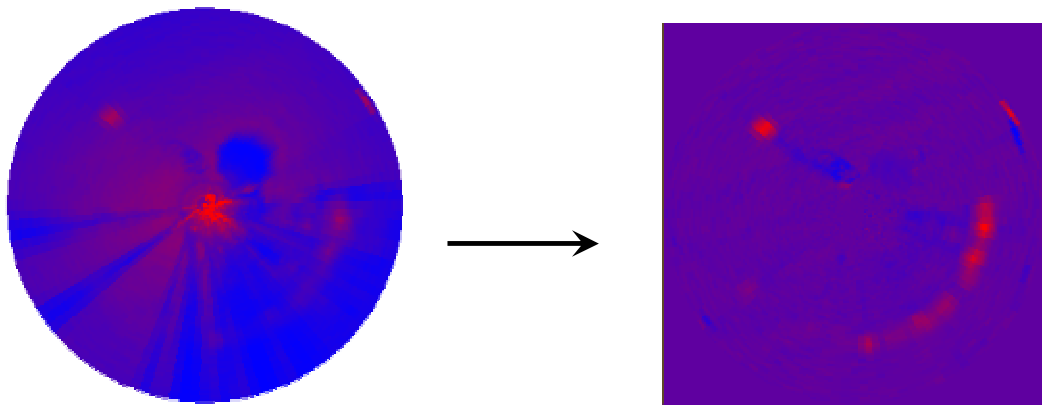
(Pav. 11)

### 3.2.2. Fono (BG) pašalinimas

3 etapas (Pav. 9). Šio metodo metu yra paskaičiuojami visų vaizdų buvusių ankstesniais laiko momentais kiekvieno taško vidurkinė reikšmė. Ir iš einamojo vaizdo ši reikšmė yra atimama. ( $G$ : einamasis vaizdas;  $N$ : vaizdų sekos numeris;  $P_i$ :  $i$ -tasis vaizdas;  $N$ : analizuojamo vaizdo eilės numeris;  $i, j$ : vaizdo taškų koordinatės

$$G_N[i, j] = G_N[i, j] - \sum_{i=0}^N P_i[i, j] / N$$

Šio metodo tikslas yra pašalinti statinius objektus kurių pozicija nekinta (atšvaitai, platformos sukelti trikdžiai,..). Pašalindami šiuos objektus supaprastiname klasifikatoriaus darbą. Šio metodo išeities pavyzdys pateiktas (Pav. 12)

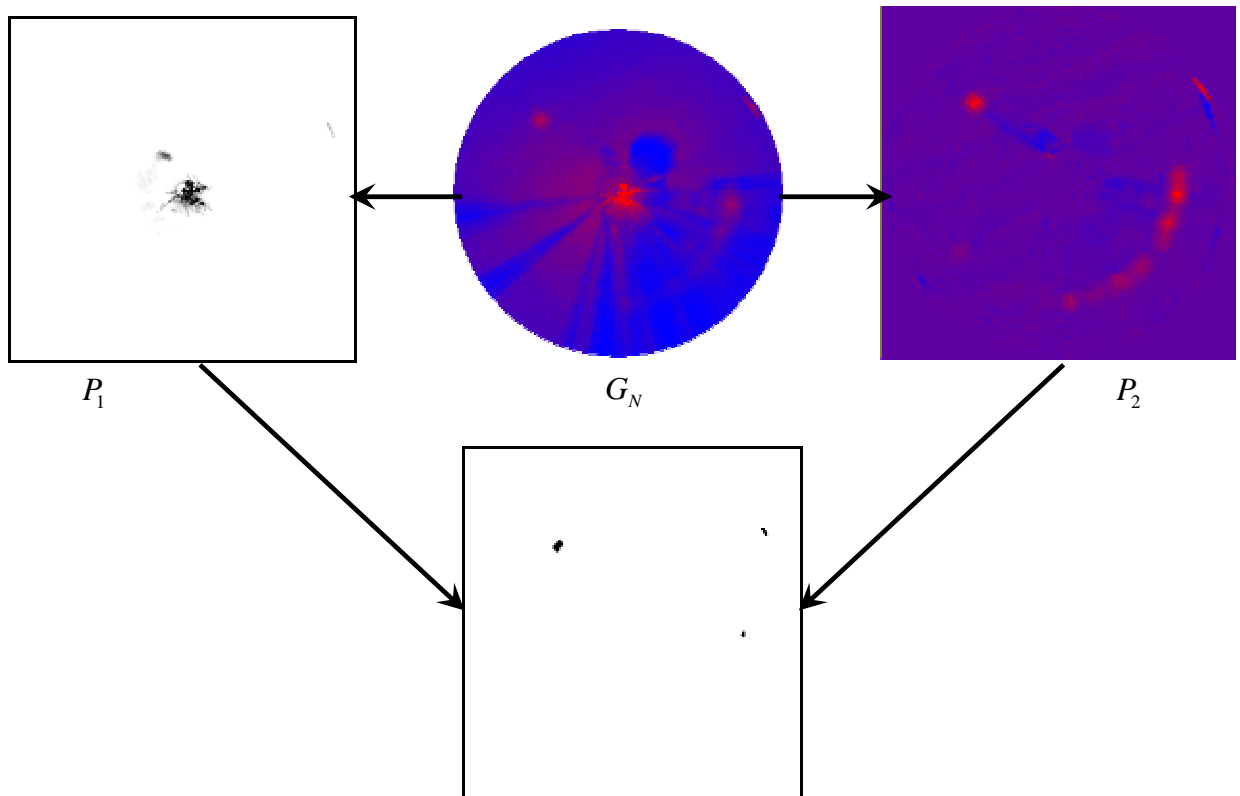


(Pav. 12)

### 3.2.3. Fono (BG) pašalinimas kartu su vaizdo reikšmių sumavimu

3 - 4 etapas (Pav. 9) Pradinio vaizdo apdorojimo etapuose aprašytuose 3.2.1 ir 3.2.2 skyriuose nėra pilnai pašalinami objektai galintys klaidinti klasifikatorių. Galime pastebėti, kad vienu atveju yra pašalinamos statinės sritys, kurios negalėtų būti naftos dėmėmis, o kitu atveju yra pašalinamos mažiau aktyvios sritys, kurios taipogi negalėtų sudaryti objektų – kandidatų būti naftos dėmėmis. Šio metodo esmė yra išanalizuoti abiejų ankstesnių metodų gautus rezultatus ir palikti tik tuos objektus, kurie yra išskirti abiejuose rezultatuose ( $P_1$ -vaizdo reikšmių sumavimo rezultatas;  $P_2$  - fono (BG) pašalinimo rezultatas;  $G_N$  - Gautas vaizdas): (Pav. 13)

$$G_N[i, j] = 255 : (P_1[i, j] < 200 \cap P_2[i, j] > 200)$$



(Pav. 13)

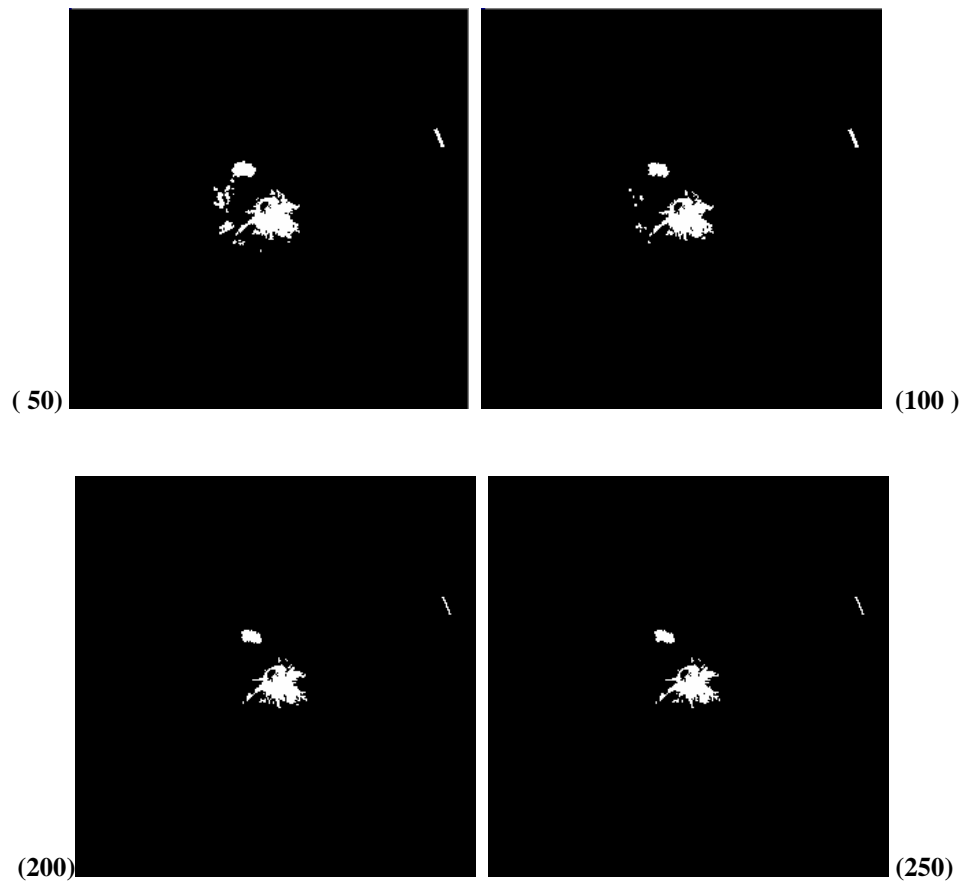
### 3.2.4. Segmentavimas

**5 etapas (Pav. 9).** Šiame etape atliekamas vaizdinių duomenų segmentavimas. Jo metu mažesnės taškų grupės pagal atitinkamas taisykles yra apjungiamos į stambesnes grupes, kurios ir sudarys objektus-kandidatus būti naftos dėmėmis. Remiantis ankstesniais tyrimais, taškų grupės bus jungiamos į objektus tuo atveju, jei atstumas tarp dviejų gretimų taškų bus nedidesnis nei 1 vaizdo taškas (Pav. 14). Šio etapo pagrindinis kintantis kriterijus būtų parametras apibrėžiantis slenkstį. Keletas rezultatų, naudojant skirtingas slenkščio reikšmes, yra pavaizduota (Pav. 15)



(Pav. 14)





(Pav. 15)

Kaip matome, kuomet slenkskis mažesnis nei 200, faktiškai išsikraipo objektų formos bei yra atvaizduojami ir labai maži objektai, kurių buvimo naftos dėmė tikimybės yra nulinės arba labai mažos. Objektų formų pasikeitimas gali turėti įtakos esminės informacijos apie objekto geometriją bei dydį netikslumui. To pasekoje objektų, gautų segmentuojant vaizdą su mažesniu slenksčiu nei 200, naudojimas naftos dėmių atpažinimui gali įtakoti klaidingus rezultatus. Mažų objektų atvaizdavimas taipogi nėra tikslingas, kadangi, atsižvelgiant į jų dydį bei atstumą nuo stambių objektų, nėra jokios tikimybės, kad tai būtų naftos dėmės. Siekiant neapkrauti „Fuzzy“ klasifikatoriaus bereikalingais duomenimis, šiuos objektus tikslinga nufiltruoti. Taigi galime pastebėti, kad slenksčio reikšmę radaro duomenims yra tikslinga parinkti kuo artimesnę arba lygią 250, tuo pasirenkant atvaizduoti tik 5 šviesiausius pilkumo lygius.

Ekspirimentų metu, apžvelgę galimų slenksčio reikšmių įtaką rezultatams, galime teigti, kad tikslingiausia segmentuoti naudojant slenksčių priklausantį intervalui [240..250]. Tačiau optimaliausia slenksčio reikšmė taip pat priklauso ir nuo ankstesnėse stadijose pasirinktų metodų. Keli skirtingi scenarijai bus išanalizuoti 5 skyriuje.

### 3.2.5. Vaizdo glotninimas

**6 etapas (Pav. 9).** Kaip matome, atlikus segmentavimą vaizde (**Pav. 15**) atsiskyrė konkrečios taškų grupės, kurios vėliau ir sudarys objektus-kandidatus. Šio etapo metu vaizdui pritaikysim triukšmų šalinimo filtrus su keliais pasirinktais laipsniais.

- Vaizdo lyginimas pasitelkiant vidutinę reikšmę.

Šio metodo principas yra kaimyninių taškų reikšmių vidurkio apskaičiavimas ir priskyrimas centriniam taškui. Tokį filtrą galima būtų aprašyti formule :

$$r(i,j) = \frac{1}{MN} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N v(m,n)$$

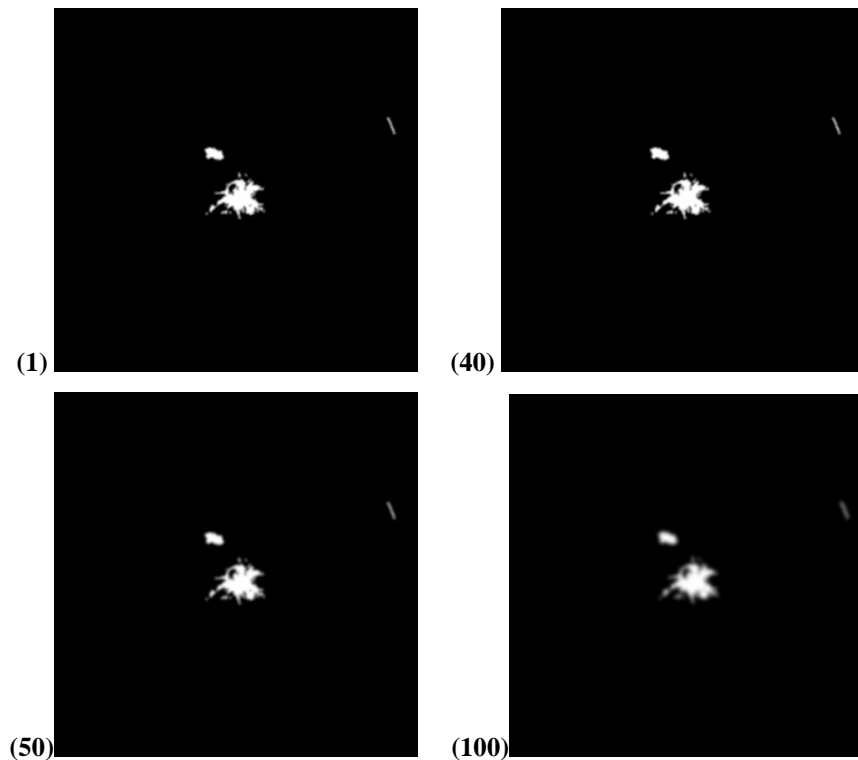
- Vaizdo lyginimas Medianinio filtro pagalba.

