



**REPUBLIKA E SHQIPËRISË
UNIVERSITETI POLITEKNIK I TIRANËS
FAKULTETI I TEKNOLOGJISË SË INFORMACIONIT
DEPARTAMENTI I ELEKTRONIKËS DHE TELEKOMUNIKACIONIT**

ASTRIT HULAJ

PËR MARJEN E GRADËS

“DOKTOR”

NË “TEKNOLOGJITË E INFORMACIONIT DHE KOMUNIKIMIT”

DREJTIMI “TELEKOMUNIKACION DHE INXHINIERI INFORMACIONI”

DISERTACION

Rritja e sigurisë në kufijtë shtetëror përmes implementimit të rrjeteve të optimizuara të sensorëve

Udhëheqës Shkencor

Prof. Asoc. Dr. Adrian Shehu

Tiranë, 2019

**RRITJA E SIGURISË NË KUFIJTË SHTETËROR PËRMES
IMPLEMENTIMIT TË RRJETEVE TË OPTIMIZUARA TË SENSORËVE**

Disertacioni

i paraqitur në Universitetin Politeknik të Tiranës

për marrjen e gradës

“Doktor”

në

“Teknologjitë e Informacionit dhe Komunikimit”

drejtimi Telekomunikacion dhe Inxhinieri Informacioni

nga

z. Astrit Hulaj

2019

**JURIA PËR VLERËSIMIN E DISERTACIONIT PËR FITIMIN E GRADËS
SHKENCORE “DOKTOR”**

Miratuar

me vendimin e Këshillit të Profesorëve të FTI-së Nr. _____, datë _____ :

Kryetar i Jurisë _____

Anëtar i Jurisë _____

Anëtar i Jurisë _____

Anëtar i Jurisë _____

Anëtar i Jurisë _____

Dekan i Fakultetit të Teknologjisë së Informacionit

Përmbajtja

LISTA E FIGURAVE.....	VIII
LISTA E TABELAVE.....	XI
SHKURTESAT	XII
DEDIKIM	XIV
FALENDERIMET	XV
Abstrakti	16
Abstract.....	17
Kapitulli 1	18
1. Konceptet bazike dhe metodologjia e punës, si dhe organizimi i punimit	18
Hyrje.....	18
1.1 Motivimi për këtë hulumtim	19
1.2 Qëllimi shkencor i disertacionit	19
1.3 Metodologjia e punës	20
1.4 Burimet e domosdoshme për punimin	20
1.5 Organizimi i punimit.....	21
Kapitulli 2	23
2. Konceptet e përgjithshme të sensorëve.....	23
Hyrje.....	23
2.1 Çka janë Sensorët.....	24
2.2 Klasifikimi i sensorëve.....	25
2.3 Kriteret bazë për zgjedhjen e sensorit	26
2.4 Disa lloje të sensorëve që mund të aplikohen përgjatë vijës kufitare shtetërore.....	27
2.4.1 Sensorët e lëvizjes	28
2.4.2 Sensorët multimedial.....	28
2.4.3 Sensorët IR.....	29
2.4.4 Sensorët e lëvizjes mikrovalorë	31
2.4.5 Sensorët e lëvizjes ultrasonikë	31
2.4.6 Sensorët për detektim të dridhjeve.....	33
2.4.7 Sensorët akustikë.....	33

Kapitulli 3	35
3. Rrjetet sensorë pa tela dhe aplikimi i tyre.....	35
Hyrje.....	35
3.1 Komponentet kryesore të një sensori multimedial	35
3.1.1 Arkitektura e projektimit të një sensori multimedial	35
3.1.1.1 Njësia e përpunimit	36
3.1.1.2 Njësia e energjisë elektrike	38
3.1.1.3 Njësia komunikuese	38
3.1.1.4 Njësia e vrojtimit.....	39
3.2 Lidhja e sensorëve multimedial në rrjetë	39
3.3 Aplikimet e rrjeteve sensorë pa tela	40
3.3.1 Aplikimi për qëllime ushtarake dhe policore	41
3.3.2 Aplikimi për qëllime vëzhgimi	42
3.3.3 Aplikimi për monitorim të trafikut.....	42
3.3.4 Aplikimi për qëllime të përkujdesjes shëndetësore.....	43
3.3.5 Aplikimi në mjedis dhe industri	43
3.3.6 Aplikimi në shtëpi inteligjente.....	44
3.4 Objektivat e projektimit të rrjetit.....	44
3.5 Sfidat e projektimit të një rrjeti sensorë multimedial	46
Kapitulli 4	49
4. Konceptet dhe analiza e standardeve për rrjetet sensorë pa tela.....	49
Hyrje.....	49
4.1 Standardi IEEE 1451.....	49
4.2 Standardi 802.15	51
4.2.1 Standardi IEEE 802.15.1	52
4.2.2 Standardi IEEE 802.15.4.....	53
4.2.3 Standardi <i>ZigBee</i>	54
4.3 Modeli i protokolleve për WSN.....	60
Kapitulli 5	65
5. Një analizë e aktiviteteve ndërkufitare dhe propozimi i arkitekturës për rritje të sigurisë kufitare	65
Hyrje.....	65

5.1	Nevojat për monitorim dhe sigurim të kufijve shtetërorë	65
5.2	Analizimi i disa rasteve të mundshme të vijës së gjelbër kufitare	67
5.3	Menaxhim i integruar i kufijve	71
5.4	Aktivitetet e mundshme ndërkufitare.....	72
5.4.1	Terrorizmi	72
5.4.2	Grupet Guerile.....	73
5.4.3	Infiltrimi i grupeve të ndryshme nga vendet fqinjë.....	73
5.4.4	Kontrabanda e drogës.....	74
5.4.5	Kontrabanda e produkteve për përfitime financiare.....	74
5.4.6	Emigracioni ilegal.....	75
5.5	Teknikat dhe sistemet ekzistuese për vëzhgim të vijës kufitare.....	76
5.6	Arkitektura e rrjetit e propozuar për aplikim përgjatë vijës së gjelbër kufitare	82
5.6.1	Rrezja e mbulimit e sensorit multimedial	87
5.6.2	Sfidat me të cilat karakterizohet aplikimi i WMSN.....	88
5.7	Mundësit e bartjes së informacionit	90
5.8	Konceptet bazike të protokolleve të rutimit.....	92
5.8.1	Topologjia e rrjetit e përdorur për simulim.....	93
5.8.2	Zgjedhja e aplikacioneve dhe statistikave për simulim.....	94
5.8.3	Konfigurimet e përdorura për simulim	95
5.8.4	Diskutimi dhe analiza e rezultateve të fituara	97
Kapitulli 6	101	
6. Modelimi i algoritmit për largimin e zhurmave dhe detektim të skajeve të objekteve në kuadër të imazhit të kapur nga WMSN	101	
Hyrje.....	101	
6.1	Propozimet për zgjidhjen e problematikave të aplikimit të WMSN	102
6.2	Llojet e imazheve digjitale.....	104
6.3	Llojet e mundshme të zhurmës në imazh	105
6.3.1	Zhurma e Gausit.....	105
6.3.3	Zhurma kripë dhe piper.....	106
6.3.3	Zhurma <i>Poisson</i>	107
6.3.4	Zhurma <i>Speckle</i>	108
6.4	Filtrat tradicional për largim të zhurmës.....	108
6.4.1	Filtri Median	109

6.4.2	Filtri Mean	110
6.4.3	Filtri i Gausit	111
6.5	Modelimi i një algoritmi të ri për largim të zhurmave nga imazhi	114
6.5.1	Modelet matematikore te aplikuar për krahasim të rezultateve	118
6.5.2	Prezantimi dhe interpretimi i rezultateve të fituara me aplikimin e filtrave tradicional për largimin e zhurmave.....	118
6.5.3	Prezantimi, krahasimi dhe interpretimi i rezultateve të fituara me aplikimin e algoritmit të propozuar për largim të zhurmave	131
6.5.4	Krahasim i rezultateve të algoritmit të propozuar me filtrat ekzistues.....	135
6.6	Filtrat tradicional për detektim te skajeve të objekteve në imazh	136
6.6.1	Filtri Sobel	137
6.6.2	Filtri <i>Prewitt</i>	141
6.6.3	Filtri <i>Roberts</i>	142
6.6.4	Filtri <i>Laplacian of Gaussian</i>	143
6.6.5	Filtri <i>Canny</i>	146
6.7	Modelimi i algoritmit për detektim te skajeve të imazhit	147
6.7.1	Prezantimi dhe interpretimi i rezultateve të fituara me aplikimin e filtrave tradicional për detektim të skajeve.....	150
6.7.2	Prezantimi, krahasimi dhe interpretimi i rezultateve të fituara me aplikimin e algoritmit për detektim të skajeve	160
6.7.3	Krahasim i rezultateve të algoritmit të propozuar për detektim të skajeve me filtrat ekzistues	163
6.8	Modelimi i algoritmit i cili mundëson largimin e zhurmave dhe detektim të skajeve në imazhin e kapur nga WMSN	164
6.8.1	Modelimi dhe parimi i punës së algoritmit të rimodeluar	166
6.8.2	Prezantimi dhe interpretimi i rezultateve të fituara me aplikimin e algoritmit te ri për largim të zhurmave dhe detektim të skajeve	170
Kapitulli 7		174
7. Përfundime dhe punët në të ardhmen		174
Referenca		178

LISTA E FIGURAVE

Figura 2.1. Bllok diagrami i sensorit	24
Figura 2.2. Dioda LED.....	30
Figura 2.3. Parimi i punës së sensorit IR	30
Figura 2.4. Paraqitja skematike e një sensori mikrovalorë të lëvizjes	31
Figura 2.5. Paraqitja skematike e një sensori ultrasonikë.....	32
Figura 2.6. Principi i punës së një vale akustike sipërfaqësore	34
Figura 3.1. Arkitektura e sensorit multimedial	36
Figura 3.2. Njësia e përpunimit.....	37
Figura 3.3. Struktura e një rrjeti me sensorë multimedial.....	40
Figura 4.1. Brezet frekuencore operuese te standardit 802.15.4.....	52
Figura 4.2. Topologjia yll	56
Figura 4.3. Topologjia pemë.....	57
Figura 4.4. Topologjia mesh	58
Figura 4.5. Topologjia Hibride	59
Figura 4.6. Modeli OSI dhe modeli për WSN	61
Figura 5.1. Skenari me gjethe, shkëmbinj dhe kullosa	68
Figura 5.2. Një skenar i mundshëm përgjatë kufirit me shkëmbinjte dhe skuta.....	69
Figura 5.3. Skenarët e mundshëm përgjatë vijës së gjelbër kufitar me pyje të larta	70
Figura 5.4. Një skenar tjetër përgjatë vijës së gjelbër kufitare me sipërfaqe të rrafshet.....	71
Figura 5.5. Disa pajisje, si pjesë përbërëse e patrullave tokësore kufitare	76
Figura 5.6. Arkitektura hibride BorderSense e rrjetit sensor pa tela	79
Figura 5.7. Arkitektura e WSN-së e propozuar nga autoret në [32]	79
Figura 5.8. Arkitektura e FemtoNode e propozuar nga autoret në [43].....	80
Figura 5.9. Arkitektura e propozuar e WMSN për aplikim përgjatë vijës së gjelbër kufitare.....	82
Figura 5.10. Zyra e monitorimit qendrorë	84
Figura 5.11. Qendra e ruajtjes së informatave	85
Figura 5.12. Paraqitja skematike e rrezes dhe FoV e një sensori multimedial	87
Figura 5.13. Propozimi i vendosjes së sensorëve përgjatë vijës kufitare.....	88
Figura 5.14. Kablloja me një fije optike	90