Šio metodo privalumas yra tai, kad pritaikius medianinį filtrą neprarandami vaizdo objektų kraštai. Šiuo atveju centriniam filtro taškui priskiriama medianinė visų kaimyninių taškų reikšmė, o anksčiau minėto filtravimo metu buvo priskiriama vidutinė kaimyninių taškų reikšmė. (pvz. Filtro pavaizduoto **Pav.16** medianinė reikšmė yra 6, o vidutinė reikšmė yra 5,3)

4	6	3
7	9	2
1	8	8

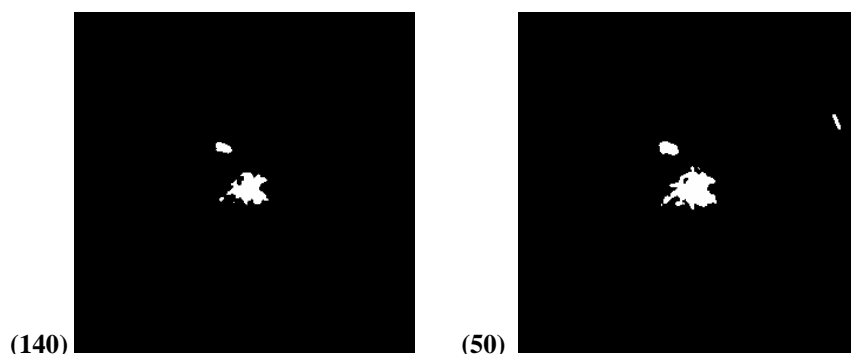
(Pav. 16)

- Vaizdo lyginimas pasirinkant standartinį Gauso filtrą su tokiais laipsniais (1; 39; 50; 100). Filtravimo rezultatai pavaizduoti (**Pav. 17**).



(Pav. 17)

Iš rezultatų matyti, kad tikslingiausia naudoti Gauso filtrą su parametrais intervale [1..39]. Kadangi pirmuoju atveju, pritaikius filtrą su koeficientu 40, gautas rezultatas buvo pakankamai triukšmingas ir nepriklausomai nuo to, kokį slenkstį naudosisime sekančiame apdorojimo etape, negalėsime gauti pakankamai informatyvių duomenų. Keli variantai gautų duomenų, pritaikius įvairius slenksčius tokiam vaizdui, pateikiami (Pav. 18). Kaip matome, nepriklausomai nuo pasirinkto slenksčio, rezultatai gavosi labai neinformatyvūs. Pritaikius tokiam vaizdui slenkstį lygų 140 (Pav. 18) pastebėsime, kad iš vaizdo buvo pašalinti smulkesni objektai, kurių ilgio ir pločio santykis yra pakankamai didelis. Taigi po tokių veiksmų mes prarandame objektus, kurie yra potencialios naftos dėmės. Jeigu pritaikysim slenkstį su mažesne reikšme (lygia 50) (Pav.18) išsaugosime smulkesnius, bet galinčius būti naftos dėmėmis objektus, tačiau tokiu atveju būtų iškreiptos stambesnių objektų formos, kas įtakotų didelių paklaidų atsiradimą skaičiuojant objektų geometrines savybes bei dydį.

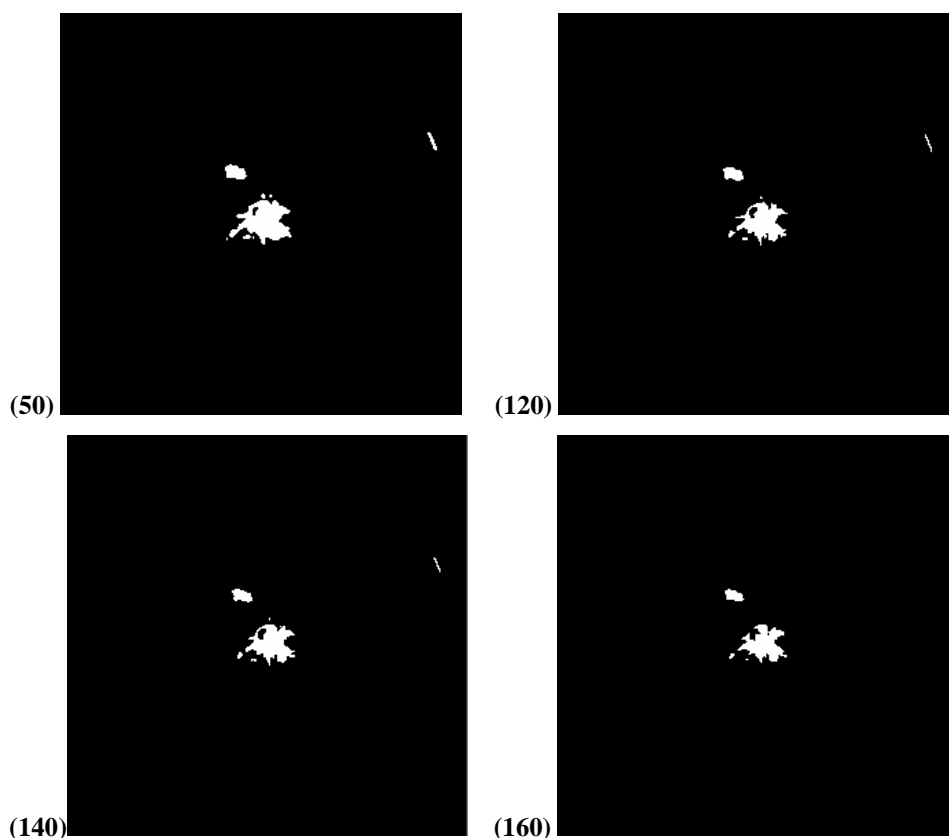


(Pav. 18)

Taigi, eksperimentų metu apžvelgę galimų filtro koeficientų reikšmių įtaką rezultatams, galime teigti, kad tikslingiausia naudoti filtrą su koeficientu priklausančiu intervalui [1..39]. Tačiau čia buvo išanalizuota tik viena iš galimų situacijų. Konkrečios koeficientų reikšmės pagrindiniuose trijuose scenarijuose bus pateiktos 5 skyriuje.

### 3.2.6. Slenksčio taikymas

7 etapas (Pav. 9). Sekančiame duomenų apdorojimo etape vaizdo elementams bus pritaikytas atitinkamas slenkstis, siekiant suskirstyti taškus į dvi klases. Šio etapo pagrindinė problema yra konkretaus slenkščio pasirinkimas. Aptardami ankstesnįjį etapą nustatėme, kad filtro koeficientas turi priklausyti intervalui [1..39], taigi norėdami palyginti įvairių slenkščių rezultatus testams naudodami pradinį vaizdą apdorotą Gauso filtru su koeficientu lygiu 10. Pritaikius skirtingus slenkščius, gauname vaizdus pavaizduotus (Pav. 19)



(Pav. 19)

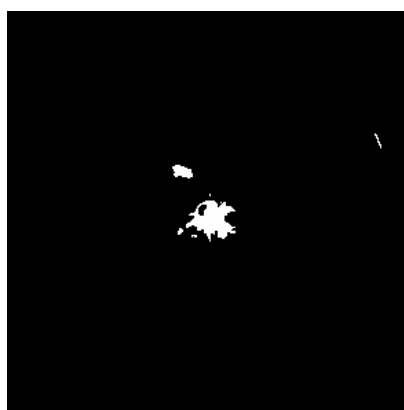
Kaip matome iš rezultatų, slenkščio reikšmė turi priklausyti intervalui [120..140], kadangi esant tiek didesnei, tiek mažesnei reikšmei, rezultato informatyvumas bus nedidelis. Jei pasirinktume slenkstį mažesnę už 120 (mažesnę nei intervalo minimumas), tai rezultate gautume per didelį

kiekį taškų grupių galinčių sudaryti objektus-kandidatus, o tai skaičiavimų metu klaidintų. Priešingu atveju, jeigu slenksčio reikšmė viršytų intervale esančias reikšmes, mes gautume tik objektus, kurių tikimybė būti naftos dėmėmis yra pakankamai didelė, tačiau šiuo atveju mes prarastume dėmių kraštus bei mažesnes dėmes.

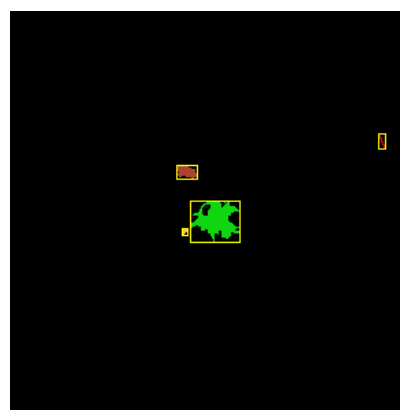
Pastarojo eksperimento metu, apžvelgę galimų slenksčio reikšmių įtaką rezultatams, galime teigti, kad tikslingiausia naudoti slenksčių priklausantį intervalui [120..140]. Tačiau kaip ir ankstesniuose metoduose vertėtų pastebėti, kad konkrečios slenksčio reikšmės turėtų būti pasirenkamos kiekvienam scenarijui. 5 skyriuje bus apžvelgti keli pagrindiniai scenarijai.

### 3.2.7. Objektų išskyrimas

Apdorojus radaro bei radiometro duomenis aukščiau aptartais metodais, objektai-kandidatai yra išskiriami iš bendro vaizdo bei sužymimi (Pav.20). Siekiant sumažinti klasifikatoriaus apkrovimą yra galimybė nurodyti minimalų atvaizduojamą objektą. Tuomet kiekvienam jų atskirai paskaičiuojami klasifikavimo algoritmo įeities parametrai. Visa ši informacija pateikiama lentelės pavidalu siekiant suteikti vartotojui maksimaliai patogią prieigą prie visos informacijos (Pav.21). Sistemoje yra galimybė nurodyti minimalų išskiriama objektą siekiant neapkrauti klasifikatoriaus.







(Prieš išskyrimą)



(Po išskyrimo)

(Pav. 20)

<i>Objekto ID</i>	<i>Dydis</i>	<i>Ekscentr.</i>	<i>Plotas</i>	<i>Objektas</i>	<i>%</i>
Objektas Nr.0	15	2.2	55		9
Objektas Nr.1	102	1.5	150		90
Objektas Nr.2	571	1.2	1080		13
Objektas Nr.3	14	1.25	20		11

(Pav. 21)

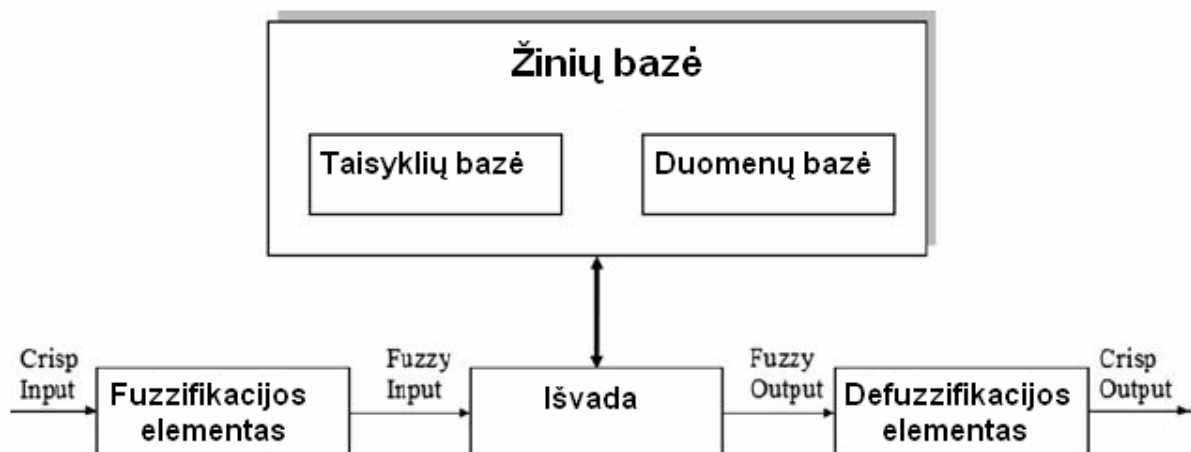
### 3.3. Objektų-kandidatų klasifikavimo metodai

#### 3.3.1. „Fuzzy“ logika kaip modeliavimo įrankis

„Fuzzy“ logikos teorija per pastaruosius metus išpopuliarėjo kaip labai efektyvus įrankis modeliavimui procesų, kurie yra per daug sudėtingi įprastom kiekybinėm technikom, arba kuomet turima informacija yra netiksli, nepatikima. Šios teorijos staigus išpopuliarėjimo pagrindinė priežastis yra tai, kad gaunamas rezultatas yra labai kokybiškas ir labai panašus į priimtą, remiantis žmogiškuoju faktorium. Tai yra dalinai matematinė, dalinai loginė sistema.

Tradiciškai aibių teorija yra pagrįsta bivalentine logika, kur objektas arba priklauso aibei, arba ne. Priešingai tam „Fuzzy“ logika leidžia objektams priklausyti vienu metu kelioms aibėms. Ir svarbiausia tai, kad „Fuzzy“ logika apibrėžia dalinės priklausomybės sąvoką.

Informacijos srautui apdorojamam „Fuzzy“ logikos pagalba būtina praeiti pro šias tris pagrindines transformacijas, kol bus išvedamas rezultatas. Šios transformacijos yra žinomos kaip „fuzzifikacija“, „Fuzzy išvada“, „defuzzifikacija“. (Pav. 22) pavaizduota tipinės „Fuzzy“ logikos sistemos struktūra.