Figura 5.15. Paraqitja grafike e matjeve për rastin kur transmetimi është realizuar në gjatësinë valore 1310 nm	91
Figura 5.16. Paraqitja grafike e matjeve për rastin kur transmetimi është realizuar në gjatësinë valore 1550 nm	92
Figura 5.17. Topologjia e rrjetit e përdorur për simulim	93
Figura 5.18. Luhatjet e vonesës së paketës për rastin e video aplikimeve.....	97
Figura 5.19. Vonesat end-to-end për rastin e video aplikimeve	98
Figura 5.20. Luhatjet e vonesës së paketës për rastin VoIP.....	99
Figura 5.21. Vonesat end-to-end për rastin e komunikimit VoIP	99
Figura 6.1. Paraqitja e zhurmës së Gausit.....	106
Figura 6.2. Zhurma kripë dhe piper	107
Figura 6.3. Parimi i punës së filtrit Median në matricën e pikseleve të imazhit.....	109
Figura 6.4. Parimi i punës së filtrit Mean në matricën e pikseleve të imazhit.....	110
Figura 6.5. Maska e Kernelit 3x3.....	111
Figura 6.6. Parimi i punës së filtrit të Gausit në matricën e pikseleve të imazhit.....	112
Figura 6.7. Matricat e kernel-it për drejtimin horizontal dhe vertikal	112
Figura 6.8. Paraqitja në koordinata x, y, z e funksionit të Gausit në varësi të sigmës.....	113
Figura 6.9. Bllok diagrami i algoritmit të propozuar për largim të zhurmave.....	117
Figura 6.10. Rezultatet e fituara me aplikimin e filtrit Wiener.....	119
Figura 6.11. Paraqitja në koordinata x, y, z e rezultateve pas aplikimit të filtrit Wiener	120
Figura 6.12. Rezultatet e fituara me aplikimin e filtrit Mean	122
Figura 6.13. Paraqitja në koordinata x, y, z e rezultateve pas aplikimit të filtrit Mean	123
Figura 6.14. Rezultatet e fituara me aplikimin e filtrit Average	124
Figura 6.15. Paraqitja në koordinata x, y, z e rezultateve pas aplikimit të filtrit Average	125
Figura 6.16. Rezultatet e fituara me aplikimin e filtrit të Gausit	126
Figura 6.17. Paraqitja në koordinata x, y, z e rezultateve pas aplikimit të filtrit Gaussian	127
Figura 6.18. Rezultatet e fituara me aplikimin e filtrit Median	129
Figura 6.19. Paraqitja në koordinata x, y, z e rezultateve pas aplikimit të filtrit Median.....	130
Figura 6.20. Rezultatet e arritura me aplikimin e algoritmit të projektuar	132
Figura 6.21. Paraqitja në koordinata x, y, z e rezultateve me aplikimin e algoritmit të parë të propozuar	133

Figura 6.22. Matricat e kernel-it për filtrin Sobel a) drejtimin vertikal, b) drejtimin horizontal	138
Figura 6.23. Konvertimi i imazhit $A(i,j)$ në imazh bardh – zi	139
Figura 6.24. Logjika e gjetjës së skajeve në drejtimin horizontal dhe vertikal	139
Figura 6.25. Gjetja e skajeve në drejtimin horizontal dhe vertikal	140
Figura 6.26. Paraqitja e orientimit të gradientit	140
Figura 6.27. Llogaritja e magnitudes dhe gradientit	141
Figura 6.28. Matricat e kernel-it për filtrin Prewitt a) drejtimi vertikal, b) drejtimi horizontal .	142
Figura 6.29. Maskat e konvoluara për filtrin Roberts	143
Figura 6.30. Maska 3x3 e filtrit Laplacian.....	145
Figura 6.31. Bllok diagrami i algoritmit të propozuar për detektim të skajeve	149
Figura 6.32. Rezultatet e fituara me aplikimin e filtrit Roberts	150
Figura 6.33. Paraqitja 3D e rezultateve pas aplikimit të filtrit Roberts	151
Figura 6.34. Rezultatet e fituara me aplikimin e filtrit Prewitt.....	152
Figura 6.35. Paraqitja në koordinata x, y, z e rezultateve pas aplikimit të filtrit Prewitt	153
Figura 6.36. Rezultatet e fituara me aplikimin e filtrit Sobel	154
Figura 6.37. Paraqitja në koordinata x, y, z e rezultateve pas aplikimit të filtrit Sobel	155
Figura 6.38. Rezultatet e fituara me aplikimin e filtrit LoG	156
Figura 6.39. Paraqitja në koordinata x, y, z e rezultateve pas aplikimit të filtrit LoG.....	157
Figura 6.40. Rezultatet e fituara me aplikimin e filtrit Canny	158
Figura 6.41. Paraqitja në koordinata x, y, z e rezultateve pas aplikimit të filtrit Canny	159
Figura 6.42. Rezultatet e fituara me aplikimin e algoritmit të propozuar për detektim të skajeve	161
Figura 6.43. Paraqitja në koordinata x, y, z e rezultateve të fituara me aplikimin e algoritmit të propozuar për detektim të skajeve	162
Figura 6.44. Bllok diagrami i algoritmit të rimodeluar.....	169
Figura 6.45. Rezultatet e fituara me aplikimin e algoritmit të rimodeluar	170
Figura 6.46. Paraqitja në koordinata x, y, z e rezultateve të fituara me aplikimin e algoritmit të rimodeluar	171

LISTA E TABELAVE

Tabela 1.1 Përmbledhja e konfigurimeve të përdorura për simulim	95
Tabela 6.1 Llogaritja e PSNR-së dhe MSE-së, para dhe pas aplikimit të filtrit Wiener	121
Tabela 6.2 Llogaritja e PSNR-së dhe MSE-së, para dhe pas aplikimit të filtrit Mean	123
Tabela 6.3 Llogaritja e PSNR-së dhe MSE-së, para dhe pas aplikimit të filtrit Average.....	126
Tabela 6.4 Llogaritja e PSNR-së dhe MSE-së, para dhe pas aplikimit të filtrit të Gausit.....	128
Tabela 6.5 Llogaritja e PSNR-së dhe MSE-së, para dhe pas aplikimit të filtrit Median	130
Tabela 6.6 Llogaritja e PSNR-së dhe MSE-së, para dhe pas aplikimit të algoritmi të propozuar	134
Tabela 6.7 Krahاسimi i rezultateve bazuar në PSNR-në.....	135
Tabela 6.8 Krahاسimi i rezultateve bazuar në MSE-në.....	135
Tabela 6.9 Krahاسimi i rezultateve bazuar në kohën e nevojshme për largim të zhurmave	136
Tabela 6.10 Rezultatet e fituara pas aplikimit të filtrit Roberts	152
Tabela 6.11 Rezultatet e fituara pas aplikimit të filtrit Prewitt.....	154
Tabela 6.12 Rezultatet e fituara pas aplikimit të filtrit Sobel	156
Tabela 6.13 Rezultatet e fituara pas aplikimit të filtrit LoG	158
Tabela 6.14 Rezultatet e fituara pas aplikimit të filtrit Canny	160
Tabela 6.15 Rezultateve pas aplikimit të algoritmit të propozuar	163
Tabela 6.16 Krahاسimi i rezultateve të algoritmit të propozuar me filtrat ekzistues për detektim të skajeve.....	163
Tabela 6.17 Krahاسimi i rezultateve bazuar në kohën e nevojshme për detektim të skajeve	164
Tabela 6.18 Rezultatet e fituara me aplikimin e algoritmit të rimodeluar, bazuar në kohën e nevojshme për përpunim.....	172

SHKURTESAT

<i>ADC</i>	- <i>Analog to Digital Converter</i>
<i>ARQ</i>	- <i>Automatic Repeat Request</i>
<i>C4ISRT</i>	- <i>Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance, Reconnaissance, and Targeting</i>
<i>CSMA/CA</i>	- <i>Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance</i>
<i>DPM</i>	- <i>Demand Power Management</i>
<i>DVS</i>	- <i>Dynamic Voltage Scheduling</i>
<i>EIGRP</i>	- <i>Enhanced Interior Gateway Routing Protocol</i>
<i>FHSS</i>	- <i>Frequency Hopping Spread Spectrum</i>
<i>FoV</i>	- <i>Field of View</i>
<i>FTP</i>	- <i>File Transfer Protocol</i>
<i>FEC</i>	- <i>Forward Error Correction</i>
<i>FPGA</i>	- <i>Field Programmable Gate Arrays</i>
<i>GFSK</i>	- <i>Gaussian Frequency Shift Keying</i>
<i>HRV</i>	- <i>High Resolution Video</i>
<i>HTTP</i>	- <i>Hypertext Transfer Protocol</i>
<i>IDT</i>	- <i>Inter Digital Transducer</i>
<i>IEEE</i>	- <i>Institute for Electrical and Electronics Engineers</i>
<i>ISM</i>	- <i>Industrial, Scientific and Medical</i>
<i>LoG</i>	- <i>Laplace of Gaussian</i>
<i>LR-WPAN</i>	- <i>Low-Rate Wireless Personal Area Network</i>
<i>LLC</i>	- <i>Logical Link Control</i>
<i>MAC</i>	- <i>Media Access Control</i>
<i>MCU</i>	- <i>Micro Controller Unit</i>
<i>MSE</i>	- <i>Mean Square Error</i>
<i>NCAP</i>	- <i>Network Capable Application Processor</i>
<i>OSPF</i>	- <i>Open Shortest Path First</i>
<i>OSI</i>	- <i>Open Systems Interconnection</i>
<i>PHY</i>	- <i>Physical Layer</i>
<i>PIR</i>	- <i>Passive Infrared</i>

<i>PSNR</i>	- <i>Peak Signal to Noise Ratio</i>
<i>QoS</i>	- <i>Quality of service</i>
<i>RF</i>	- <i>Radio-frequency</i>
<i>RFD</i>	- <i>Reduced Function Device</i>
<i>RIPv1</i>	- <i>Routing Information Protocol Version 1</i>
<i>RIPv2</i>	- <i>Routing Information Protocol Version 2</i>
<i>SPN</i>	- <i>Salt & Pepper Noise</i>
<i>SIG</i>	- <i>Bluetooth Special Interest Group</i>
<i>SMP</i>	- <i>Sensor Management Protocol</i>
<i>SNR</i>	- <i>Signal-to-Noise Ratio</i>
<i>SPKN</i>	- <i>Speckle Noise</i>
<i>TG3</i>	- <i>Task Group 3</i>
<i>TG4</i>	- <i>Task Group 4</i>
<i>ToS</i>	- <i>Type of Service</i>
<i>TII</i>	- <i>Transducer Independent Interface</i>
<i>TIM</i>	- <i>Transducer Interface Module</i>
<i>UART</i>	- <i>Universal Asynchronous Receiver/Transmitter</i>
<i>VOIP</i>	- <i>Voice Over Internet Protocol</i>
<i>WMSN</i>	- <i>Wireless Multimedia Sensor Network</i>
<i>WPAN</i>	- <i>Wireless Personal Area Network</i>
<i>WSN</i>	- <i>Wireless Sensor Network</i>

DEDIKIM

... Ky punim i dedikohet babait tim të vrarë në luftën e fundit në Kosovë.

...Me mall, dashuri dhe mirënjohje,
Astriti!

FALENDERIMET

Falënderimi i parë shkon për udhëheqësin shkencor, Prof. Asoc. Adrian Shehu, për mundësinë e dhënë që të hulumtoj në këtë fushë kaq interesante, aktuale dhe frymëzuese. Pa mbështetjen, idetë dhe kontributin e Prof. Asoc. Adrian Shehu, nuk do të ishte e mundur përfundimi me sukses i këtij punimi. Si udhëheqës shkencor, ka qenë motivues që unë të kaloj me sukses vështirësitë që kam hasur, që nuk kanë qenë të pakta. Faleminderit për gatishmërinë dhe mundësin e ofruar për t'u takuar për çdo vështirësi që kam hasur, si në Kosovë, ashtu edhe në Shqipëri.

Një falënderim i veçantë është për përgjegjësin e departamentit, Prof. Asoc. Olimpion Shurdi, ish. udhëheqësin e departamentit Prof. Asoc. Algent Lala dhe Prof. Asoc. Bexhet Kamo, për mbështetjen dhe këshillat e shumta që më kanë ofruar, me qëllim të përmasimit të vazhdueshëm të prezantimeve dhe versionit final të disertacionit.

Një falënderim i singertë shkon, për të gjithë profesorët e Departamentit të Elektronikës dhe Telekomunikacionit, për këshillat dhe sugjerimet e tyre me vlerë, gjatë prezantimit të parë, dytë dhe të tretë, të cilat ndikuan që punimi final i disertacionit të jetë më i plot dhe i kompletuar.

Në fund, një falënderim, tepër i ngrohtë, shkon për familjen time, përkatësisht gruan time Ilirjanen, për kurajën dhe mbështetjen që më ka ofruar, si dhe dy fëmijët Erblinen dhe Erblinin dhe njëkohësisht, ju kërkoj falje që shpeshherë ju kam munguar, pikërisht në kohën kur duhej të isha pran tyre.

Astrit Hulaj

Universiteti Politeknik i Tiranës

Fakulteti i teknologjisë Informative dhe Telekomunikacionit

Abstrakti

Sigurimi i kufijve shtetëror është qëllimi kryesor i çdo vendi. Aplikimi i sistemeve konvencionale për patrullim të kufirit, karakterizohen me përfshirjen intensive të njeriut. Kohët e fundit, për sigurim të kufijve, sistemet në përbërje të tyre përfshinë pajisje të teknologjisë së lartë, të tilla si, sensorë të ndryshëm pa mbikëqyrje, mjetet ajrore pa ekuipazh, dhe kullat për vëzhgim, të pajisura me kamera me rreze të gjatë veprimi. Megjithatë, këto sisteme, karakterizohen me probleme, deri me tani të pa zgjidhura, sa i përket aplikimit të tyre përgjatë zonave kufitare me terrene të thyeshme dhe të mbuluara me pyje të larta.

Në këtë punim do të propozojmë aplikimin e një sistemi të ri, respektivisht një arkitekturë të përshtatshme e cila mund të aplikohet përgjatë vijës së gjelbër kufitare, me një kosto jo shumë të lartë dhe e cila mund të ofroj rezultate të mira. Në sistemin e ri, përkatësisht arkitekturën e propozuar, për monitorim të zonave të tilla përgjatë vijës së gjelbër kufitare, do të propozohet aplikimi i teknologjisë së fundit të sensorëve, përkatësisht, sensorët multimedial pa tela. Duke pasur parasysh se kjo teknologji parashihet të vendoset përgjatë zonave jo lehtë të arritshme, atëherë edhe kjo teknologji, si shumë teknologji tjera, ka problematikat e saj, si: furnizimi me energji elektrike i sensorëve, interferencat e ndryshme në imazhet e kapura nga sensori, dëmtimi i sensorëve, bartja e informacioneve në qendrën e monitorimit, etj.

Në këtë punim të doktoratës, përveç se do të propozojmë aplikimin e teknologjisë së sensorëve multimedial dhe arkitekturës së rrjetit të tyre, do të trajtojmë dhe do të propozojmë zgjidhje konkrete në lidhje me problematikat e aplikimit të kësaj teknologjie. Prandaj, në këtë punim, do të prezantojmë dy algoritme të reja, që mundësojnë në mënyrë efikase restaurimin e pikseleve të korruptuara të imazhit, nga zhurmat e ndryshme dhe pastaj detektimin e pikseleve që korrespondojnë me skajet e imazhit. Rezultatet e arritura me aplikimin e këtyre algoritmeve, do të krahasohen me rezultatet e arritura nga aplikimi i filtrave tradicional. Nga ky krahasim, do të shihet se për dallim nga filtrat tradicional, këto algoritme mundësojnë restaurimin e pikseleve të imazhit në mënyrë efikase, kur janë të korruptuar njëkohësisht nga lloje të ndryshme të zhurmave, si dhe detektimin e skajeve të objekteve brenda imazhit.

Abstract

Securing state borders is the main goal of every country. The application of conventional systems for border patrol is characterized by intense human involvement. More recently, for border security, systems in their composition include, high-tech equipment, such as various unattended sensors, unmanned aerial vehicles, and surveillance towers, equipped with long-range cameras. However, these systems are characterized by problems, so far unsolved, in their application along border areas with rugged terrain and covered with high forests.

In this paper, we will propose the application of a new system, respectively, a suitable architecture that can be applied along the green borderline, with a not very high cost and which can provide good results. In the new system, respectively, the proposed architecture for monitoring such areas along the green borderline, the application of the latest sensor technology, respectively wireless multimedia sensors, will be proposed.

Given that this technology is supposed to be deployed along areas not easily accessible, then this technology, like many other technologies, it has its problems, such as power supply of sensors, various interferences in the images captured by the sensor, damage of sensors, transmission of information to the monitoring center, etc.

In this doctoral thesis, except that we will propose the application of multimedia wireless sensors and their network architecture, we will discuss and propose concrete solutions to the problems related to the application of this technology. Therefore, in this paper, we present two new algorithms that enable the efficient restoration of corrupted pixels of the image by different noises and then detecting the pixels that correspond to the edges of the image. The results obtained with the application of these algorithms will be compared with the results obtained with the application of traditional filters. The results obtained with the application of these algorithms will be compared with the results obtained with the application of traditional filters. From this comparison, it will be seen that in contrast to conventional filters, these algorithms enable the restoration of image pixels efficiently when they are corrupted simultaneously by different types of noise, and enable detection of the edges of objects within an image.

Kapitulli 1

1. Konceptet bazike dhe metodologjia e punës, si dhe organizimi i punimit

Hyrje

Sot, jemi dëshmitarë të një zhvillimi të shpejt të teknologjisë informative në të gjitha aspektet. Një nga teknologjitë që sot ka një zhvillim mjaft të shpejt, është pa dyshim teknologjia e sensorëve. Teknologjia e sensorëve, është një teknologji që sot është duke pasur një aplikim shumë të gjerë. Aplikimet e kësaj teknologjie sot mund të gjejmë në: sigurim të shtëpive dhe objekteve të ndryshme, kontrollim inteligjent të trafikut, makineri të ndryshme, industri ushqimore, mjekësi, aplikime ushtarake, etj.

Zhvillimi i teknologjisë së sensorëve, ka bërë zhvillime më të fuqishme, duke mundësuar krijimin e rrjeteve sensorë pa tela (WSN – *Wireless Sensor Network*), përmes së cilave mund të informohemi, apo të grumbullojmë informacione të ndryshme, mbi dukurit e ndryshme që mund të kenë ndodhur. Me fjalë tjera, teknologjia e sensorëve, ka mundësuar lidhjen ndërmjet botës fizike dhe asaj digjitale. Rrjetet e tilla mund të përdoren në vende të vështira, ku shpërndarja e rrjeteve tjera është shumë e vështirë për t'u realizuar.

Pikërisht, kohëve të fundit, duke u bazuar në problematikat që ekzistojnë në lidhje me sigurimin e kufijve shtetëror dhe aftësitë e rrjeteve sensorë pa tela, sot mund të gjenden shumë hulumtime, që trajtojnë mundësit e aplikimit të kësaj teknologjie në kuadër të sistemeve vëzhguese të sigurisë. Mirëpo, shpesh herë mund të aplikohen edhe si rrjete të pavarura, duke mos përjashtuar aplikimin e rrjeteve të tilla edhe përgjatë vijës kufitare shtetërore.

Sidomos, rrjetet e tilla janë të përshtatshme për grumbullimin e informacioneve mbi kalimet e mundshme ilegale, përgjatë vijës së gjelbër kufitare shtetëror, përkatësisht nga zonat kufitare që karakterizohen me terrene të vështira për t'u arritur. Mirëpo, ende ka mjaftë problematika në lidhje me aplikimin e kësaj teknologjie përgjatë vijës kufitare shtetërore, në veçanti përgjatë vijës së gjelbër kufitare. Prandaj, pikërisht në këtë punim do të merremi me trajtimin e këtyre problematikave dhe do të ofrojmë propozime konkrete për zgjidhje.

1.1 Motivimi për këtë hulumtim

Ky hulumtim është motivuar nga ideja e gjetjes së zgjidhjes për shumë shqetësime, që sot kanë një numër i konsiderueshëm i shteteve në gjithë Botën, në lidhje me mbrojtjen dhe sigurimin e kufijve të tyre shtetëror.

Edhe pse sot, siguria ndërkufitare në shumë shtete të botës është rritur, ende në botë ka mjaftë konflikte dhe probleme të shumta me mbrojtjen dhe sigurimin e kufijve shtetëror. Mund të themi se, pothuajse çdo shtet, varësisht nga pozita ekonomike ose gjeopolitike, ka shqetësime të natyrave të ndryshme në lidhje me gjetjen e rrugëve më të përshtatshme që do të mund të ndikonin në rritjen e sigurisë ndërkufitare. Gjithashtu, secili shtet mund të ketë kufij që karakterizohen me sfida, që mund të jenë të ndryshme me ato të shteteve tjera. Nga ana tjetër, shumë shtete sigurinë kufitare, përgjatë vijës së gjelbër, e realizojnë përmes patrullave policore ose ushtarake. Këto patrulla realizojnë kontrollin e vijës kufitare fizikisht në intervale të caktuara kohore. Monitorimi i tillë i kufirit, përpos që nuk mund të realizoj kontroll të vazhdueshëm, është edhe shumë i mundimshëm. Siguria e kufirit, sipas kësaj metode të monitorimit, varet drejtpërdrejt nga faktorit njëri, gjë e cila është shumë e mundimshme dhe nuk ofron siguri të mjaftueshme.

Sot, shumë autor kanë trajtuar këto problematika dhe kanë propozuar sisteme dhe teknologji të ndryshme, të cilat mund të ndikojnë në rritjen e sigurisë ndërkufitare. Mirëpo, prapëseprapë ende ka shumë problematika të pa zgjidhura, që kanë ndikuar që aplikimi i teknologjisë të mos ofroj besueshmëri të mjaftueshme në menaxhimin e kufijve. Sidomos, kjo është më e theksuar në rastin e aplikimit të teknologjisë përgjatë zonave kufitare që karakterizohen me pyje të larta dhe të dendura, si dhe me terrene të vështira për t'u arritur nga organet e sigurisë.

Pikërisht, problematikat e shumta që sot ekzistojnë dhe që nuk janë trajtuar më parë, kanë ndikuar që ne të fokusohemi me hulumtime në këtë fushë, e cila është mjaft aktuale në ditët e sotme, ashtu që të mund të propozojmë ndonjë metodë sa më të përshtatshme, e cila do të ndikonte në rritjen e sigurisë kufitare shtetërore përmes aplikimit të teknologjisë.