(Pav. 22)

Aptarkime šios struktūros visus elementus. Taigi :

1. *Fuzzifikacija*. Šio proceso metu sistemos įeinantys kintamieji yra suskaidomi į vieną ar kelias „Fuzzy“ aibes, taip sukuriant kelias „Fuzzy“ percepcijas apie įeinančius duomenis .
2. „Fuzzy“ *išvada*. Kai įeinantys duomenys buvo suskaidyti į „Fuzzy“ aibes, rinkinys „Fuzzy“ „if-then-else“ taisyklių yra panaudojamas apdoroti įeinančius duomenis ir gauti rezultatą. Kiekviena taisyklė susideda iš sąlygos ir elgesio. Kur sąlyga yra gaunama iš pradinių „Fuzzy“ aibių, o rezultatas yra nustatomas iš rezultatų „Fuzzy“ aibių.

3. *Defuzifikacija*. Tai yra procesas, kurio metu atskirų taisyklių rezultatai yra pasveriami, suvidurkinami ir suvedami į vieną bendrą sprendimą ar signalą.

### 3.3.2. „Fuzzy“ klasifikatorių modeliai

Kiekvieno objekto, gauto ankstesniuose skyriuose aptartais metodais iš radaro ir radiometro duomenų, buvimo naftos dėmė tikimybė yra apskaičiuojama naudojantis dirbtinio intelekto „Fuzzy“ logikos modeliavimo sistema. Ši sistema remiasi žinomais duomenimis apie naftos dėmių savybes ir elgesį. Dažniausiai naudojami yra „Mamdani“ ir „Sugeno“ „Fuzzy“ klasifikavimo modeliai:

- „Mamdani“ sistemos naudoja „Fuzzy“ aibes loginėms taisyklėms. Efektyvus metodas kuomet reikia logines taisykles modeliuoti intuityviau, artimiau žmogiškam mąstymui. Skaičiavimų kainos atžvilgiu nėra pats geriausias sprendimas, kadangi reikalinga skaičiuoti dvimačių kūnų centroidus. Šio modelio pavyzdys pateikiamas priede Nr.2;
- „Sugeno“ sistemos naudoja „Fuzzy“ aibes matematinėms funkcijoms. Skaičiavimų kainos atžvilgiu tai yra efektyvesnis metodas nei „Mamdani“, tačiau prarandama galimybė intuityviai kurti taisyklių aibę. Šio modelio pavyzdys pateikiamas priede Nr.1.

Naftos dėmių atpažinimo sistemoje realizuotas „Mamdani Fuzzy“ modelis. Toks pasirinkimas buvo padarytas atsižvelgiant į tai, kad taisyklių aibė yra formuojama iš ekspertinių duomenų, ir šis modelis suteikia galimybę lengviau parinkti atitinkamas taisykles, siekiant sumodeliuoti objektą kuo artimesnį naftos dėmei.

### 3.3.3. „Fuzzy“ klasifikatoriaus skirto naftos dėmių atpažinimui kūrimas.

„Fuzzy“ logikos modeliavimo architektūra, kuri bus naudojama objekto buvimo naftos dėmė tikimybei įvertinti, remsis svarbiais įtakojančiais faktoriais. Taigi, siekiant sukurti efektyvias taisyklių bei duomenų bazes teks pasitelkti ekspertų žinias bei gauti kiek įmanoma daugiau ir tikslesnės informacijos apie ankstesnius naftos išsiliejimus.

1) *Pirmas žingsnis – įeinančių parametrų pasirinkimas*. Objekto buvimo naftos dėmė tikimybė yra funkcija su daug parametrų. Taigi, šio etapo pagrindinė užduotis ir bus konkrečių parametrų pasirinkimas, kurie galėtų daugiausia įtakoti rezultatą. Galima būtų pateikti keletą tokių parametrų, kaip:

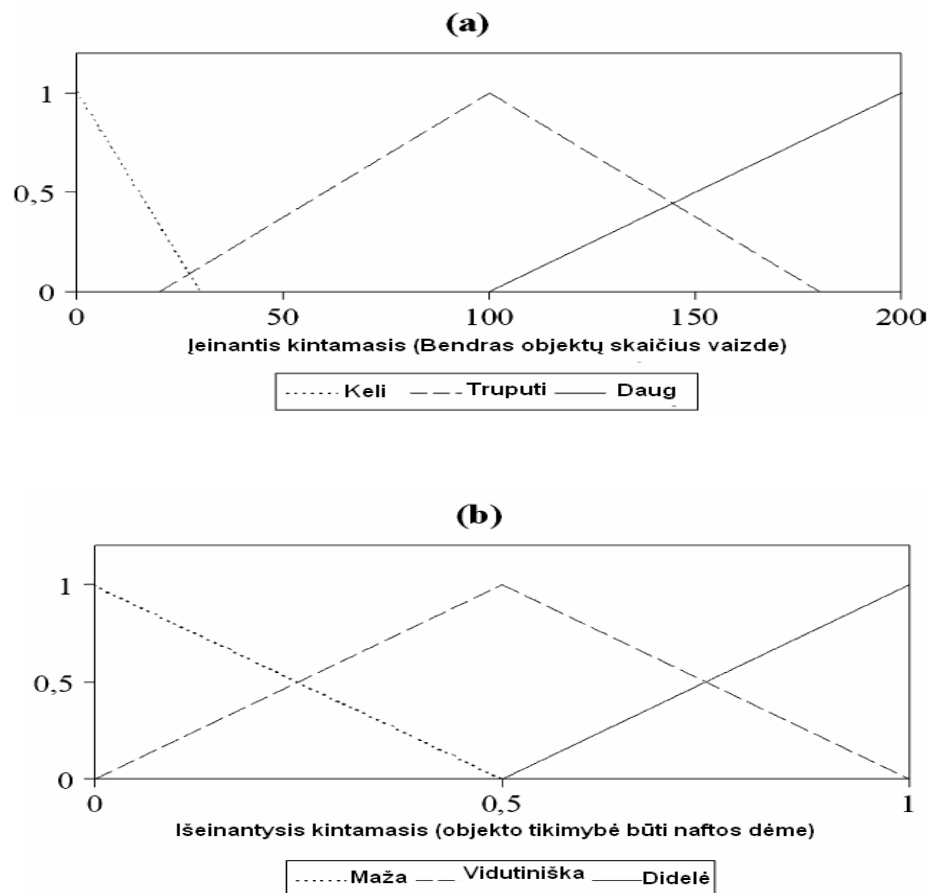


- Bendras atpažintų objektų skaičius vaizde;
- Objekto-kandidato plotas;
- Objekto-kandidato forma (ekscentriškumas);

Nuo šių parametrų pasirinkimo tiesiogiai priklauso rezultato kokybė. Taigi reikalinga išsirinkti tokių parametrų skaičių, kad sistema nebūtų per daug apkrauta, bet ir kad dėl to nenukentėtų rezultato kokybė.

2) *Antras žingsnis – Duomenų bazės sukūrimas.* Šiame žingsnyje kiekvienam įeinančiam kintamajam yra apibrėžiamos „Fuzzy“ aibės, o kadangi išeinantis kintamasis bus tik vienas (objekto buvimo naftos dėmė tikimybė), tai jam apibrėžiame tik vieną aibę.

Įeinančio kintamojo - „Bendras objektų skaičius vaizde“ „Fuzzy“ aibės pavyzdys yra pateiktas (Pav. 23) (a), o išeinantį kintamąjį „Objekto tikimybė būti naftos dėmė,“ pasitelkę ekspertinėmis žiniomis, apibrėšime trejomis „Fuzzy“ aibėmis, kurios padengs sritį nuo 0 iki 1, kas atitiktų tikimybę nuo 0 iki 100%. Tai pavaizduota (Pav. 23)(b).



(Pav. 23)

Taigi galima būtų detaliau aptarti „Fuzzy“ aibes kiekvienai grupei įeinančių parametru:

- Bendras atpažintų objektų skaičius vaizde : Trys „Fuzzy“ aibės (Keli, Truputi, Daug) apibrėžia įeinančius kintamuosius, kurie žymi bendrą atpažintų objektų skaičių nuo 0 iki 200 (Pav. 23)(a). Kuo didesnis skaičius tuo mažesnė tikimybė, kad analizuojamas objektas bus naftos dėmė. Kadangi tai gali būti dėl silpno vėjo susidariusios „lookalike“ vadinamų objektų grupės.
- Objekto - kandidato plotas : Šiuo atveju bus pasirinktos penkios „Fuzzy“ aibės, kadangi šis parametras turi labai didelę įtaką sėkmingam dėmės nustatymui. Jos apims intervalą nuo 0 iki 50 km<sup>2</sup>. Norėdami teisingai interpretuoti šiuos parametrus, naudosimės ekspertų patirtimi. Tyrimų metu buvo nustatyta, kad 62% naftos dėmių yra nedidesnio nei 1 km<sup>2</sup> ploto, 18% nedidesnio nei 1-2 km<sup>2</sup> ploto, 11% nedidesnio nei 2-5 km<sup>2</sup> ploto, 7% - 5-10 km<sup>2</sup> ploto ir tik 2% dėmių buvo didesnės nei 10 km<sup>2</sup>. Taigi galime teigti, kad kuo didesnis objektas tuo mažesnė tikimybė, kad tai bus naftos dėmė. Tačiau vertėtų atsižvelgti ir į tai, kad labai maži objektai taipogi negali būti naftos dėmėmis.
- Objekto - kandidato forma (ekscentriškumas): Šiuo atveju mes pasirinksimė vėlgi tris fuzzy aibes, kurios ir apibrėš objekto formą. Tiksliau tariant bus nustatyta ar tas objektas yra pailgas ar ne. Kadangi naftos dėmių analizavimo metu buvo pastebėta kad naftos dėmės yra pailgi objektai, tai ir objekto buvimo naftos dėmėje tikimybė bus didesnė objektams esantiems tokios formos.

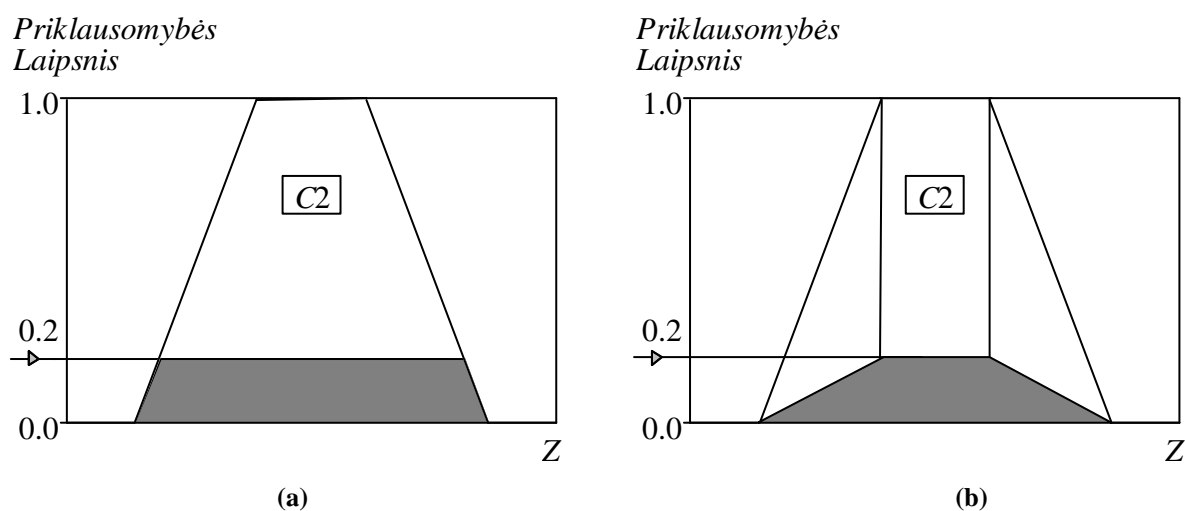
3) *Trečias žingsnis – Taisyklių bazės sukūrimas.* Šio etapo metu, remiantis naftos dėmių analizavimo patirtimi ir intuicija, reikės sukurti pakankamą kiekį „Fuzzy“ taisyklių. Šių taisyklių kūrimui bei tobulinimui naudosimės testiniais duomenimis. Taisyklės yra konstruojamos paprastų kalbos terminų pagalba ir nereikalauja didesnių programavimo žinių joms suprasti. Visos „Fuzzy“ taisyklės gali naudoti „IR“ arba „AR“ logines operacijas. Taisyklių aibę sudarys 9 pagrindinės taisyklės, skirtos apibrėžti visus scenarijus kiekvienam įeinančiam kintamajam ir kintantis skaičius kompleksinių taisyklių skirtų apibrėžti įvairias įmanomas situacijas. Visos šios taisyklės kuriamos remiantis gautais duomenimis iš ankstesnių naftos dėmių išsiliejimų bei fizikinėmis naftos savybėmis. Kai pavyzdį pateiksiu vieną kompleksinę „Fuzzy“ taisyklę :

**JEI Bendras atpažintų objektų skaičius yra mažas IR Objekto plotas yra vidutinis ARBA Objektas yra pailgas TADA Tikimybė kad objektas yra naftos dėmė yra DIDELĖ.**

Taigi dabar galime papildyti 3.3.1 skyriuje pateiktą „Fuzzy“ logikos sistemos struktūros aprašymą:

**Fuzzifikacija:** Šio proceso metu bus apibrėžtos trikampės priklausomybės funkcijos (fuzzy aibės) kiekvienam įeinančiam parametru, kad įvertinti kiekvienos taisyklės tinkamumo laipsnį.

**Išvada:** Šio proceso metu yra paskaičiuojama prielaidos tikrumo reikšmė kiekvienai taisyklei ir, apjungiant visų taisyklių rezultatus, gaunama viena bendra išvada. Išvados sudarymui galimi du metodai. Tai yra „Clipping“ (Pav. 24 (a)) arba „Scaling“ (Pav. 24 (b)). Buvo pasirinkta naudoti „Clipping“ metodą, kadangi nors ir yra nežymiai prarandamas tikslumas, tačiau yra pakankamai stipriai sumažinamas sistemos darbas ieškant centro, nes pastaruoju atveju yra gaunama paprastesnė geometrinė figūra.