1.2 Qëllimi shkencor i disertacionit

Qëllimi shkencor i disertacionit është të kontribuoj në rritjen e sigurisë përgjatë vijës së gjelbër kufitare shtetërore, përmes implementimit të rrjeteve sensorë multimediale pa tela. Që të arrihet kjo, nevojitet të trajtohen problematikat me të cilat karakterizohet aplikimi i një rrjete të tillë,

përgjatë vijës së gjelbër kufitare. Një nga problematika kryesore është gjetja e mundësive që harxhimet e energjisë elektrike (baterisë) të jetë në minimumin e mundshëm.

Për këtë, do të projektohet një arkitekturë e rrjetit sensorë pa tela, e cila do të aplikohet përgjatë vijës së gjelbër kufitare, si dhe të zhvillohen algoritme të përshtatshme që do të mundësojnë fillimisht konvertimin e imazhit të kapur nga sensorët multimedial në imazh bardh - zi dhe pastaj do të mundësojnë largimin e zhurmave të ndryshme, të cilat mund të kenë korruptuar imazhin. Gjithashtu, ky algoritëm pas largimit të zhurmave, do të mundësoj detektimin e pikseleve që korrespondojnë me skajet e imazhit. Andaj, objektivi kryesor i këtij punimi të doktoratës është krijimi i një algoritmi të përshtatshëm, i cili do të mundësonte që imazhet e kapura nga sensorët multimedial të mund të barten në qendrën monitoruese të kufijve shtetëror, me një minimum të shpenzimeve të energjisë elektrike. Kjo do të ndikonte në rritjen e jetëgjatësisë së sensorëve.

1.3 Metodologjia e punës

Për përgatitjen dhe finalizimin e këtij disertacioni të doktoratës është shfrytëzuar: literatura më bashkëkohore në lidhje me rrjetet sensorë, idetë dhe teoritë e propozuara nga autorët tjerë, si dhe një kombinim i metodave hulumtuese, si: modeluese, simuluese dhe krahasuese.

Fillimisht janë modeluar algoritmet dhe modelet matematikore të propozuara. Pastaj, është aplikuar metoda simuluese, ku algoritmet e modeluara janë simuluar përmes softuerit MATLAB *OPNET modeler*. Rezultatet e fituara nga simulimi i algoritmeve të propozuara janë krahasuar me rezultatet e algoritmeve ekzistuese.

1.4 Burimet e domosdoshme për punimin

Në bashkëpunim të ngushtë me udhëheqësin e këtij disertacioni të doktoratës, kemi identifikuar burimet kryesore të cilat janë të domosdoshme për përfundimin e këtij punimi, të cilat do t'i paraqesim në vijim.

Materiali për studim - është realizuar identifikimi i materialeve bazë dhe i cili është konsideruar, si pothuajse i domosdoshëm për fazën e parë të punimit. Këto materiale janë, si: Libra, artikuj, konferenca dhe materiale tjera nga Interneti, që janë nga burime të besueshme dhe që mund të ndikojnë në ngritjen e cilësisë së punimit.

Softueri i përdorur - për kompletimin e këtij disertacioni, si softuer janë përdorë *Matlab 2016* dhe *OPNET Modeler*.

1.5 Organizimi i punimit

Me qëllim të organizimit sa më të mirë të këtij punimi të doktoratës, kemi paraparë që këtë punim doktrate te ndajmë në shtatë kapituj. Përmbajtja e secilit kapitull do të paraqitet në vijim.

Kapitulli 1 - Në kapitullin e parë, shqyrtohen konceptet themelore të punimit, duke përfshirë, hyrjen, objektivat e punimit, qëllimin, motivimin për hulumtim në këtë fushë, metodologjinë e përdorur, materialet dhe softuerët e përdorur, përfitimet nga ky punim dhe organizimin e punimit.

Kapitulli 2 - Në kapitullin e dytë, trajtohen konceptet e përgjithshme të teknologjisë së sensorëve. Për kompletim të këtij kapitulli, do të trajtojmë këto tema: konceptet e përgjithshme dhe klasifikimi i sensorëve, kriteret për zgjedhjen e një sensori, si dhe në fund të këtij kapitulli janë trajtuar, disa lloje të mundshëm të sensorëve, që mund të aplikohen përgjatë vijës kufitare shtetërore.

Kapitulli 3 - Në kapitullin e tretë, trajtohen rrjetet sensorë pa tela dhe aplikimi i tyre. Në fillim të këtij kapitulli, do të trajtohen komponentet, përkatësisht arkitektura e një sensori multimedial. Pastaj do të trajtohen mundësit e funksionimit të sensorëve në rrjetë. Gjithashtu, do të trajtohen fushat e mundshme të aplikimit të rrjeteve sensorë pa tela. Krejt në fund të këtij kapitulli, do të trajtohen objektivat e projektimit të rrjeteve sensorë pa tela dhe sfidat me të cilat karakterizohen këto rrjete.

Kapitulli 4 - Në kapitullin e katër, trajtohen konceptet dhe analiza e standardeve për rrjetet sensorë pa tela. Në fillim të kapitullit, do të trajtojmë standardin 1451. Pastaj, do të trajtohet standardi IEEE 802.15.1, i cili merret pikërisht me specifikimet e shtresës PHY (*physical layer*) dhe MAC (*Media Access Control*), duke u bazuar në teknologjinë *Bluetooth* (IEE 2002). Gjithashtu, do të shtjellohen edhe standardi IEEE 802.15.1 dhe IEEE 802.15.14. Në këtë kapitull, gjithashtu, do të shtjellohet edhe standardin *ZigBee*, i cili merr parasysh jo vetëm shtresën MAC dhe LLC (*Logical Link Control*), por edhe shtresat e më sipërme të modelit. Krejt në fund të këtij kapitulli, do të shtjellohet modeli i protokolleve për WSN.

Kapitulli 5 - Në kapitullin e pestë, trajtohen disa skenar të mundshëm përgjatë vijës së gjelbër kufitare, aktivitete ndër kufitare dhe propozohen zgjidhje konkrete. Fillimisht në këtë kapitull, do të trajtohen nevojat për monitorim të kufijve shtetëror. Pastaj, do të shtjellohen disa skenar të mundshëm përgjatë vijës së gjelbër kufitare dhe aktivitetet e mundshme kriminale ndër kufitare. Gjithashtu, do të shtjellohen, teknikat dhe sistemet ekzistuese për vëzhgim të vijës kufitare, si dhe do të propozohet një sistem dhe teknologji e re e vëzhgimit të vijës së gjelbër kufitare. Krejt në fund të këtij kapitulli, do të shtjellohen mundësit e bartjes së imazheve të kapura nga teknologjia

e re e propozuar, si dhe do të realizohet analizimi dhe krahasimi i vonesave, të cilat paraqiten gjatë bartjes së informacioneve, përgjatë rrjetit qendror, varësisht nga protokollet e rutimit që janë përdorur.

Kapitulli 6 - Në kapitullin e gjashtë, do të prezantohen algoritmet dhe rezultatet e arritura. Fillimisht, do të analizohen rezultatet e fituara me aplikimin e filtrave ekzistues për largim të zhurmave në një imazh. Pastaj, do të analizohen rezultatet e fituara me aplikimin e filtrave ekzistues për detektim të skajeve të imazhit. Gjithashtu, në këtë kapitull, pas analizimit të rezultateve të fituara me aplikimin e filtrave ekzistues, do të prezantohen algoritmet e propozuara për largim të zhurmave dhe detektim të skajeve. Krejt në fund të këtij kapitulli, do të prezantohen rezultatet e arritura me aplikimin e algoritmeve të propozuara dhe këto rezultate do të diskutohen dhe krahasohen me rezultatet e arritura me aplikimin e teknikave dhe filtrave ekzistues.

Kapitulli 7 - Në kapitullin e shtatë do të prezantohen përfundimet e këtij punimi të doktoratës dhe punët në të ardhmen.

Kapitulli 2

2. Konceptet e përgjithshme të sensorëve

Hyrje

Sot jemi dëshmitar të një zhvillimi të shpejt të teknologjisë informative dhe kjo pritet të vazhdojë edhe shumë vite në të ardhmen, duke përfshirë të gjitha lëmit, si: rrjetet komunikuese, mediumet, pajisjet e ndryshme, etj. Me pak fjalë, teknologjia informative është bërë pjesë e pa ndashme e vetë jetës së njeriut (interneti, IPTV, video-lojëra, video-konferenca, mësim nga distanca, etj.) [1] [2]. Një nga teknologjitë, që sot ka një zhvillim mjaftë të shpejt, është pa dyshim teknologjia e sensorëve. Teknologjia e sensorëve, është një teknologji që sot, është duke pasur një shtrirje gjithnjë e më të gjerë. Teknologjinë e sensorëve sot mund ta hasim në: sigurim të shtëpive dhe objekteve të ndryshme, komunikacion, makineri të ndryshme, industri ushqimor, mjekësi, etj. Zhvillimi i teknologjisë së sensorëve ka bërë edhe hapa më të fuqishëm të zhvillimit, duke mundësuar krijimin e rrjeteve të sensorëve, përmes të cilave mund të informohemi apo të grumbullohen informacione të ndryshme, varësisht nga qëllimet e aplikimit të tyre.

Duke pasur parasysh këtë zhvillim, të teknologjisë së sensorëve, sot ka një numër të madh të fushave, ku sensorët gjejnë aplikim, por në këtë rast duhet të kemi parasysh se gjithashtu, ka një numër të madh të teknologjive të sensorëve që mund të zgjedhën, varësisht nga fusha dhe qëllimi i aplikimit. Gjatë zgjedhjes së një lloji të sensorit, për aplikim në një fushë të caktuar, shpeshherë, mund të ndodhemi para një hamendje, kështu që, zgjedhja kërkon një vëmendje të kujdesshme dhe të planifikuar. Nga ana tjetër, shpesh herë, nevojitet që për një qëllim të caktuar të përdoren më shumë sesa një sensor. Sa më kompleks që është aplikimi, aq më e vështirë është zgjedhja në mënyrë të drejtë dhe adekuate e sensorëve. Kështu që, studimi i sensorëve, duhet të jetë multidisiplinarë dhe kërkon një njohuri gjithëpërfshirëse, të fizikës së përgjithshme, elektronikës, teknologjisë dhe teknikave prodhuese të gjysmëpërçuesve, etj. [3]. Prandaj, duke pasur parasysh këtë shumëllojshmëri, të përdorimit dhe zhvillimit të shpejt të kësaj teknologjie, sot shumë hulumtime janë orientuar që këtë teknologji të shfrytëzojnë për aplikim të rritjes së sigurisë, së kufijve shtetëror të një vendi. Pikërisht, synimi kryesor dhe i vetëm i këtij punimi është analizimi dhe ofrimi i mundësive të përdorimit të teknologjisë së sensorëve, për monitorim të vijës kufitare shtetërore, respektivisht vijës së gjelbër kufitare.