(Pav. 24)

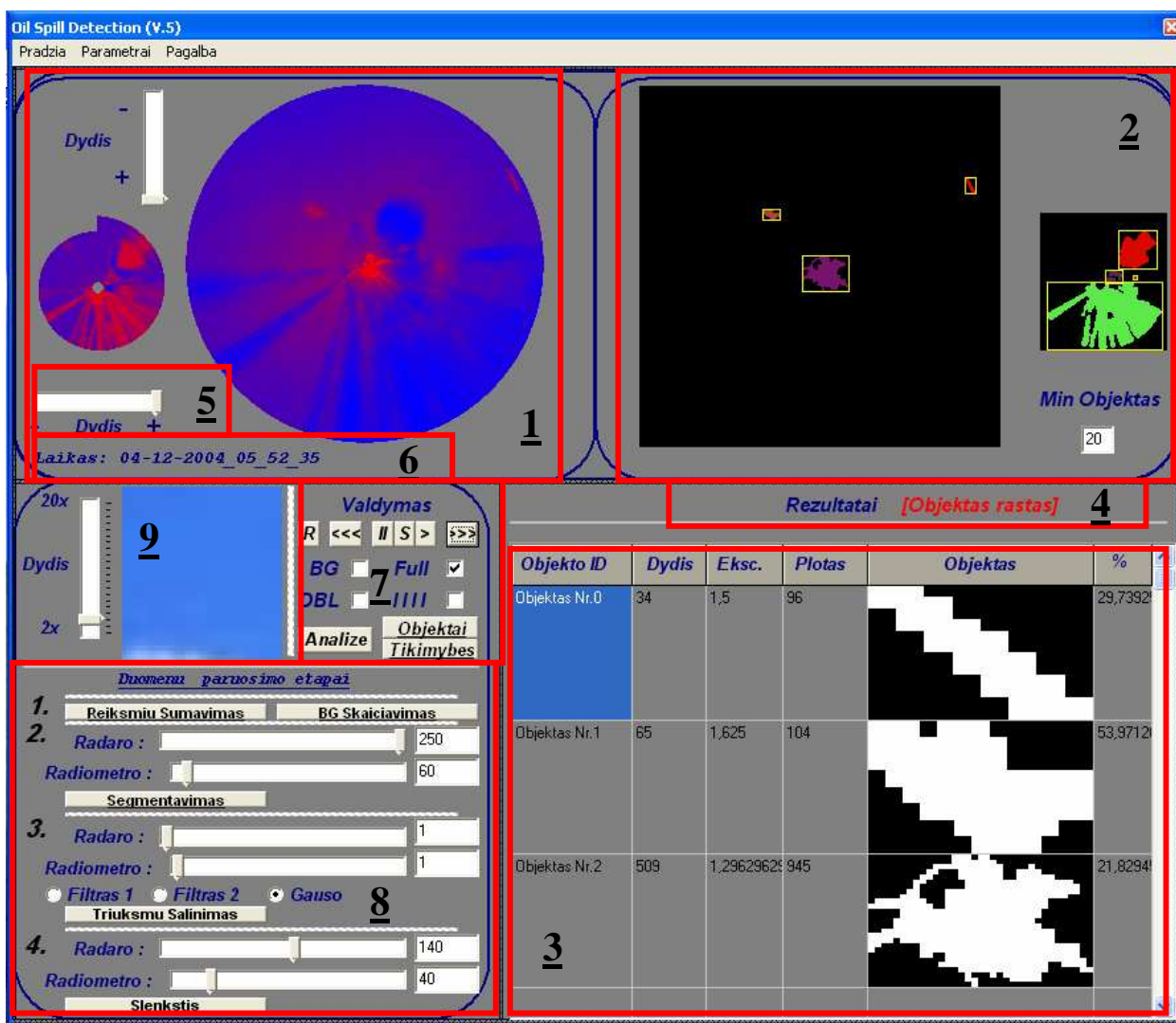
**Defuzzifikacija:** Galutinis naftos dėmių atpažinimui skirtos „Fuzzy“ sistemos rezultatas turėtų būti konkreti reikšmė, taigi antro etapo metu gautus rezultatus reiktų apdoroti. Šio proceso metu tai ir bus atliekama. Tam bus naudojamas „CDM“ (centroid defuzzification method) metodas:

$$COG = \frac{\int_a^b \mu_A(x) x dx}{\int_a^b \mu_A(x) dx}$$

Galime daryti prielaidą, kad „Fuzzy“ logikos sistema sukurta aukščiau aptartu principu turėtų duoti pakankamai gerus rezultatus.

## 4. Naftos dėmių atpažinimo sistemos aprašymas

Šio darbo tikslas buvo išanalizuoti „Fuzzy“ klasifikatoriaus pritaikymo galimybes naftos dėmių analizei remiantis radaro ir radiometro duomenimis. Šiam tikslui pasiekti buvo sukurta eksperimentinė sistema pavaizduota (Pav. 25), galinti interpretuoti radaro ir radiometro duomenis, apdoroti ir išskirti objektus kurie yra potencialios naftos dėmės bei „Fuzzy“ logikos pagalba apskaičiuoti kiekvieno šių objektų buvimo naftos dėmė tikimybes. Ši sistema gali būti naudojama dviem tikslam. Kadangi pagrindinis siekis buvo automatizuotos naftos dėmių atpažinimo sistemos sukūrimas, tai yra galimybė be papildomo vartotojo įsikišimo analizuoti duomenų sekas pagal nustatytus parametrus ir stebėti gaunamus rezultatus. Siekiant gauti kuo tikslesnius rezultatus mums yra reikalinga nustatyti optimaliausius duomenų apdorojimo metodų parametrus bei jų seką, tai ši sistema taipogi gali būti naudojama atskirų duomenų analizei bei eksperimentavimui su parametrais ar atskirais metodais.



(Pav. 25)

### **Sistemos reikalavimai:**

- Sistema dirba su originalaus formato radaro ir radiometro duomenimis pateiktais \*.dat formato failuose;
- Analizuojamų duomenų katalogas turi būti patalpintas į sistemos pagrindinį katalogą;
- Pageidaujama, kad analizuojami duomenys būtų pateikiami poromis (Radaras/Radiometras). Tačiau jeigu kurio nors iš šaltinių duomenys nebus pateikti tai bus užkraunami pavyzdiniai duomenys ir vartotojo informavimui po jais bus pateikiamas pranešimas „Pavyzdys“.




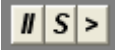
### **Laukų aprašymai:**

1. Šiame lauke pateikiami vaizdiniai duomenys gauti sistemai interpretavus radaro ir radiometro duomenis ir konvertavus į vaizdus. Duomenų interpretavimo metodas detaliau aprašytas 3.1 skyriuje.;
2. Šiame lauke pateikiami vaizdiniai duomenys. Jeigu sistema naudojama automatiniam naftos dėmių atpažinimui, tai tuomet šiame lauke pateikiama vaizdinė medžiaga apie potencialių naftos dėmių išsidėstymą. Kitu atveju šiame lauke pateikiami vaizdiniai duomenys gauti apdorojus pradinius pasirinktu metodu;
3. Šiame lauke pateikiama tiek vaizdinė tiek skaitinė informacija apie kiekvieną išskirtą objektą galintį būti naftos dėme;
4. Tai yra laukas- indikatorius. Jeigu apdorojus duomenis ir paskaičiavus kiekvieno objekto buvimo naftos dėme tikimybę, kurio nors iš jų tikimybė bus didesnė nei nustatyta, šio lauko reikšmė pataps: „Objektas rastas“. Jeigu vykdomas automatinis naftos dėmių atpažinimas, tai tokiu atveju radus objektą artimą naftos dėmei sistema yra sustabdoma;
5. Jeigu reikalinga detaliau išanalizuoti objektus esančius arčiau sensorių platformos šiame lauke vartotojas gali pakeisti pradinių duomenų rezoliuciją. Pakeitus duomenų rezoliuciją visi tolimesni veiksmai yra atliekami su naujai gautais duomenimis;
6. Šiame lauke atvaizduojama papildoma informacija apie įeinančius duomenis. Tai yra data ir tikslus laikas kada šie duomenys gauti (formatas: mėn.-d-m\_val.\_min.\_s);
7. Tai yra valdymo mygtukų panelė. Šių pagrindinių valdymo mygtukų pagalba galima pasirinkti tinkamiausią duomenų apdorojimo pateikimą. Detalesnis sistemos valdymas bus aprašytas sekančiam skyriuje;

8. Tai yra duomenų apdorojimo metodų valdymo laukas. Vartotojas gali pasirinkti konkretų metodą, bei analizuoti rezultatų priklausomybę nuo kiekvieno metodo parametru;
9. Šiame lauke pateikiamas įrankis, skirtas palengvinti vartotojo darbą kilus duomenų dviprasmybėms. Šis įrankis atlieka padidinamojo stiklo funkciją. Vaizdas esantis po rodykle yra padidinamas reikiamą kartų skaičių ir yra atvaizduojamas šiame lauke. Vaizdo didinimo koeficientą vartotojas gali nurodyti pats naudodamasis pelės ratuku.

### Sistemos valdymas

- Duomenų pasirinkimas vykdomas meniu punkto Pradžia->Atidaryti pagalba. Norint pasirinkti duomenų seką atidarius reikiamą katalogą reikalinga paspausti „CTRL-A“ mygtukų kombinaciją. Priklausomai nuo to ar pasirinkta duomenų seka ar viena byla, sistema leidžia naudoti animacijos valdymo mygtukus arba ne;
- Duomenų apdorojimo etapų valdymo lauke (8) esančiais mygtukais galima analizuoti pavienius metodus:
  1. „Reikšmių sumavimas“. Paspaudus šį mygtuką duomenims yra atliekamas reikšmių sumavimas. Šis metodas detaliau parašytas 3.2.1 skyriuje;
  2. „BG Skaičiavimas“ mygtuko paspaudimo metu duomenys yra apdorojami 3.2.2 skyriuje aprašytu metodu; Šis metodas gali būti aktyvuotas tik analizuojant duomenų sekas. Taigi, paspaudus šį mygtuką, analizuojant pavienius duomenis bus parodytas pranešimas, kad neįmanoma apskaičiuoti šios reikšmės;
  3. „Segmentavimas“ mygtuko paspaudimas atlieka duomenų segmentavimą. Šio metodo parametrus tiek radarui tiek radiometrui vartotojas gali keisti. Pakeitus parametrų reikšmes segmentavimas automatiškai atliekamas iš naujo. Šis metodas yra detaliau aprašytas 3.2.4 skyriuje;
  4. „Triukšmų Šalinimas“ mygtukas aktyvuoja 3.2.5 skyriuje aprašytą metodą. Vartotojas gali pats pasirinkti tiek duomenų apdorojimui naudojamą filtrą, tiek ir konkrečius filtrų parametrus. Atlikus bet kokį parametrų pakeitimą triukšmų šalinimas atliekamas iš naujo;
  5. „Slenkstis“ mygtukas aktyvuoja 3.2.6 skyriuje aprašytą metodą. Konkrečias slenksčio reikšmes vartotojas gali keisti atskirai radarui ir radiometrui. Pakeistus reikšmes slenkstis pradiniam duomenims yra pritaikomas iš naujo.

- Valdymo mygtukų panelėje esančiais mygtukais galima pasirinkti norimą analizės būdą. Tai gali būti automatinis duomenų sekos analizavimas arba pavienių duomenų analizė:
  1. BG – pažymėjus šį lauką pradinei analizei naudojamas BG skaičiavimas. Šis metodas detaliau aprašytas 3.2.2 skyriuje.
  2. DBL – pažymėjus šį lauką pradinei analizei naudojamas BG skaičiavimas kartu su vaizdo reikšmių sumavimu. Šis metodas detaliau aprašytas 3.2.3 skyriuje.
  3. FULL – pažymėjus šį lauką tiek duomenų sekoms tiek paviniams duomenims bus atliekama pilna analizė (duomenų interpretavimas, apdorojimas su nustatytais parametrais, objektų išskyrimas bei klasifikavimas)
  4. III – šio lauko pažymėjimas yra aktualus tik tuo atveju kai pradinei analizei naudojamas 3.2.3 skyriuje aprašytas metodas (BG skaičiavimas kartu su vaizdo reikšmių sumavimu). Pažymėjus šį lauką po pradinio apdorojimo objektai yra išskarpomi vertikaliomis juostomis. Tuo siekiama tolimesniuose etapuose lengviau pašalinti smulkesnius objektus naudojant vaizdo glotninimą aprašytą 3.2.5 skyriuje.
  5.  – tai duomenų perkrovimo mygtukas. Paspaudus šį mygtuką pasirinkta duomenų analizė yra atliekama einamiesiems duomenims pakartotinai.
  6.   – tai yra animacijos valdymo mygtukai. Jie yra aktualūs tik analizuojant duomenų sekas. Jų pagalba galima pažingsniui analizuoti kiekvieną duomenų rinkinį.
  7.  – tai automatinio atpažinimo valdymo mygtukai. Jų reikšmės yra pauzė(II), sustabdyti(S), analizuoti (>)“. Šie mygtukai yra aktyvūs tik tuo atveju jeigu yra pasirinkta duomenų seka. Dėmių atpažinimo modelis priklauso nuo 1,2,3,4 punktuose aprašytų nustatymų. Paspaudus mygtuką „>“ pradedama vykdyti duomenų analizė. Jeigu yra randamas objektas, kurio buvimo naftos dėmė tikimybė yra pakankamai didelė, tuomet analizė yra sustabdoma ir (Pav. 25 ) lauke yra rodomas pranešimas kad yra rastas objektas, kurio buvimo naftos dėmė tikimybė yra pakankamai didelė. Paspaudus mygtuką „II“ analizė yra sustabdoma, tačiau vėl paspaudus mygtuką „>“ analizė yra tęsiama nuo paskutinio duomenų failo. Mygtuko „S“ paspaudimas sustabdo analizę ir sugrąžina į pradinį laiko momentą.
  8. „Analizė“ – Šis mygtukas yra aktualus analizuojant pavinius duomenis. Paspaudus šį mygtuką yra atliekama pilna užkrautų duomenų analizė.

9. „Objektai“ – Šis mygtukas taipogi yra aktualus tik analizuojant pavienius duomenis. Ir jo paspaudimas iš analizuojamų duomenų išskiria objektus bei paskaičiuoja kiekvieno jų parametrus. Minimalaus atvaizduojamo objekto dydį galima nustatyti „*Min. Objektas*“ lauke.
10. „Tikimybės“ – Tai dar vienas mygtukas skirtas pavienių duomenų analizei. Šio mygtuko paspaudimas aktyvuoja klasifikatorių ir yra paskaičiuojama kiekvieno objekto buvimo naftos dėme tikimybė.