2.1 Çka janë Sensorët

Sensorët janë pajisje të sofistikuar që shpesh janë përdorur për të zbuluar apo mbledhur informacione në një ambient të caktuar fizik (p.sh., zbulim të lëvizjeve, ndryshimet e temperaturës, presionit, etj.). Një pajisje e tillë e cila është në gjendje që të kryejë një detyrë të vrojtimit dhe mbledhjes së informacioneve në një ambient të caktuar **quhet sensor**. Për shembull, trupi i njeriut është i pajisur me sensorë, të cilët janë në gjendje të kapin informacione në mënyrë optike nga mjedisi (sytë), informacione akustike të tilla, si tingujt (veshët) dhe aroma të ndryshme (hunda). Këto janë disa shembuj të sensorëve, ku sensorët nuk kanë nevojë që të kenë kontakt me objektet që monitorojnë, për të mbledhur informacionet e nevojshme. Nga pikëpamja teknike, një sensor është një pajisje që mundëson konvertimin e parametrave, apo ngjarjeve, nga bota fizike në sinjale që mund të maten dhe të analizohen. Me fjalë tjera, një sensor, thjesht realizon matjen e ndonjë gjëje me interes dhe siguron në dalje një sinjal të dobishëm, elektrik ose optik. Një tjetër term, i përdorur zakonisht është *transducer*. Ky term, është përdorur shpesh për të përshkruar një pajisje që konverton energjinë nga një formë në një tjetër [4]. Fjalët sensor dhe *transducer*, që të dyja janë përdorur zakonisht në kontekst të sistemeve matëse. *Transducer* është përdorur më shumë në Shtetet e Bashkuara të Amerikës, ndërsa *sensor* është përdorur në Evropë.

Sensorët pra përfaqësojnë ndërfaqen, ndërmjet botës fizike dhe botës së pajisjeve elektrike, p.sh., telefoni celularë. Duhet cekur se, konvertimi i informacioneve të grumbulluara në energji elektrike është objektivi kryesor i një sensori. Informacioni në dispozicion në formë të energjisë, duhet të konvertohet në formë të njëjtë ose në ndonjë formë tjetër të energjisë, e cila është saktësisht e njëjta përmbajtje e informacionit, si forma origjinale e energjisë. Bllok diagrami i sensorit është treguar në Figurën 2.1 [4].



Figura 2.1. Bllok diagrami i sensorit

Qëllimi i përdorimit të sensorëve është vëzhgimi i dukurive të ndryshme në botën fizike. Informacionet e grumbulluara nga ky vëzhgim, duhet të konvertohen në sinjale elektrike. Mirëpo, këto sinjale elektrike rezultuese, shpesh herë nuk janë të gatshëm për përpunim të menjëhershëm, prandaj duhet të kalojnë nëpër një fazë tjetër të përpunimit. Pra, në këtë rast mund të jetë aplikuar një shumëllojshmëri e operacioneve në sinjalin e sensorit, ashtu që të realizohet përgatitja e

përdorimit të mëtejshëm. Për shembull, sinjalet shpesh kërkojnë përforcim (ose dobësim) për të ndryshuar madhësinë (*magnitude*) e sinjalit, ashtu që të realizohet një përshtatje më e mirë, për konvertim nga analog-në-digjital [5]. Për shkak të rrethanave dhe kushteve të ndryshme të sinjalit, shpesh aplikohen filtra të caktuar për të nxjerr sinjalin prej zhurmës së padëshiruar, e cila është përfshirë pa dëshirën tonë. Filtrat, për nxjerrjen e sinjalit nga zhurma, aplikohen brenda disa kufijve të frekuencave, si p.sh., filtra brez lartë lëshues, mund të përdoren për të hequr frekuencat mbi 50Hz ose 60Hz, përkatësisht zhurmat e shkaktuara nga linjat elektrike përreth. Pas përgatitjes, sinjal analog shndërrohet në sinjal digjital, duke përdorur një konvertues *analog-to-digital* (ADC) [5]. Pas, konvertimit në sinjal digjital, sinjali është i gatshëm për përpunim të mëtejshëm.

2.2 Klasifikimi i sensorëve

Sa i përket klasifikimit të sensorëve, kjo mund të realizohet, duke filluar nga sensorët shumë të thjeshtë deri tek ata më kompleks. Nga ana tjetër, në varësi të qëllimi që kemi për klasifikim, mund të zgjedhim kritere të ndryshme të klasifikimit. Në këtë rast, do të mundohemi që t'i ofrojmë disa mënyra praktike të klasifikimit të sensorëve.

Të gjithë sensorët mund të jetë dy llojesh: pasiv dhe aktiv. Një sensor pasiv nuk ka nevojë për ndonjë burim shtesë të energjisë dhe drejtpërdrejtë gjeneron një sinjal elektrik në përgjigje të një stimulimi të jashtëm, që do të thotë, energjia stimuluese hyrëse është konvertuar nga sensori në sinjal dalës. Pra, sensorët pasiv, e detektojnë energjinë në mjedis të caktuar dhe këtë energji e drejtojnë për tek pjesa hyrëse. Për shembull, sensorët pasiv infra të kuqe (*PIR- passive infrared*) matin dritën infra të kuqe që rrezatohet nga objektet në afërsi [5]. Disa ndër karakteristikat kryesore të sensorëve pasive janë, si më poshtë [6]:

- Nuk emiton rrezatim (ose një sinjal ngacmues), si pjesë e procesit të matjes.
- Mbështetë një gjenerim lokal ose burim natyror të rrezatimit (dritë nga dielli).
- Mund të përdorin rrezatimin elektromagnetik, në cilëndo frekuencë në të cilën disa fenomene natyrore rrezatojnë dhe për të cilat ekziston një mekanizëm zbulimi. Kjo mund të zgjasë nga frekuencat nën $3 \times 10^3\text{Hz}$ deri te rrezet gama (mbi $3 \times 10^{19}\text{Hz}$).
- Mund të shfrytëzojnë energjinë akustike (dridhjet) me frekuencë infra sonike (infrasound) $<1\text{Hz}$, tërmetet ose shpërthimet deri te ultratingull-i.

Për dallim nga sensorët pasiv, sensorët aktiv kërkojnë burim energjie të jashtëm për funksionimin e tyre, e cila energji është quajtur sinjal ngacmues. Ky sinjal ngacmues, pastaj modifikohet nga

sensori për të prodhuar sinjalin dalës. Kjo energji, nevojitet sepse për të ndodhur një përgjigje apo detektim i ndonjë ndryshimi në energjinë e sinjalit transmetues, duhet fillimisht të emitohet një lloji i energjisë stimuluese nga ana e sensorit (p.sh., mikrovalë, dritë, tingull, etj.). Sensorët aktiv, nganjëherë quhen para-metrik për shkak se vetitë e tyre ndryshojnë në përgjigje të një efekti të jashtëm dhe këto veti me pas mund të konvertohen në sinjal elektrik. Për shembull, një termistor është një rezistor i ndjeshëm në temperaturë [7]. Termistori nuk gjeneron ndonjë sinjal elektrik, por duke kaluar rryma elektrike nëpërmjet tij (sinjal ngacmues), rezistenca e tij mund të matet me detektimin e variacioneve në rrymë. Një shembull tjetër, i sensorit aktiv, është Radari, ku distanca për ndonjë objekt matet duke dërguar në mënyrë aktive një valë radioje, e cila reflektohet pas nga objekti dhe e cila pastaj matet nga sensorit [6].

Në varësi të frekuerencës së zgjedhur, sensorët mund të klasifikohen në absolut dhe relativë. Që nuk do të trajtohen në këtë punim.

2.3 Kriteret bazë për zgjedhjen e sensorit

Duke pasur parasysh se, sot në treg gjenden një shumëllojshmëri e sensorëve, duhet që para se të vendoset për llojin e sensorit, që do të përzgjidhet për përdorim, duhet të kemi një pasqyrë të qartë, në lidhje me qëllimin e përdorimit dhe aplikimit të tij. Se cili sensorë, duhet të zgjidhet për një aplikim, varet nga vetitë fizike që vëzhgohen, për shembull, vetitë e tilla përfshijnë: lëvizjet, temperaturën, presionin, dritën, lagështinë, etj.

Ka disa karakteristika bazike që duhet të merren parasysh, gjatë procesit të zgjedhjes së një sensori. Ato janë [8]:

- Saktësia (sa kërkohet precizitet në matjet që realizohen nga ana e një sensori, me fjalë tjera, sa është shkalla e tolerancës në gabime gjatë realizimit të matjeve);
- Gjendja e mjedisit (gjendja e mjedisit luan një rol thelbësor gjatë përzgjedhjes së një sensori, si, për shembull lagështia dhe temperatura, zakonisht krijojnë mjaft kufizime në përzgjedhjen e sensorit);
- Kalibrimi (thelbësore për shumicën e pajisjeve matëse, si ndryshimet e leximeve me kohën);
- Kufiri matës (kufiri i matjes së sensorit është faktor mjaft i rëndësishëm në përcaktimin e numrit të sensorëve që nevojiten për mbulim të një mjedisi të caktuar);
- Rezolucioni (është definuar si matja më e vogël e besueshme që një sensor mund të bëjë);

- Kostoja (jo rrallë herë, është pikërisht kostoja që ndikon në përzgjedhjen e llojit të sensorit);
- Përsëritja (mundësit e sensorit që të bëjë lexime apo matje të përsëritura në të njëjtën kohë, por të cilat ndryshojnë), etj.

Gjithashtu, gjatë përzgjedhjes së një sensori, duhet të merret parasysh se bazuar në karakteristikat e tij, a mund të përmbushën qëllimet dhe synimet e aplikimit. Pra, duhet të shikohet:

- Çfarë matje mund të realizohet nga sensori i përzgjedhur;
- Çfarë janë specifikat e sensorit të përzgjedhur;
- Në çfarë fenomeni fizik është i ndjeshëm ky sensor;
- Çfarë mekanizmi i konvertimit është përdorur;
- Nga çfarë materiali është fabrikuar dhe
- Cila është fusha e aplikimit të tij.

Duhet cekur se, shpesh herë, sensorët nuk veprojnë si të vetëm. Ata në përgjithësi janë pjesë e një sistemi më të madh, i cili mund të jetë aplikuar për qëllime të caktuara. Një sistem i tillë mund të jetë: sistem vëzhgues, sistem për matje të caktuara specifike, sistem i përvetësimit të të dhënave, sistem i procesit të kontrollit, etj. [4]. Ne nuk do të shtjellojmë të gjitha llojet e sensorëve, por vetëm disa nga llojet e sensorëve të lëvizjes, e të cilët mund të gjejnë aplikim për qëllime monitoruese të kufijve shtetëror të një vendi.

2.4 Disa lloje të sensorëve që mund të aplikohen përgjatë vijës kufitare shtetërore

Aktualisht, falë zhvillimeve të shumta të teknologjisë, duke mos përjashtuar këtu edhe teknologjinë e sensorëve, në treg kemi një shumëllojshmëri të pajisjeve të teknologjisë, respektivisht, një shumëllojshmëri mjaftë të madhe të sensorëve, të cilët janë të prodhuar nga prodhues të ndryshëm dhe të destinuar për qëllime të caktuara specifike. Prandaj, pavarësisht kësaj, ne do të përqendrohemi në shtjellimin e vetëm atyre llojeve të sensorëve që mund të gjejnë aplikim përgjatë vijës kufitare. Disa nga sensorët që mund të gjejnë aplikim përgjatë vijës kufitare janë:

- Sensorët e lëvizjes;
 - Sensorët multimedial;
 - Sensorët IR;

- Sensorët e lëvizjes mikrovalorë;
- Sensorët e lëvizjes ultrasonikë;
- Sensorët për detektim të dridhjeve;
- Sensorët akustikë.

Në vazhdim, do të shtjellojmë këto lloje të sensorëve të cilët janë ndër sensorët që mund të aplikohen përgjatë vijës kufitare, varësisht nga qëllimet e aplikimit të tyre.