## 5. Sistemos taikymų analizė

Šiame skyriuje bus aptarti keli įmanomi naftos dėmių atpažinimo sistemos realizavimo scenarijai:

- Kuomet pradiniam vaizdų apdorojimo etape naudojamas vaizdo reikšmių sumavimas;
- Kuomet pradiniam vaizdų apdorojimo etape naudojamas fono (BG) pašalinimas;
- Kuomet pradiniam vaizdų apdorojimo etape naudojamas vaizdo reikšmių sumavimas kartu su fono pašalinimu.

Bus išanalizuota kiekvieno scenarijaus efektyvumas, pranašumai bei trūkumai. Kiekvieno scenarijaus testavimui naudosis tais pačiais radaro bei radiometro duomenimis. Eksperimentų būdu bus nustatyti konkretūs metodų parametrai ir aptartos situacijos kuriose šių metodų efektyvumas yra maksimalus ir kuriose rekomenduotina naudoti kitų metodų kombinacijas.

### 5.1 Naudojamas vaizdo reikšmių sumavimas

Šiame skyriuje aprašomas bazinis duomenų apdorojimo bei analizės scenarijus pavaizduotas priede Nr. 3. Duomenų analizei yra naudojama tik einamuoju laiko momentu gauta informacija. Šio scenarijaus metu duomenys yra interpretuojami, apdorojami ir gauti objektai klasifikuojami naudojantis parametrais nustatytais eksperimentų metu ir aprašytais 3 skyriuje. Segmentavimui naudojamas minimalus atstumas lygus vienam vaizdo taškui, laipsnis parenkamas iš intervalo [240-250] ir bus lygus 250; vaizdo glotninimui naudojamas standartinis Gauso filtras su laipsniu priklausančiu intervalui [1-39] ir lygiu 1; slenkstis taikomas iš intervalo [120-140] ir šiame scenarijuje bus parinktas 140; bus išskiriami objektai kurių dydis yra didesnis nei 20 vaizdo taškų, siekiant nufiltruoti objektus kurie negali būti naftos dėmės dėl savo dydžio. Esminis šių visų scenarijų skirtumas yra pradiniam duomenų apdorojimo etape pasirinkti metodai. Taigi šiam scenarijui pasirinkti metodai yra :

- Duomenų interpretavimas (3.1 skyr. );
- Vaizdo reikšmių sumavimas (3.2.1 skyr. );
- Segmentavimas (3.2.4 skyr. );
- Vaizdo glotninimas (3.2.5 skyr. );
- Slenkstis (3.2.6 skyr. );
- Objektų išskyrimas (3.2.7 skyr. );
- Klasifikavimas (3.3.3 skyr. );

Siekiant efektyviai išanalizuoti šio scenarijaus pritaikymo galimybes bei metodų efektyvumą tikslinga atkreipti dėmesį į du galimus variantus:

1. Kuomet nėra naftos dėmės. Šiuo atveju kaip matome iš priedo Nr. 3. rezultatas yra pakankamai kokybiškas. Nėra atvaizduojami jokie klaidinantys objektai, išskyrus objektą esantį centrinėje vaizdo dalyje - sensorių platformos darinį. Tai nėra didelė problema kuomet objektų klasifikavimą atlieka žmogus, tačiau tai gali sukelti problemų „Fuzzy“ klasifikatoriui, ko pasekoje gali būti sukeltas netikras pavojus, kad vandens paviršiuje atsiradusi naftos dėmė. To galime išvengti pertvarkydami „Fuzzy“ klasifikatoriaus taisyklių aibę. Tačiau yra tikslinga ieškoti metodų galinčių pašalinti tokius objektus jau ankstesnėse duomenų apdorojimo stadijose siekiant kuo mažiau apkrauti klasifikatorių.

2. Kuomet yra naftos dėmė. Šiuo atveju vėlgi, peržvelgę priede Nr. 3. pateikiamus rezultatus, galime teigti, kad gautas rezultatas yra tenkinantis. Galime pastebėti jog objektas, kurio atsiradimą įtakoja sensorių platforma, nėra pašalintas (**Objektas Nr. 2**), nors buvimo naftos dėmė tikimybė yra tik 21%. Tikroji naftos dėmė yra išskiriama ir identifikuojama kaip 52% turinčia buvimo naftos dėmė tikimybę (**Objektas Nr. 1**). Tačiau šiame scenarijuje yra išskiriami ir objektai, kurie pagal savo geometrines savybes yra labai artimi naftos dėmei (**Objektas Nr. 0**). Ir nors klasifikatoriaus taisyklių pagalba įmanoma tokį objektą atskirti nuo tikrosios naftos dėmės (jo buvimo naftos dėmė tikimybė tik 29 %), bet tai gali kelti problemų tuomet kai tikroji naftos dėmė yra pakankamai toli nutolusi nuo sensorių platformos ir šiuos du objektus klasifikatoriui tampa pakankamai sunku atskirti.

Apžvelgus šiame scenarijuje naudojamų metodų rinkinio gaunamus rezultatus, tiek kai yra naftos dėmė, tiek kai jos nėra, galima pastebėti, kad pradiniuose duomenų apdorojimo etapuose yra tikslinga nufiltruoti stacionarius objektus, siekiant supaprastinti klasifikatoriaus darbą. O šiam tikslui realizuoti jau yra reikalinga naudotis duomenimis gautais ankstesniais laiko momentais. Sekančiuose scenarijuose ir bus aptariamieji metodai naudojantis informacija apie objektus gauta ankstesniu laiko momentu

## **5.2 Naudojamas fono (BG) pašalinimas**

Šiame skyriuje bus aprašomas duomenų apdorojimo bei analizės scenarijus pavaizduotas priede Nr. 4. Šio scenarijaus metu duomenų analizei bus naudojama informacija gauta ankstesniais laiko momentais. Tuo siekiama pašalinti statinius objektus kurių atsiradimą įtakoja sensorių platforma arba atšvaitai. Šio scenarijaus metu duomenys yra interpretuojami, apdorojami ir gauti objektai klasifikuojami naudojantis parametrais, kaip ir ankščiau aptartame scenarijuje, nustatytais eksperimentų metu ir aprašytais 3 skyriuje. Segmentavimui naudojamas

minimalus atstumas lygus vienam vaizdo taškui, o laipsnis parenkamas iš intervalo [240-250] ir bus lygus 250; vaizdo glotninimui naudojamas standartinis Gauso filtras su laipsniu priklausančiu intervalui [1-39] ir lygiu 1; slenkstis taikomas iš intervalo [120-140] ir šiame scenarijuje bus parinktas 140; bus išskiriami objektai kurių dydis nėra mažesnis nei 20 vaizdo taškų, siekiant nufiltruoti objektus, kurie negali būti naftos dėmės dėl savo dydžio. Šiame scenarijuje mūsų pasirinkti metodai yra :

- Duomenų interpretavimas. (3.1 skyr. );
- Fono (BG) šalinimas (3.2.2 skyr. );
- Segmentavimas (3.2.4 skyr. );
- Vaizdo glotninimas (3.2.5 skyr. );
- Slenkstis (3.2.6 skyr. );
- Objektų išskyrimas (3.2.7 skyr. );
- Klasifikavimas (3.3.3 skyr. );

Vėlgi kaip ir pirmame scenarijuje atkreipsime dėmesį į šiuos du galimus variantus:

1. Kuomet nėra naftos dėmės. – Skirtingai nei 5.1 skyriuje aprašytame scenarijuje, šiuo atveju mes pašalinome statinius objektus, o konkrečiau objektą, kurio atsiradimą įtakojo sensorių platforma. Tačiau, kadangi šiame scenarijuje naudojama informacija gauta ankstesniais laiko momentais siekiant iš einamojo vaizdo pašalinti foną- ankstesnių vaizdų taškų vidutinę reikšmę, analizuojamuose duomenyse atsirado pašalinių objektų- trikdžių. Šių objektų atsiradimą įtakojo sensorių atšvaitai. Galime pastebėti, kad savo geometrinėmis savybėmis šie objektai yra labai artimi naftos dėmėms. Taigi klasifikatoriui tampa pakankamai sunku teisingai identifikuoti naftos dėmę.

2. Kuomet yra naftos dėmė. Tokiu atveju kuomet naftos dėmė egzistuoja gaunamas rezultatas vėlgi nėra labai tenkinantis. Objektas, kuris yra tikroji naftos dėmė, identifikuojamas (**Objektas Nr. 1**), jo buvimo naftos dėmė tikimybė apskaičiuojama pakankamai didelė- 64%. Taipogi yra išsprendžiama problema kilusi pirmajame scenarijuje- yra pašalinami statiniai objektai. Tačiau didžiausias šio metodų rinkinio trūkumas yra tai, kad po vaizdo fono pašalinimo, atsiranda objektai kurie savo savybėmis artimi naftos dėmėms, o realiai tai yra tik sensorių atšvaitų pasekmės, kuriems buvimo naftos dėmė tikimybė yra priskiriama pakankamai didelė, kadangi jų geometrinės savybės labai artimos naftos dėmėm.

Šiame scenarijuje pasirinktų metodų rinkinys išsprendžia problemas kilusias 5.1 skyriuje aprašytame scenarijuje. Tačiau kyla papildomų problemų su klaidinančių objektų atsiradimu. Kas gali suklaidinti klasifikatorių. Taigi, norint pasiekti geresnius rezultatus, tikslinga naudoti

šių abiejų scenarijų metodus, siekiant efektyviai nufiltruoti klaidinančius objektus ir sumažinti klaidingo klasifikavimo tikimybę. Toks scenarijus ir bus aprašytas 5.3 skyriuje.

### 5.3 Abiejų metodų kombinacija

Ankstesniuose skyriuose aprašyti metodai kurie remiasi einamojo vaizdo informacija (5.1 skyriuje aprašytas metodas), arba informacija, gauta išanalizavus duomenų sekas skirtingais laiko momentais (5.2 skyriuje aprašytas metodas). Galima nesunkiai pastebėti, kad tiek vienu atveju, tiek kitu atveju tikrosios naftos dėmės buvo sėkmingai identifikuotos. Problema kyla tik klaidingų objektų atvaizdavime, tačiau nesunku pastebėti, kad klaidingų objektų atsiradimo priežastys abiejuose scenarijuose yra skirtingos. Taigi šiame skyriuje ir bus aprašytas scenarijus kurio metu bus naudojama informacija gauta abiejų ankstesnių scenarijų metu. Šis duomenų apdorojimo bei analizės scenarijus pavaizduotas priede Nr. 5.

Šio scenarijaus metu duomenys yra interpretuojami, apdorojami ir gauti objektai klasifikuojami naudojantis šiais parametrais: segmentavimui, kaip ir ankstesniuose scenarijuose, naudojamas minimalus atstumas lygus vienam vaizdo taškui, o laipsnis parenkamas iš intervalo [240-250] ir bus lygus 250; vaizdo glotninimui naudojamas standartinis Gauso filtras su dviem skirtingais laipsniais priklausančiais intervalui [1-39] - (tuo atveju kuomet po pradinio duomenų apdorojimo naudojamas juostinis objektų atvaizdavimas (priedas Nr.5 (I)), tuomet filtro reikšmė - 39; kuomet atvaizduojamas pilnas objektas (priedas Nr.5 (H)) filtro reikšmė naudojama -1 ); slenkstis taikomas iš intervalo [50 -140] ir šiame scenarijuje bus parinktos dvi reikšmės (tuo atveju kuomet po pradinio duomenų apdorojimo naudojamas juostinis objektų atvaizdavimas (priedas Nr.5 (K)) , tuomet filtro reikšmė -55; kuomet atvaizduojamas pilnas objektas (priedas Nr. 5 (J)) filtro reikšmė naudojama -140 ); bus išskiriami objektai kurių dydis nėra mažesnis nei 20 vaizdo taškų, siekiant nufiltruoti objektus kurie negali būti naftos dėmės dėl savo dydžio. Šiuose scenarijuose mūsų pasirinkti metodai yra:

- Duomenų interpretavimas (3.1 skyr. );
- Fono pašalinimas kartu su vaizdo reikšmių sumavimu (3.2.3 skyr. ).
- Segmentavimas (3.2.4 skyr. );
- Vaizdo glotninimas (3.2.5 skyr. );
- Slenkstis (3.2.6 skyr. );
- Objektų išskyrimas (3.2.7 skyr. );
- Klasifikavimas (3.3.3 skyr. );

Atkreipsime dėmesį į gautus rezultatus šiose dvejose situacijose:

1. Kuomet nėra naftos dėmės. Šioje situacijoje duomenų analizavimas ir klasifikavimas, tiek atvaizduojant juostinį objektą, tiek pilną, vykdomas pakankamai kokybiškai. Yra išsprendžiamos problemos kilusios naudojant tik einamojo vaizdo informaciją (yra pašalinami statiniai objektai), taipogi yra išsprendžiamos problemos kilusios 5.2 skyriuje aprašytame scenarijuje, kuomet naudojama informacija apie duomenis ankstesniu laiko momentu siekiant pašalinti foną (yra pašalinami objektai, kurių atsiradimą įtakojo fono pašalinimas bei atšvaitai).

2. Kuomet yra naftos dėmė. Šioje situacijoje rezultatai naudojant juostinį ir pilną objekto atvaizdavimą nežymiai skirtingi. Atvaizduojant pilną objektą (**priedas Nr.5 (L)**) tikroji naftos dėmė yra sėkmingai identifikuojama (**Objektas Nr. 1**) su tikimybe 51%, tačiau yra tikimybė, kad bus palikti objektai, kurių atsiradimą įtakojo vandens paviršiaus struktūra (**Objektas Nr. 0**). Tačiau šiuo atveju problemą išsprendžia „Fuzzy“ klasifikatorius ir šio objekto buvimo naftos dėmė tikimybė tik apie 28 %. Atvaizduojant juostinį objektą (**priedas Nr.5 (M)**) tikroji naftos dėmė yra sėkmingai identifikuojama (**Objektas Nr. 0**) bei yra pilnai pašalinami klaidinantys objektai. Tačiau šiuo atveju yra tikimybė neužfiksuoti smulkių objektų, galinčių būti naftos dėmėmis.