2.4.1 Sensorët e lëvizjes

Sot falë teknologjisë së sensorëve, shumë objekte dhe biznese është arritur të sigurohen, apo me fjalë tjera, është arritur që sado pak të përmirësojnë sigurinë e tyre, duke përdorur sensorët. Një nga llojet e sensorëve, që mjaftë shumë aplikohet për qëllime të sigurisë janë sensorët e lëvizjes. Bazuar në efikasitetin e tyre, shpeshherë mund të arrihet, që shumë aktivitete qëllim këqija, ndaj objekteve private (shtëpive) dhe bizneseve të detektohen ose të parandalohen. Këta sensorë punojnë duke përdorur dritën, mikrovalët, dridhjet, si dhe metoda të tjera për të zbuluar ndryshimet në një mjedis të caktuar. Për shembull, për të zbuluar një ndryshim në një mjedis të caktuar, mund të përdoret një laser i cili emiton rreze drite dhe me rastin e thyerjes së kësaj rrezeje drite, si rezultat i ndërhyrjeve të mundshme në kuadër të mjedisit që vrojtohet nga laseri, atëherë, menjëherë do të detektohet ndryshimi i realizuar në rrezen e dritës dhe sensori do të alarmoj për një gjë të tillë [9]. Sot ka një shumëllojshmëri të sensorëve të lëvizjes që janë në treg, por përzgjedhja e tyre, duhet të realizohet duke u bazuar në karakteristikat e sensorit dhe në qëllimet e përdorimit të tij. Me fjalë tjera, fillimisht duhet të definohet qartë qëllimi i përdorimit dhe pastaj të shikohet se cili nga llojet e sensorëve është më i përshtatshëm të përdoret për realizimin e synimeve të parashtruara. Kur qëllimi është i definuar qartë, atëherë është edhe më lehtë të vendoset në lidhje me përzgjedhjen e llojit të sensorit. Në vijim, do të shtjellohen disa nga llojet e sensorëve të lëvizjes, të cilët mund të gjejnë aplikim për qëllime ushtarake ose policore, në veçanti për rastet që lidhen me aplikimin e tyre përgjatë vijës kufitare të një shteti.

2.4.2 Sensorët multimedial

Sensorët multimedial, në vitet e fundit, janë ndër sensorët që më së shumti kanë tërhequr vëmendjen e komunitetit kërkimor. Duke përfshirë këtu fushat e mundshme të aplikimit, si dhe sfidat me të cilat karakterizohen, varësisht nga fusha e aplikimit. Ky lloj sensori, përdor teknologjinë e video vëzhgimit. Këta sensorë, kanë një avantazh mjaftë të madh në krahasim me

sensorët tjerë sepse ofrojnë pamje nga mjedisi i vëzhguar. Disponueshmëria e harduerit, me kosto të ulët të tilla, si kamera CMOS dhe mikrofona [10], ka ndikuar në nxitjen e zhvillimit të sensorëve multimedial. Këta sensorë për aktivizim përdorin një numër metodave, si: lëvizjen, dritën, hijet, dridhjet, etj. Ky lloji sensori, do të jetë edhe objektivi i ynë në këtë punim, prandaj në kapitujt vijues, do ta shtjellojmë në detaje.

2.4.3 Sensorët IR

Një nga llojet më të zakonshëm të sensorëve, për detektim të lëvizjeve, janë sensorët IR. Sensorët infra të kuq, janë pajisje elektronike të cilat emitojnë dhe/ose detektojnë rrezatimet e valëve infra të kuqe, përmes të cilave mund të kuptojnë, disa nga aspektet e rrethinës së tyre. Sensorët infra të kuq mund të matin temperaturën e një objekti, si dhe të realizojnë zbulimin e lëvizjes [11]. Shumë nga këta sensorë, infra të kuq, mundësojnë vetëm matjen e rrezeve infra të kuqe, në vend që të emitojnë ato dhe në këtë mënyrë sensorët e tillë janë të njohur, si sensorë infra të kuq pasiv.

Të gjitha objektet në një çfarë forme emitojnë rreze termike. Zakonisht këto rreze shtrihen në spektrin e rrezeve infra të kuqe [12]. Ky rrezatim është i pa dukshëm për syrin e njeriut, por ky rrezatim mund të zbulohet nga një sensor infra i kuq pasiv, i cili mund të pranojë dhe interpretojë këto rreze. Në një sensor infra të kuq tipik, i tillë si një detektor i lëvizjes, rrezatimi pranohet në sipërfaqen ballore të tij dhe pastaj ky rrezatim i pranuar vazhdon deri të arrijë vetë sensorin i cili është në qendër të pajisjes. Pjesa qendrore e pajisjes, mund të përbëhet nga më shumë se një sensor individual, ku secili prej tyre është i përbërë nga materiali *Pyroelectric* [13], qoftë natyrorë ose artificial. Këto janë materiale që gjenerojnë një tension elektrik, kur nxehen ose ftohen.

Këto materiale *Pyroelectric* janë të integruara në një bord të vogël të një qarku. Me fjalë tjera, ato janë dy tela të projektuar në një mënyrë të tillë që, kur sensori zbulon një rritje të temperaturës në fushën e vrojtimit, përmes pjesës së vogël të tij, ai do të shkaktojë një alarm përmes të cilit do të tregojë për detektimin e lëvizjes. Për një sensor infra të kuq, është shumë e zakonshme që të integrohet në kuadër të sistemeve që janë të dedikuara për qëllime të detektimit të lëvizjes, siç janë sistemet e sigurisë, të cilat përdoren në vende të banimit, qendra tregtare, kompani me rendësi të veçantë, etj. Këta sensorë zakonisht janë të destinuar për ambiente të jashtme.

Parimi i punës së sensorit IR - Në rastin e një sensori të tillë, parimi i punës bazohet në emetimin dhe pranimin e valëve në spektrin infra të kuq (300 GHz (1mm) deri 400 THz (750 nm)) [9]. Ideja themelore këtu qëndron që të përdoret një LED diodë, e cila emiton rreze në brezin infra të kuq

dhe e cila do të mundësoj dërgimin e valëve të emetuara deri te objekti përkatës. Ndërsa, për pranim të valëve të reflektuara nga objekti përkatës, përdoret një tjetër diodë IR e cila është e të njëjtit lloji me diodën emetuese. Që të kemi një pasqyrë më të qartë, në lidhje me këtë proces, në figurën 2.2, është paraqitur një LED i tillë. Ndërsa, në figurën 2.3, është paraqitur diagrami i cili paraqet parimin e punës së një sensori infra të kuq, i përbërë nga diodat LED.



Figura 2.2. Dioda LED

Nga figura 2.3, mund të shihet se drita e cila emitohet nga dioda dhe e cila pas goditjes së objektit, reflektohet nga objekti dhe pastaj pranohet nga marrësi, formon një kënd në formë të një trekëndëshi.

Kur marrësi IR i është nënshtruar dritës infra të kuqe, e cila është reflektuar nga objekti, atëherë në detektor do të paraqitet një ndryshim i tensionit. Tensioni i tillë i cili është prodhuar është i vogël dhe është vështirë se mund të detektohet dhe kështu janë përdorur amplifikues për të detektuar saktësisht tensionin e ulët. Nëse drita e emituar nga dioda nuk e godet objektin, atëherë tensioni në marrës ka vlerën 0V.

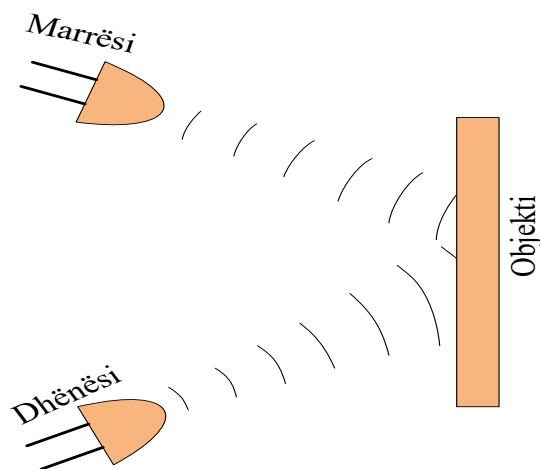


Figura 2.3. Parimi i punës së sensorit IR

Matja e distancës, nga sensori deri te objektit, realizohet nga këndi i cili krijohet në mesë të dritës së reflektuar nga objekti dhe pranuesit. Pra, për matjen e distance nga sensori deri te objekti, përdoren vetitë elektrike të komponentëve të sensorit IR. Vetë fakti se marrësi IR i nënshtrohet dritës, tregon se në këtë rast shkaktohet një ndryshim i tensionit në kontakt me këtë dritë.

2.4.4 Sensorët e lëvizjes mikrovalorë

Ky lloji sensori, gjithashtu, përdoret për detektim të lëvizjes së njerëzve dhe gjërave tjera. Mirëpo, ky lloji sensori, për zbulim (detektim) të objekteve të lëvizshme, përdor mikrovalët, ngjashëm me një radarë dore që përdor policia rrugore. Këta sensorë, mbulojnë hapësira më të mëdha sesa sensorët IR, mirëpo këta sensorë janë më të cenueshëm nga interferencat elektrike dhe këta sensorë janë më të shtrenjtë. Këndi i vrojtimit për një sensor të tillë është 90 shkallë. Një nga format e mundshme të një sensori të tillë është paraqitur në figurën 2.4 (imazhi është marr nga interneti). Ky lloji sensori edhe pse nuk është synim i yni, që të analizohet dhe të propozohet për aplikim, për rastin ton të studimit është një sensor i cili shpesh mund të gjendet në pikat kufitare, si teknologji e aplikuar.

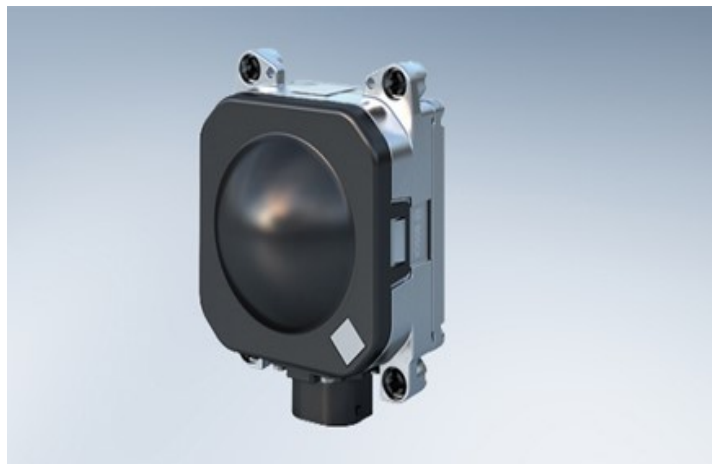


Figura 2.4. Paraqitja skematike e një sensori mikrovalorë të lëvizjes

2.4.5 Sensorët e lëvizjes ultrasonikë

Një sensor ultrasonikë i lëvizjes është një pajisje që mundëson zbulimin e lëvizjes së njerëzve ose objekteve, brenda një zone të kufizuar. Këta sensorë, vrojtojnë lëvizjet duke analizuar valët e zërit në hapësirën që ai mbulon. Fillimisht, valët e zërit gjatë udhëtimit nëpër ajër, ato prodhojnë dridhje të grimcave të ajrit dhe të cilat ndikojnë në ndryshimin e densitetit, si dhe presionit të grimcave të ajrit, përgjatë drejtimit të lëvizjes së valës [14]. Duhet të theksojmë se, disa lloje të sensorëve

ultrasonikë shërbejnë vetëm për të dëgjuar tinguj nga ambienti vrojtues, ndërsa disa shërbejnë për të dërguar pulse ultrasonike dhe për ti analizuar ato pulse, pasi që të jenë reflektuar mbrapa nga objektet në lëvizje në ambientin vrojtues.