## 5.4 Gautų rezultatų apibendrinimas

Kriterijai Metodai	Kuomet yra objektai	Kuomet nėra objektų	Objektų neatpažinimas	Klaidingas objektų atpažinimas
<b>Vaizdo reikšmių sumavimas (5.1)</b>	Naftos dėmės identifikuojamos; Nėra pašalinami statiniai objektai; Gali būti atpažįstami klaidingi objektai.	Naftos dėmės neidentifikuojamos; Nėra pašalinami statiniai objektai.	Praktiškai visose situacijose objektai yra atpažįstami.	Statiniai objektai nėra pašalinami, nors tikimybė priskiriama maža.
<b>Vaizdo fono (BG) pašalinimas (5.2)</b>	Naftos dėmės identifikuojamos; Didelė tikimybė klaidingų objektų atpažinimo.	Naftos dėmės neidentifikuojamos; Didelė tikimybė klaidingų objektų atpažinimo.	Praktiškai visose situacijose objektai yra atpažįstami.	Pašalinami statiniai objektai; Didelė tikimybė klaidingų objektų.
<b>Abiejų metodų kombinavimas (5.3)</b>				
<b>Paliekant pilnus objektus</b>	Naftos dėmės identifikuojamos.	Naftos dėmės neidentifikuojamos; Nedidelė klaidingų objektų atpažinimo tikimybė	Visose situacijose objektai atpažįstami.	Klaidingų objektų atpažinimas įmanomas (kuomet objektai nutolę nuo sensorių platformos)
<b>Atvaizduojant juostomis</b>	Naftos dėmės identifikuojamos; Yra tikimybė prarasti smulkius objektus.	Naftos dėmės neidentifikuojamos. Nedidelė klaidingų objektų atpažinimo tikimybė	Yra tikimybė prarasti smulkius objektus.	Klaidingų objektų atpažinimo tikimybė labai maža.

## Išvados ir rekomendacijos

Siekiant įvykdyti apsibrėžtus tikslus buvo sukurta eksperimentinė sistema skirta automatiniam naftos dėmių atpažinimui remiantis „Fuzzy“ logika. Išanalizavus sistemos rezultatus galima teigti, kad pagrindiniai kriterijai nuo kurių priklauso dėmių identifikavimo efektyvumas bei tikslumas yra pradinių duomenų apdorojimo metodų teisingas pasirinkimas bei išsamios „Fuzzy“ klasifikatoriaus taisyklių aibės sukūrimas. Tokios sistemos efektyvumui įrodyti buvo išanalizuoti trys galimi scenarijai (scenarijuose naudojama bazinė „Fuzzy“ taisyklių aibė taigi rezultatai nėra pakankamai kokybiški, tačiau pakankami įrodyti tokios sistemos egzistavimo galimybę):

Pirmasis scenarijus, kuomet remiamasi tik informacija gauta iš statinio vaizdo, davė pakankamai efektyvius rezultatus, tačiau nebuvo išvengta klaidinančių objektų atsiradimo. Daugumoje tai buvo statiniai objektai atsirandantys dėl sensorių platformos.

Antrojo scenarijaus metu naudoti duomenys gauti ir ankstesniais laiko momentais. Skirtingai nuo palydovinių duomenų (SAR), analizuojant radaro ir radiometro duomenis, yra galimybė naudoti duomenų sekas. Tokio duomenų apdorojimo scenarijaus rezultatai buvo neprieštaringi pirmojo scenarijaus rezultatams. Sėkmingai išspręstos statinių objektų atsiradimo problemos kilusios pirmojo scenarijaus metu, tačiau buvo identifikuota žymiai didesnis klaidinančių objektų skaičius, kurių atsiradimo priežastis - pašaliniai efektai kilę panaikinus bendrą vaizdų sekos foną.

Trečiojo scenarijaus metu buvo apjungti ankstesnių scenarijų naudojami metodai ir rezultatas buvo pilnai tenkinantis. Buvo pašalinti statiniai objektai, kurie kėlė problemą pirmojo scenarijaus metu, taipogi buvo pašalinti objektai, kurių atsiradimo priežastis - fono pašalinimas. Ne visose situacijose pasisekė pašalinti objektus kurių atsiradimo priežastis yra vandens paviršiaus struktūros turinčios panašias naftos dėmėms savybes. Tikroji naftos dėmė buvo sėkmingai identifikuota.

Visų išanalizuotų scenarijų rezultatai neprieštaringi, skyrėsi tik klaidinančių objektų skaičius. Taigi galime teigti, kad tokios naftos dėmių atpažinimo sistemos egzistavimas yra realus. Tačiau siekiant gauti maksimaliai informatyvius rezultatus, rekomenduotina naudoti trečiame scenarijuje aptartų metodų rinkinį, atvaizduojant pilną objektą (šio scenarijaus rezultatai buvo geriausi, o su nedidele klaidinančių objektų atsiradimo tikimybe galima susitaikyti, kadangi tai nesukels netikro pavojaus) bei sukurti pakankamai tikslią „Fuzzy“ klasifikatoriaus taisyklių aibę, siekiant identifikuoti klaidinančius objektus ir klasifikuojant juos pašalinti.

## Literatūros sąrašas

- [BS95] C.Brekke, A.H.S.Solberg. Oil spill detection by satellite remote sensing. In: Remote Sensing and Environment 95 (2005) 1-13;
- [ZHG02] M.Zhang and L.O. Hall and Dmitry B. Goldgof, A Generic Knowledge-Guided Image Segmentation and Labeling System Using Fuzzy Clustering Algorithms, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B, <http://ieeexplore.ieee.org/>, V. 32, No. 5, pp. 571-582, 2002;
- [MM01] Maged Marghany. RADARSAT automatic algorithms for detecting coastal oil spill pollution. JAG, Volume 3 – Issue 2 – 2001;
- [NS03] Niels Skou. Remote sensing system for the detection of oil spills from offshore installations. 2003 – 06 – 17;
- [KCK04] Iphigenia Keramitsoglou, Constantinos Cartalis, Chris T. Kiranoudis. Automatic identification of oil spills on satellite images. In: Environmental Modeling & Software 2004;
- [Ric95] John A.Richards. Remote Sensing Digital Image Analysis. An introduction. Second, Revised and Enlarged Edition. Germany,1995, pp.1-194.

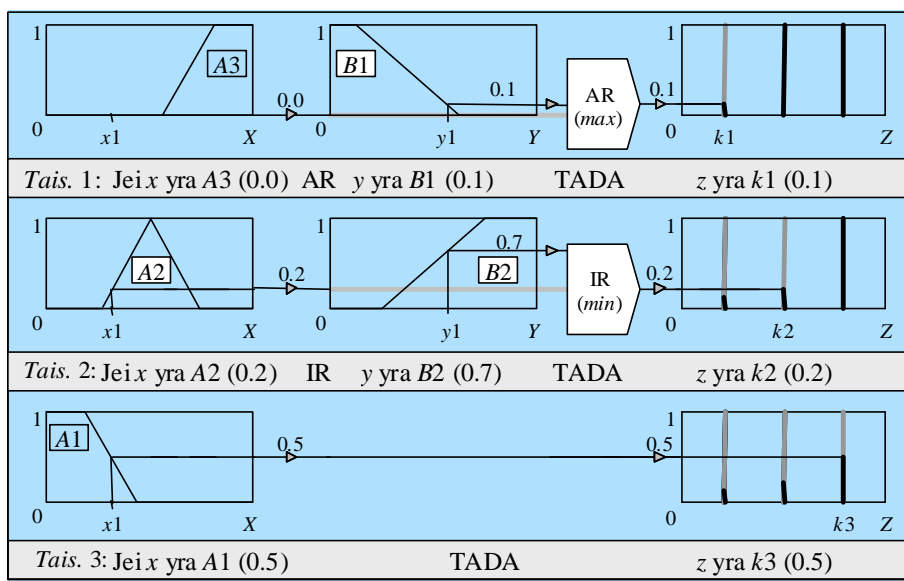
### „Sugeno Fuzzy“ klasifikatoriaus pavyzdys

Parametru aibė: x,y,z;

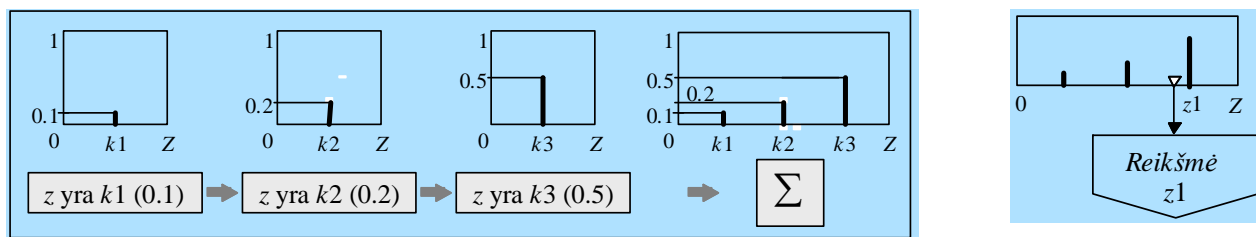
Taisyklių aibė:

<i>Taisyklė.1</i>	<i>Taisyklė.2</i>	<i>Taisyklė.3</i>
Jei x yra A3	Jei x yra A2	Jei x yra A1
Arba y yra B1	Ir y yra B2	Tada z yra C3
Tada z yra C1	Tada z yra C2	

Taisyklių Taikymas:



„Fuzzy“ išvada:



Defuzifikacija:

$$WA = \frac{\mu(k1) \times k1 + \mu(k2) \times k2 + \mu(k3) \times k3}{\mu(k1) + \mu(k2) + \mu(k3)} = \frac{0.1 \times 20 + 0.2 \times 50 + 0.5 \times 80}{0.1 + 0.2 + 0.5} = 65$$



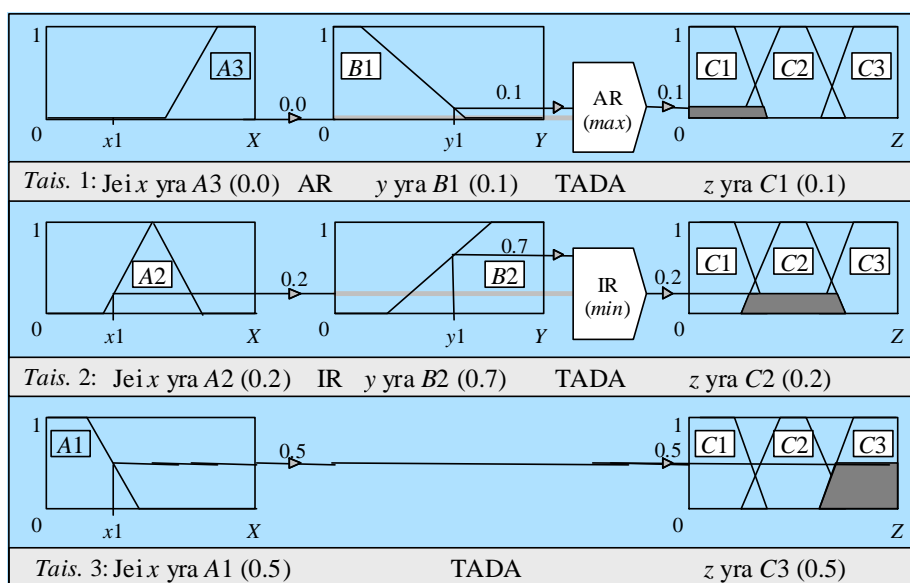
### „Mamdani Fuzzy“ klasifikatoriaus pavyzdys

**Parametru aibė:** x,y,z;

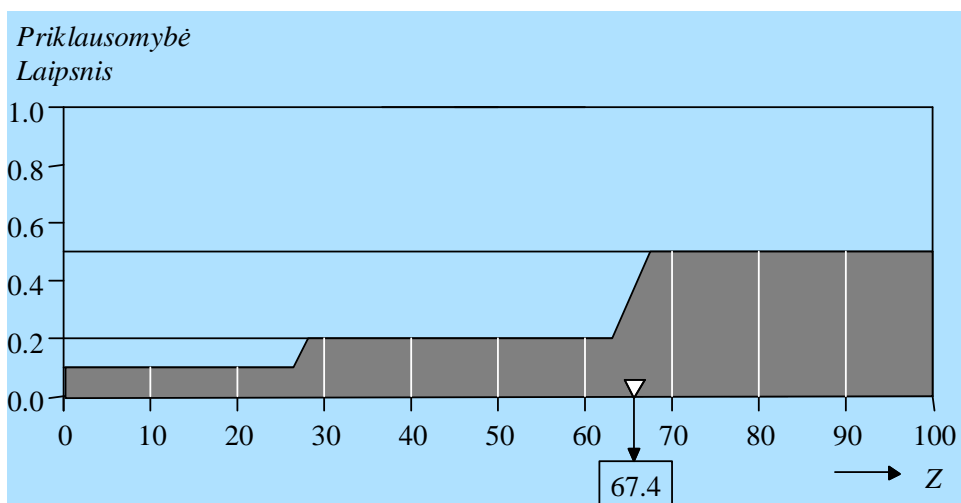
**Taisyklių aibė:**

<i>Taisyklė.1</i>	<i>Taisyklė.2</i>	<i>Taisyklė.3</i>
<b>Jei x yra A3</b>	<b>Jei x yra A2</b>	<b>Jei x yra A1</b>
<b>Arba y yra B1</b>	<b>Ir y yra B2</b>	<b>Tada z yra C3</b>
<b>Tada z yra C1</b>	<b>Tada z yra C2</b>	

**Taisyklių Taikymas:**

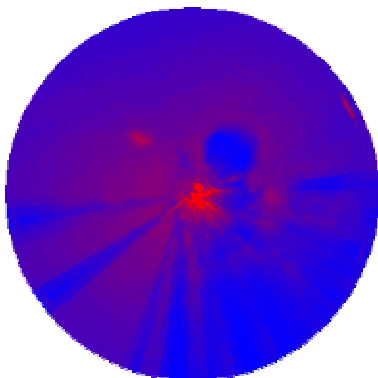


**Defuzifikacija:**

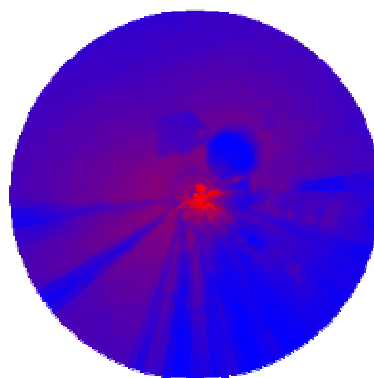
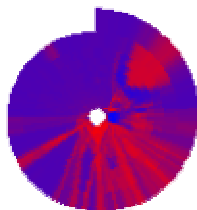