Sensorët e lëvizjes aktiv, gjenerojnë valë të zërit në një kufi të frekuencave ultrasonike, zakonisht mbi intervalin e dëgjimit të njeriut [14], përkatësisht rreth frekuencës 40 kHz. Këto frekuenca janë në përgjithësi të padëgjueshme për njerëzit dhe pjesën më të madhe të kafshëve dhe nuk depërtojnë nëpër shumicën e objekteve. Sensorët e lëvizjes ultrasonikë, emitojnë valë zanore në formë konike, duke përdorur një transmetues kuarci dhe dëgjues të jehonave. Kur nuk ka lëvizje në hapësirën që vëzhgohet, diagrami i tingujve dhe koha që nevojitet për reflektim prapa te tingujve, mbetet e pandryshueshme. Nëse ka lëvizje, sensori detekton se niveli apo faza e valëve të zërit të kthyer ka ndryshuar pak dhe pas detektimit të këtyre ndryshimeve, sensori do të dërgon një alarm.

Një detektor aktiv i lëvizjes duhet të përpiqen për të eliminuar sa më shumë zhurmën ose të dhënat false që të jetë e mundur. Për ta bërë këtë, sensori shpesh analizon variacionet e frekuencave të efektit të *Doppler*-it në jehona, si dhe ndryshimet e amplitudës [15].

Zhurmat dhe lëvizjet e mjedisit, shpesh, pa dashje mund të aktivizojnë një detektor të lëvizjes ultrasonikë. Prandaj, duke pasur parasysh se në natyrë gjenden insekte dhe kafshë të ndryshme, si dhe rryma të ndryshme të ajrit, si dhe ndikimin e mundshëm të tyre në sensorët e tillë, përdorimi i këtyre sensorëve në natyrë nuk është shumë i përshtatshëm. Mirëpo, kosto e ulët e detektorëve të tillë, bënë që këta sensorë të vendosen për qëllime të sigurimit të automjeteve edhe pse në këto raste mund të shkaktojnë alarme të rreme. Në figurën 2.5 (imazhi është marr nga interneti) është paraqitur një nga modelet e sensorëve ultrasonikë.



Figura 2.5. Paraqitja skematike e një sensori ultrasonikë

2.4.6 Sensorët për detektim të dridhjeve

Ky lloji sensori, shërben për detektimin e objekteve, përmes dridhjeve që ata shkaktjnë, apo monitorimin e dridhjeve të tyre, ashtu që gjendjen e tyre ta mbajnë nën kontroll. Këta sensorë, gjenerojnë alarme në momentin kur dridhjet kalojnë një shkallë të caktuar, varësisht nga sensori që përdoret. Sot këta sensorë kanë një përdorim të gjerë, duke fillua nga përdorimi në makina industriale deri te përdorimi për qëllime ushtarake.

Përdorimi i këtyre sensorëve për makineritë industriale është jetik për monitorimin e nivelit të dridhjeve të këtyre makinave gjatë funksionimit të tyre [16]. Monitorimi i dridhjeve është një tregues jetik, mbi rregullsinë e funksionimit të makinave. Përmes analizimit të dridhjeve, arrihet që të detektohen problemet që mund të ketë një makinë dhe përcaktohet gjendja e saj, si dhe të definohet shkaku specifik dhe vendndodhja e problemit. Kjo do të ndikoj drejtpërdrejt në përshpejtimin e riparimit dhe në minimizimin e kostos. Përmes monitorimit dhe analizimit të dridhjeve, shpeshherë mund të arrihet që të parandalohen defektet e mundshme në një makinë.

Mirëpo, përpos përdorimit të këtyre sensorëve për monitorim të dridhjeve të makinave, urave, etj., këta sensorë, kohëve të fundit janë duke u përdorur edhe për qëllime ushtarake, si p.sh në detektimin e lëvizjeve të makinerive të ndryshme ushtarake të armikut. Përdorimi i sensorëve të tillë për qëllime ushtarake, ofron mundësi që vazhdimisht të grumbullohen informata mbi lëvizjet e makinerive dhe trupave armike në fushëbeteja dhe kjo arrihet nga distanca [44]. Por, aplikimi i këtyre sensorëve përgjatë vijës së gjelbër kufitare për qëllime të parandalimit të kalimit të grupeve të ndryshme kriminale është pothuajse i pa dobishëm.

2.4.7 Sensorët akustikë

Siç kemi cekur më lartë, një sensor është përdorur për të realizuar matjen (vrojtuar) e një mjedisi të caktuar dhe informacionin e grumbulluar nga vrojtimi të konvertoj në një sinjal të të dhënave digjitale apo analoge, që mund të interpretohet nga një kompjuter ose vëzhgues. Mirëpo, në rastin e sensorëve akustikë kemi të bëjë me interpretimin saktësisht të fenomeneve akustike nga ana e një sensori të tillë. Një sensor akustik është një pajisje elektronike që mund të mat nivelin e zërit. Sensorët akustikë shpeshherë janë quajtur edhe sensorë të valëve akustike për shkak se mekanizmi i tyre i zbulimit është një valë mekanike (ose akustike) [17]. Kur një valë akustike (hyrëse) udhëton nëpërmjet një materiali të caktuar ose përgjatë një sipërfaqeje të një materiali, ajo do të ndikohet nga vetitë e ndryshme të materialit dhe pengesa, gjatë këtij udhëtimi. Çdo ndryshim, në

karakteristikat e kësaj vale, përgjatë këtij udhëtimi, do të ndikoj në shpejtësinë dhe/ose amplitudën e valës. Këto ndryshime të karakteristikave përmes shndërruesit në dalje, pastaj do të konvertohen në sinjal digjital. Këto ndryshime mund të monitorohen, duke matur frekuencën ose fazën e karakteristikave përmes sensorit [19].

Praktikisht, të gjitha pajisjet e valëve akustike dhe sensorët përdorin një material piezoelektrik për të gjeneruar valë akustike [18]. Piezoelektriciteti në thelb do të thotë energji elektrike që është si rezultat i një presioni. Me fjalë tjera, i referohet prodhimit të ngarkesave elektrike, si rezultat i stresit mekanik. Sensorët zakonisht përdorin dy shndërrues të brendshëm digjital (*IDT - Inter Digital Transducer*), që të mund të konvertojnë sinjalin hyrës në një sinjal të valës mekanik, përgjatë një substrati piezoelektrik [19]. Gjithashtu, shndërruesit siç shihet në figurën 2.6 [19], bashkohen përmes elektrodave në një strukturë të kombinuar. Detyra e shndërruesve është të bëjnë konvertimin e një sinjali elektrik në një valë mekanike dhe kthimin e serishëm të valës mekanike në një sinjal elektrik. Distanca nga këto elektroda, përcakton frekuencën e valës dhe mund të përdoret për të regjistruar tendosjen [19]. Përformanca e këtyre sensorëve mund të ndryshohet, duke ndryshuar gjatësinë, gjerësinë dhe pozitën e shndërruesve të brendshëm digjital. Sensorët akustik piezoelektrikë janë relativisht të lirë, shumë të ndjeshëm, të besueshëm dhe mund të përdoret në mënyrë pasive (pa një burim të energjisë) dhe pa tela.

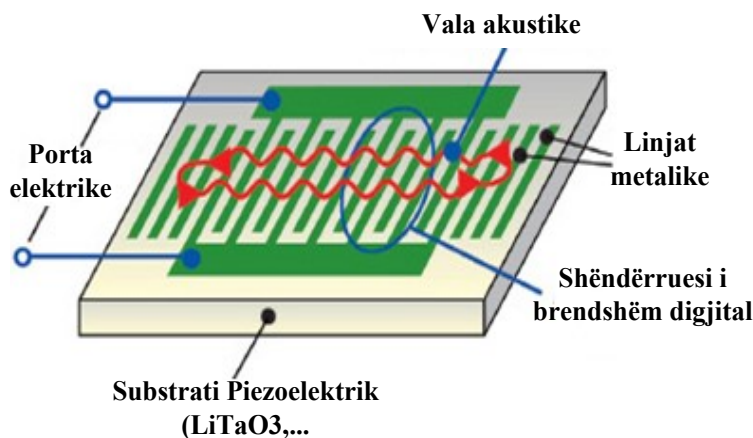


Figura 2.6. Principi i punës së një vale akustike sipërfaqësore

Kapitulli 3

3. Rrjetet sensorë pa tela dhe aplikimi i tyre

Hyrje

Gjatë viteve të fundit, rrjetet sensorë pa tela kanë pasur një rol të rëndësishëm në lëmin e telekomunikimit. Pikërisht, rëndësia e këtyre rrjeteve, ka bërë që sot të kemi një numër të konsiderueshëm hulumtimesh në lidhje me funksionimin e këtyre rrjeteve dhe sfidat që i karakterizojnë këto rrjete. Rrjetet sensorë pa tela përbëhen nga pajisje autonome që përdorin sensorë dhe të cilat komunikojnë njëra me tjetrën. Rrjetet e tilla përdorin një *sink*, përmes të cilit WSN i mundësohet që të lidhet me rrjetin me tela ose të komunikoj me *sink* të tjerë. Rrjetet e tilla, sot kanë një aplikim në shumë fusha, duke filluar nga aplikimi në agrikulturë deri të aplikimet ushtarake. Mirëpo, në këtë hulumtim do të përqendrohemi në analizimin e WSN-ve për qëllime të rritjes së sigurisë përgjatë vijës së gjelbër kufitare. Në këtë kapitull, kryesisht, do të analizojmë arkitekturën e një rrjeti sensorë pa tela dhe disa nga fushat kryesore të aplikimit të këtyre rrjeteve.

3.1 Komponentet kryesore të një sensori multimedial

Siç kemi cekur më herët, ndër teknologjitë që është duke u zhvilluar me një shpejtësi shumë të madhe është teknologjia e sensorëve. Prandaj, në këtë sektor, para se të analizojmë funksionimin e një rrjeti sensor, do të paraqesim dhe diskutojmë arkitekturën e një sensori multimedial, ku do të përfshihen komponentet kryesore të sensorit.

3.1.1 Arkitektura e projektimit të një sensori multimedial

Duhet të kemi parasysh se, në rastin e projektimit të arkitekturës së një sensori, gjithmonë tentohet që të arrihet: ulje e kostos, rritje e fleksibilitetit, tolerancë në gabime, përmirësim i procesit të zhvillimit dhe kursimit të energjisë. Sensori multimedial, përbëhet nga njësia e vrojtimit, njësia e përpunimit (njësia MCU - mikrokontrolluese), njësia e komunikimit dhe njësia e furnizimit me energji elektrike, siç tregohet në figurën 3.1. Nga figura 3.1, mund të shihet se sensor i multimedial është ndarë në blloqe kryesore, ku secili bllok kryen një detyrë të veçantë. Njësia e energjisë elektrike është përgjegjëse për furnizim me energji elektrike të njësive tjera të sensorit. Njësia komunikuese (radio dhënësi-marrësi), siguron kanalin komunikues të sensorit. Njësia e përpunimit të të dhënave, përfshinë memorien (RAM), *microcontroller*-in, sistemin operativ dhe *timer*-in. Kjo

njësi është përgjegjëse për ruajtjen, përpunimin dhe transmetimin e një ngjarje të caktuar që është vrojtuar nga sensori. Njësia e vrojtimit është e përbërë nga një sensor, kamerë dhe një konvertues i sinjalit nga analog në digjital. Në vijim, do të shtjellojmë në detaje secilën njësi të kësaj arkitekture.