## Naudojamas vaizdo reikšmių sumavimas

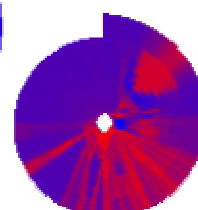
Pradiniai duomenys:



(Kuomet yra naftos dėmė)



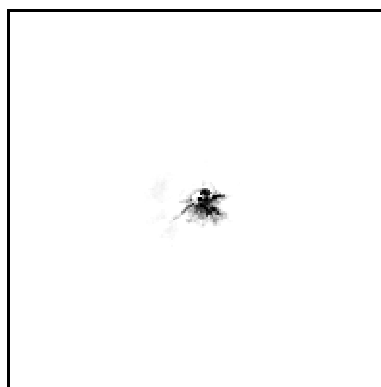
(Kuomet nėra naftos dėmės)



Duomenys po vaizdo reikšmių sumavimo:



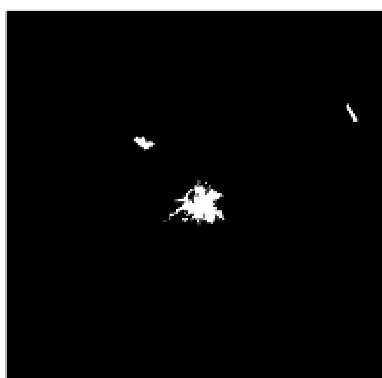
(Kuomet yra naftos dėmė)



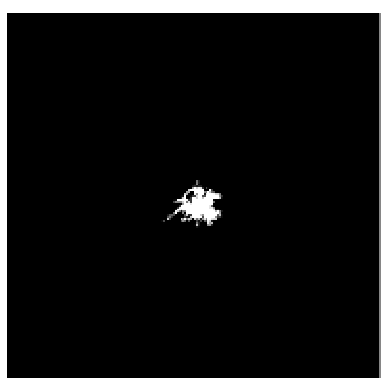
(Kuomet nėra naftos dėmės)



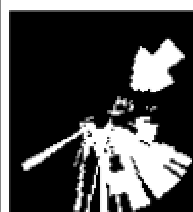
Duomenys po vaizdo segmentavimo:



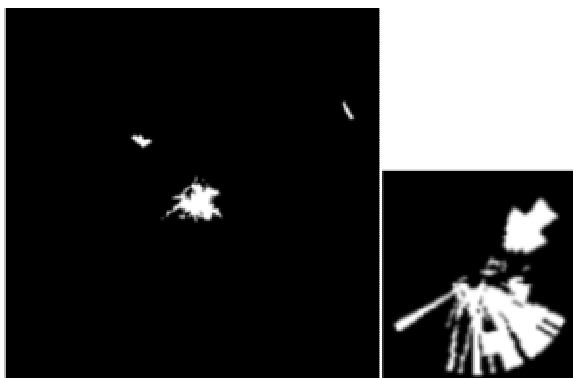
(Kuomet yra naftos dėmė)



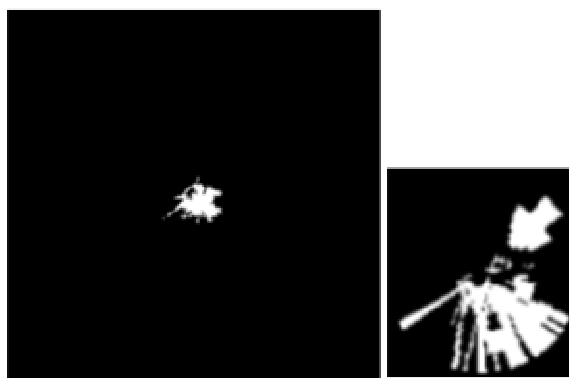
(Kuomet nėra naftos dėmės)



Duomenys po vaizdo glotninimo:

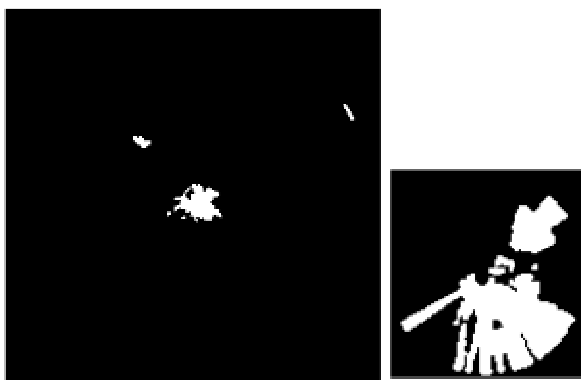


(Kuomet yra naftos dėmė)

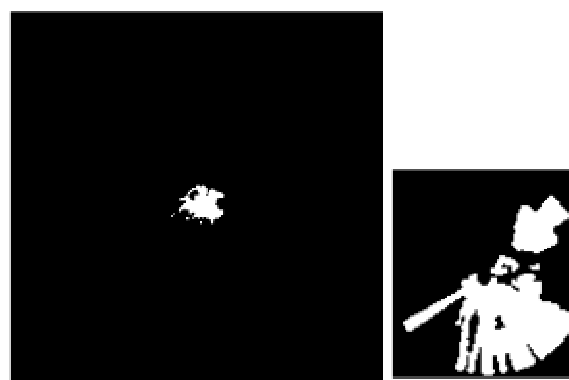


(Kuomet nėra naftos dėmės)

Duomenys po slenksčio pritaikymo:

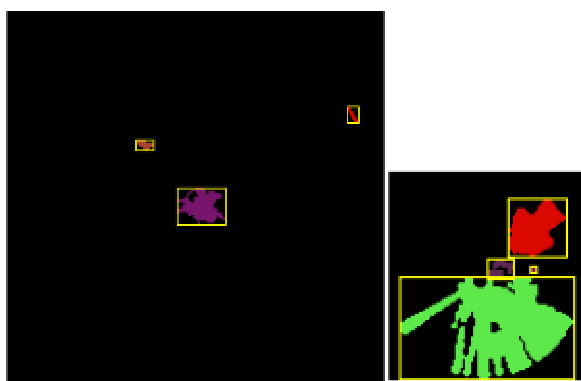


(Kuomet yra naftos dėmė)

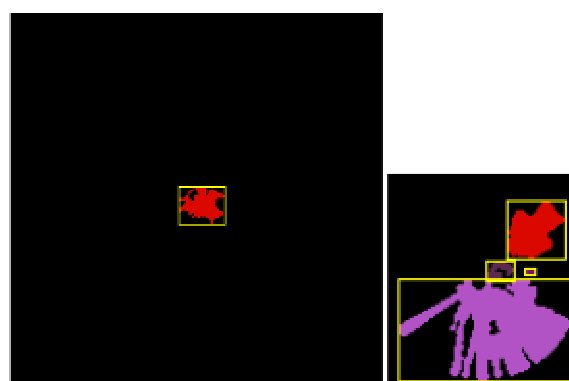


(Kuomet nėra naftos dėmės)

Duomenys po objektų išskyrimo:



(Kuomet yra naftos dėmė)



(Kuomet nėra naftos dėmės)

Duomenys po klasifikavimo :

Objekto ID	Dydis	Eksc.	Plotas	Objektas	%
Objektas Nr.0	34	1,5	96		29,7392
Objektas Nr.1	65	1,625	104		53,9712
Objektas Nr.2	509	1,2962962	945		21,6294

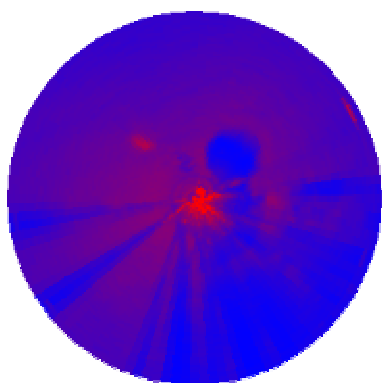
(Kuomet yra naftos dėmė)

Objekto ID	Dydis	Eksc.	Plotas	Objektas	%
Objektas Nr.0	504	1,21428571	952		20,7408

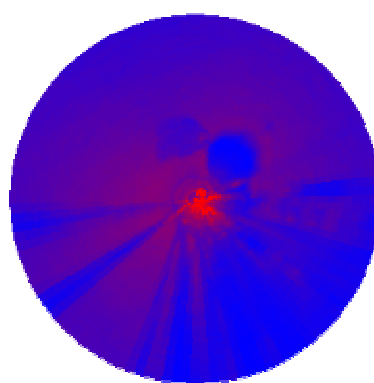
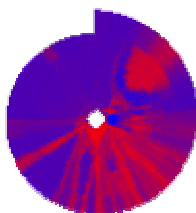
(Kuomet nėra naftos dėmės)

## Naudojamas fono (BG) pašalinimas

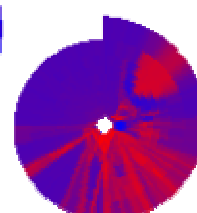
### Pradiniai duomenys:



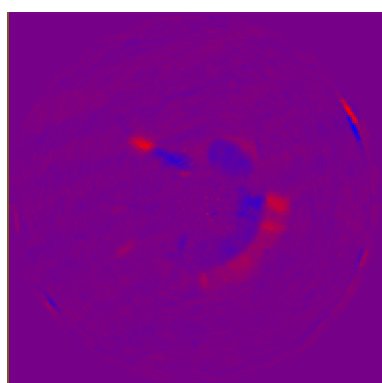
(Kuomet yra naftos dėmė)



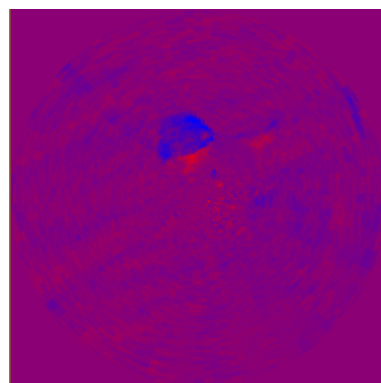
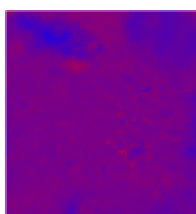
(Kuomet nėra naftos dėmės)



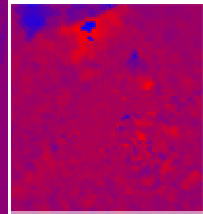
### Duomenys po fono (BG) pašalinimo:



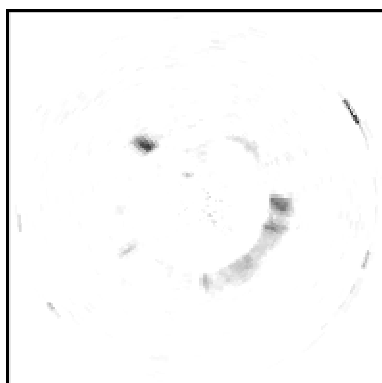
(Kuomet yra naftos dėmė)



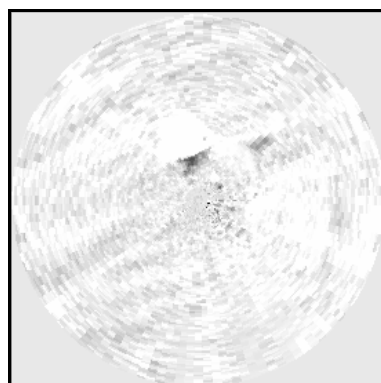
(Kuomet nėra naftos dėmės)



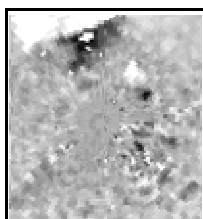
### Duomenys po vaizdo reikšmių sumavimo:



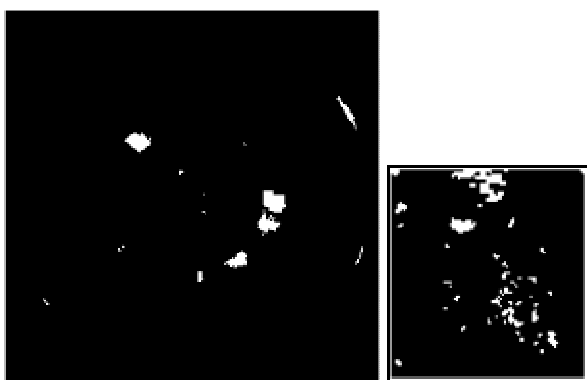
(Kuomet yra naftos dėmė)



(Kuomet nėra naftos dėmės)



Duomenys po vaizdo segmentavimo:

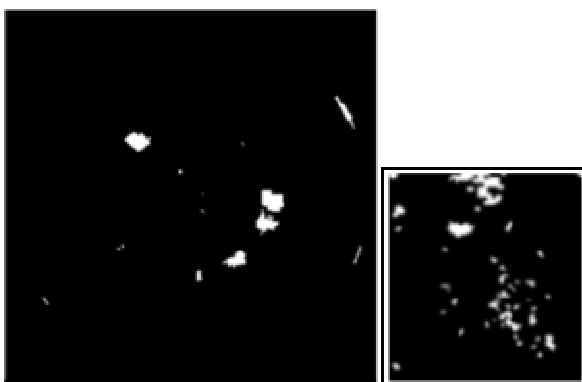


(Kuomet yra naftos dėmė)



(Kuomet nėra naftos dėmės)

Duomenys po vaizdo glotninimo:

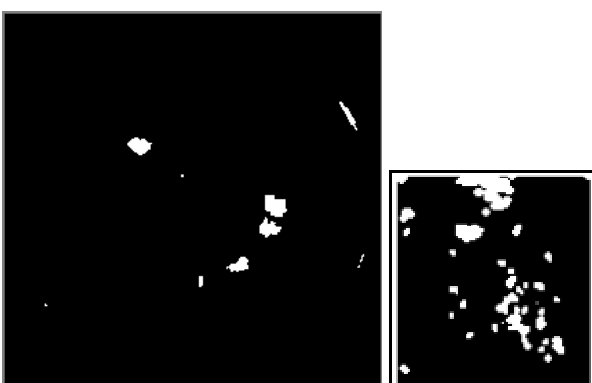


(Kuomet yra naftos dėmė)

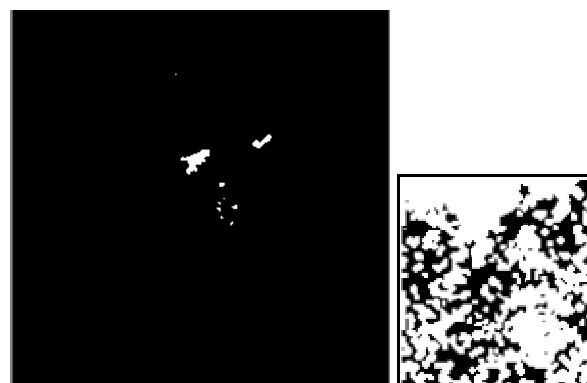


(Kuomet nėra naftos dėmės)

Duomenys po slenksčio pritaikymo:

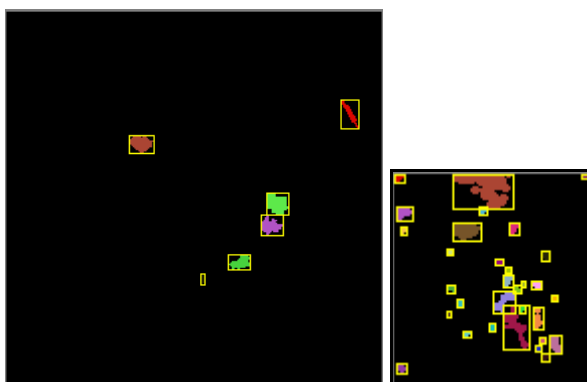


(Kuomet yra naftos dėmė)

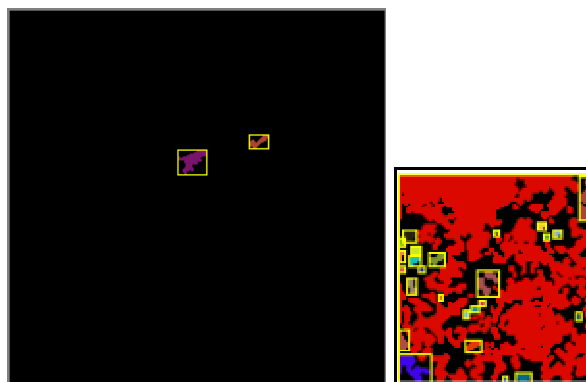


(Kuomet nėra naftos dėmės)

Duomenys po objektų išskyrimo:



(Kuomet yra naftos dėmė)



(Kuomet nėra naftos dėmės)

Duomenys po klasifikavimo :

<i>Objekto ID</i>	<i>Dydis</i>	<i>Eksc.</i>	<i>Plotas</i>	<i>Objektas</i>	<i>%</i>
Objektas Nr.1	147	1,38461538	234		64,3388
Objektas Nr.2	192	1	256		33,0374
Objektas Nr.3	131	1,06666666	240		52,4168

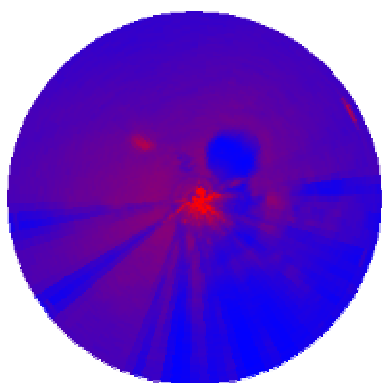
(Kuomet yra naftos dėmė)

<i>Objekto ID</i>	<i>Dydis</i>	<i>Eksc.</i>	<i>Plotas</i>	<i>Objektas</i>	<i>%</i>
Objektas Nr.0	59	1,4	140		48,9908
Objektas Nr.1	167	1,16666666	378		33,0865

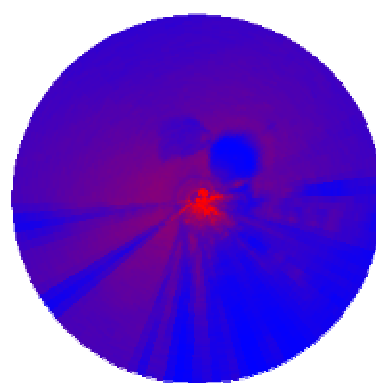
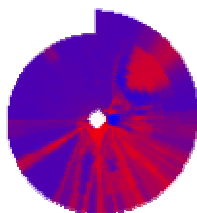
(Kuomet nėra naftos dėmės)

## Abiejų metodų kombinacija

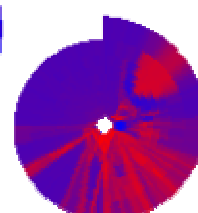
(A) Pradiniai duomenys:



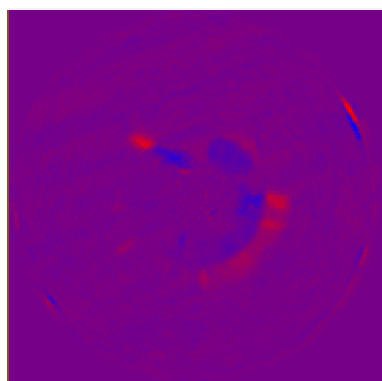
(Kuomet yra naftos dėmė)



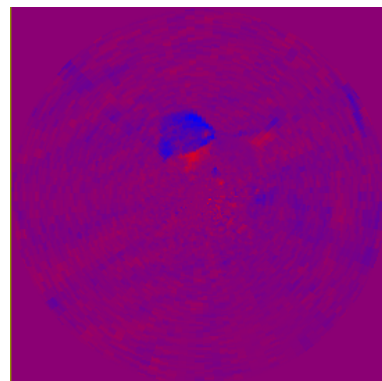
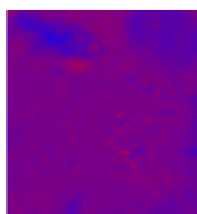
(Kuomet nėra naftos dėmės)



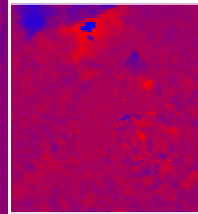
(B) Duomenys po fono (BG) pašalinimo:



(Kuomet yra naftos dėmė)



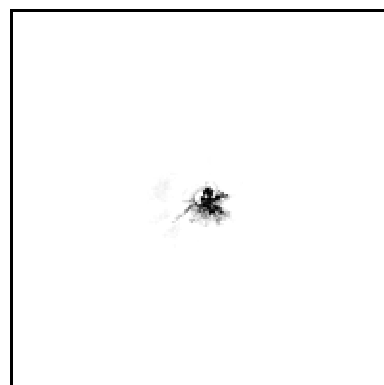
(Kuomet nėra naftos dėmės)



(C) Duomenys po vaizdo reikšmių sumavimo:



(Kuomet yra naftos dėmė)



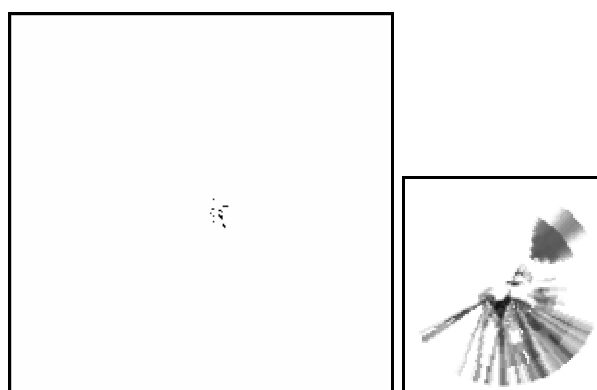
(Kuomet nėra naftos dėmės)



**(D)** Duomenys po vaizdo reikšmių sumavimo ir fono pašalinimo (Pilnas Objektas) :

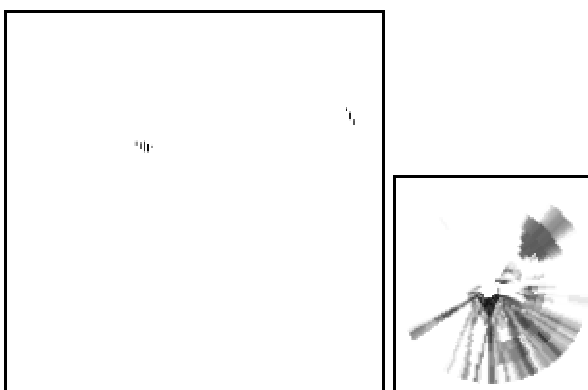


(Kuomet yra naftos dėmė)

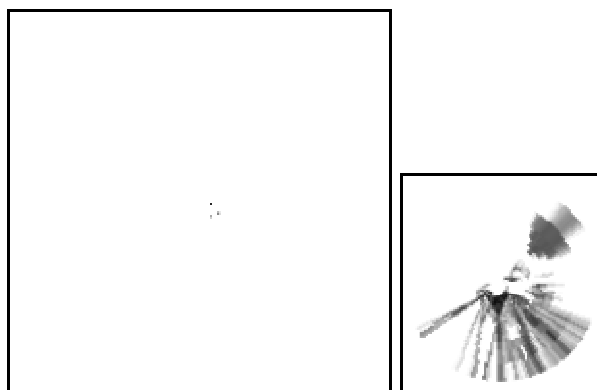


(Kuomet nėra naftos dėmės)

**(E)** Duomenys po vaizdo reikšmių sumavimo ir fono pašalinimo (Juostinis Objektas) :



(Kuomet yra naftos dėmė)



(Kuomet nėra naftos dėmės)

**(F)** Duomenys po vaizdo segmentavimo (Pilnas Objektas):



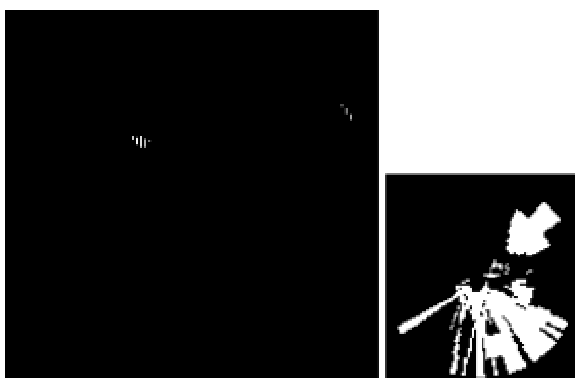
(Kuomet yra naftos dėmė)



(Kuomet nėra naftos dėmės)



(G) Duomenys po vaizdo segmentavimo (Juostinis Objektas):



(Kuomet yra naftos dėmė)



(Kuomet nėra naftos dėmės)

(H) Duomenys po vaizdo glotninimo (Pilnas Objektas):



(Kuomet yra naftos dėmė)

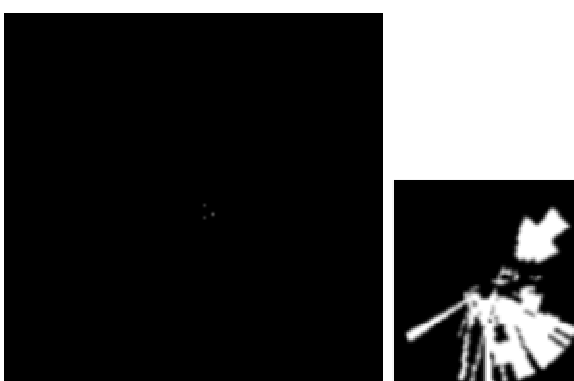


(Kuomet nėra naftos dėmės)

(I) Duomenys po vaizdo glotninimo (Juostinis Objektas):



(Kuomet yra naftos dėmė)



(Kuomet nėra naftos dėmės)

**(J)** Duomenys po slenksčio pritaikymo (Pilnas Objektas):



**(Kuomet yra naftos dėmė)**



**(Kuomet nėra naftos dėmės)**

**(K)** Duomenys po slenksčio pritaikymo (Juostinis Objektas):

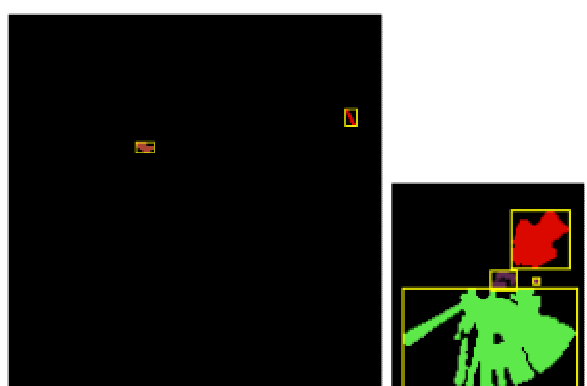


**(Kuomet yra naftos dėmė)**



**(Kuomet nėra naftos dėmės)**

**(L)** Duomenys po objektų išskyrimo (Pilnas Objektas):

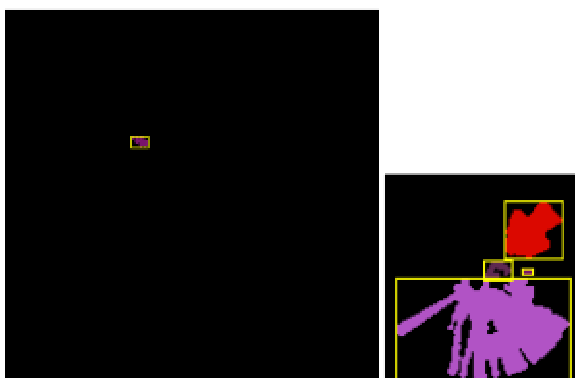


**(Kuomet yra naftos dėmė)**



**(Kuomet nėra naftos dėmės)**

(M) Duomenys po objektų išskyrimo (Juostinis Objektas):



(Kuomet yra naftos dėmė)



(Kuomet nėra naftos dėmės)

(N) Duomenys po klasifikavimo :

Objekto ID	Dydis	Eksc.	Plotas	Objektas	%
Objektas Nr.0	34	1,5	96		28,7847
Objektas Nr.1	65	1,625	104		51,8452

(Pilnas objektas)

Objekto ID	Dydis	Eksc.	Plotas	Objektas	%
Objektas Nr.0	50	1,5	96		45,9721

(Juostinis objektas)