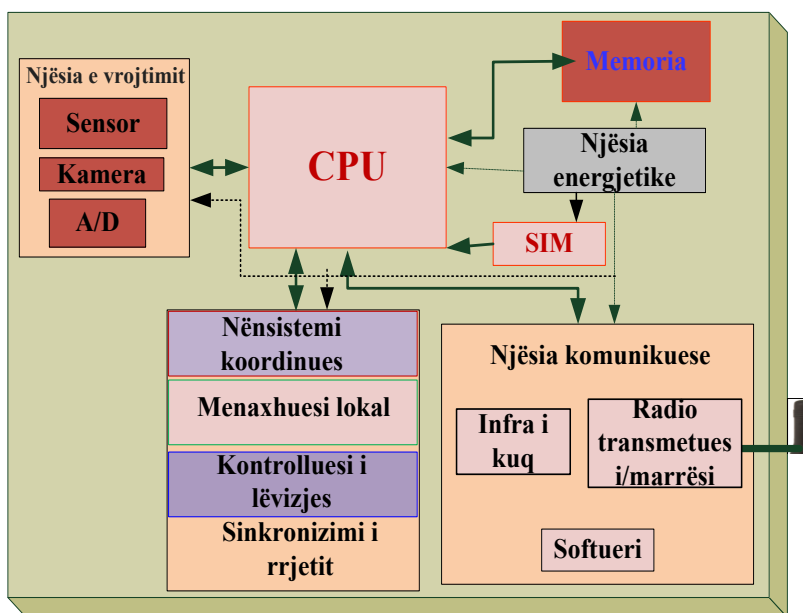


Figura 3.1 Arkitektura e sensorit multimedial

3.1.1.1 Njësia e përpunimit

Është përgjegjëse për grumbullimin e të dhënave nga burimet e ndryshme, pastaj këto të dhëna i përpunon dhe i ruan. Njësia e përpunimit e një sensori, përcakton konsumin e energjisë dhe aftësitë kompjuterike të sensorit. Në mënyrë që të sigurojë fleksibilitet për zbatim të CPU-së, janë në dispozicion një numër i madh i microcontroller-ve, mikroprocesor dhe FPGAs (*field programmable gate arrays*) [20]. Arkitektura e njësive së përpunimit është paraqitur në figurën 3.2.

Mikrokontrolleri - është procesor i cili në përgjithësi përdoret për përpunim të imazheve të kapura nga sensori. Kjo njësi, përbëhet nga memoria e përkohshme dhe procesori, si dhe nga memoria e qëndrueshme dhe ndërfaqet [21]. Kjo ndihmon në reduktimin e kërkesës për instalim elektrik, harduer shtesë, hapësirë të qarkut në tabelë (*board*) dhe energji. Për ruajtjen e fuqisë, *microcontroller*, duhet të ketë tre gjendje: aktive, të fjetur, dhe të papunë.

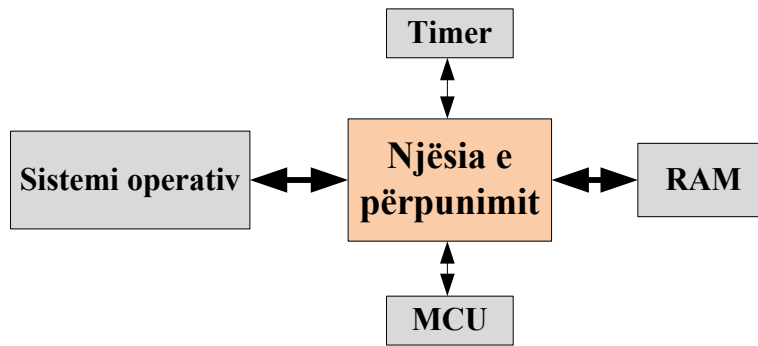


Figura 3.2. Njësia e përpunimit

FPGA (Field Programmable Gate Arrays) - është njësi që është përdorur për testim. Megjithatë, ka dy mangësi d.m.th., nuk mund të reduktoj konsumin e energjisë, si dhe nuk ka mundësi të bëjë bllok të veçantë [22]. Por kjo nuk do të thotë se nuk mund të përdoret në sensor. Në të ardhmen e afërt, në qoftë se do të zhvillohet fuqia ultra e ulët, kjo do të eliminojë koston e vendosjes për shkak të veçorive të ri-programueshme dhe ri-konfigurueshme.

Timer/Clock – *Timer*-i është një lloji i veçantë i orës (*clock*). Sensori është teknologji asinkrone, mirëpo për renditje dhe matje të kohës, i nevojitet *timer*-ri [21]. *Timer*-ët janë të llojeve të ndryshme, si: elektronik, elektromekanik, mekanik dhe digjital. Ka gjithashtu volum të ulët dhe konsumim të ulët të energjisë.

Sistemi Operativ - WSN përdor një sistem operativ më pak kompleks në krahasim me sistemin operativ me qëllim të përgjithshëm në kuptimin që ajo përdor disa mijëra rreshta për kod të sistemit, ndërsa sistemi me qëllim të përgjithshëm përbëhet nga miliona rreshta kod. Disa sisteme operative të njës WMSN janë *TinyOS*, *Contiki*, *Mantis*, *BTnut* dhe *SOS* etj [21]. *TinyOS* është sistemi operativ më i njohur i cili aplikohet për sensorë.

Memoria - Për ruajtjen e informacionit në *microcontroller*, përdoret RAM-i, si një memorie e brendshme. Gjithashtu, mund të përdoret *flash* memoria për ruajtjen e kodit të programit [22], [23]. Megjithatë, madhësia e memories mund të ndikojë në konsumin e energjisë dhe në koston e sensorit. Kështu, zgjedhja e përshtatshme e madhësisë së memories është mjaft e rëndësishme dhe kjo duhet të zgjidhet sipas nevojave të aplikimit.

SIM kartën – SIM karta shërben për lidhje në rrjet të sensorit multimedial përmes ndonjë nga operatoret që operojnë në atë shtet, etj.

3.1.1.2 Njësia e energjisë elektrike

Njësia e energjisë elektrike është përgjegjëse për sigurimin e energjisë për sensorin. Kjo njësi merr energjinë nga gjeneruesi i energjisë dhe kalon atë tek komponentet tjera të sensorit. Jeta e sensorit multimedial varet drejtpërdrejt nga bateria, prandaj, bateria është komponentë mjaft e rëndësishme, andaj energjia e saj duhet të jetë shpërndarë, në mënyrë racionale. Njësia e energjisë është e nevojshme për këto arsye: të siguroj një jetë gjatësi sa më të madhe të sensorit, të sigurojë stabilitetin e tensionit, të ketë kapacitet më të vogël se ngarkesa, të ketë aftësi të ri mbushet me rrymë të ulët, të ketë vetë shkarkim të ulët.

Bateria - Bateritë mund të jenë të ndara në primare dhe sekondare, d.m.th., që rimbushën dhe që nuk ri mbushën [24]. Prandaj, projektimi i sensorit është i varur drejtpërdrejt nga modeli i baterisë. Bateria që nuk rimbushet është zgjidhje e mirë pasi ajo ka dendësi të lartë. Për të menaxhuar energjinë në thelb janë përdorur dy lloj të teknikave – menaxhimi i fuqisë sipas kërkesës (*DPM - Demand Power Management*) dhe planifikimi i tensionit dinamik (*DVS - Dynamic Voltage Scheduling*) [21]. Në DPM, mikrokontrolleri, ka 3 gjendje - aktive, e fjetur, e papunë. Duke përdorur këto gjendje, pajisja me qëllim që të kursej energjinë, kalon nga një gjendje në një gjendje, varësisht nga aktivitetet që zhvillon. Me fjalë tjera, kalon në gjendjen e fjetur, kur nuk zhvillon ndonjë aktivitet dhe anasjelltas. Me qëllim të ndërrimit të gjendjeve aplikohet një sistem operativ i mbyllur. Ndërsa DVS, reduktimin e fuqisë operuese e realizon përmes procesorit, duke reduktuar tensionin operues të tij. Procesori në këtë rast ngarkohet me fuqi e cila harmonizohet me ngarkesën e punës, ndërsa e kundërta ndodh gjatë kohës kur është pa punë.

3.1.1.3 Njësia komunikuese

Një radio dhënës-marrës është një njësi në të cilën transmetuesi, si dhe marrësi janë ndarë në të njëjtin qark në një pllakë të vetme. Njësia komunikuese merr urdhër nga njësia përpunuese dhe kalon ato në nyjet tjera të rrjetit. Komunikimi kryhet, nëpërmjet kanaleve të komunikimit. Në këtë fazë, nevojiten disa protokolle të rrjetit për të kryer komunikimin. Në këtë rast, ne kemi diskutuar tri lloje të komunikimit – **komunikimi optikë** - një komunikim optikë, është një sistem i telekomunikacionit në të cilin sinjali konvertohet në sinjal optikë në anën e transmetuesit dhe kthehet në sinjal origjinal në anën e pranuesit. Përparësitë e komunikimit optikë janë se merr më pak energji se komunikimi me radio frekuenca, nuk kërkon antenë, nuk kërkon siguri sepse nuk është përdorur transmetimi *broadcast*. Mangësitë e komunikimit optikë janë se mbështetet komunikimin *line-of-sight*, d.m.th. transmetuesi dhe marrësi duhet të shihen njëri me tjetrin gjatë

komunikimit, si dhe është i ndjeshëm ndaj kushteve atmosferike. **Infrared** - Komunikimi është i drejtpërdrejt brenda një rrafshi, por çdo herë sensorët kërkojnë të jenë të përafruara, brenda një rrafshi. Ky rast, nuk kërkon antenë dhe ka një rreze të shkurtër të komunikimit. **RF (Radio - frequency)** - ky komunikim është i bazuar në valë elektromagnetike. Me qëllim të optimizimit të komunikimit, antena komunikuese duhet të jetë të paktën $\lambda/4$, ku λ është gjatësi valore e frekuencës bartëse. Radio, gjithashtu, luan një rol të rëndësishëm në ruajtjen e energjisë. Ky komunikim, ka katër gjendje operative - në transmetim, në pranim, e pa punë dhe në gjumë. Në mënyrë që të ruaj energjinë, është e nevojshme që të fiket radio dhënësi-marrësi, kur nuk ka nevojë që të operoj.

3.1.1.4 Njësia e vrojtimit

Njësitë vrojtuese, zakonisht janë të përbërë nga: sensori, kamera dhe konvertuesi nga analog – digjital (*ADC- analog to digital converter*). Sinjalet analoge, të prodhuara nga sensori, bazuar në dukurinë e vëzhguar, janë konvertuar në sinjale digjitale nga nën njësia ADC-ja dhe pastaj këto sinjale kalojnë në njësinë përpunuese për përpunim të mëtejshëm. Njësia e përpunimit, e cila është e lidhur në përgjithësi me një njësi të vogël të ruajtjes, menaxhon procedurat që e bëjnë sensorin të bashkëpunojë me sensorë të tjerë, deri sa të realizohet bartja e informacioneve të përpunuara jashtë sensorit.

3.2 Lidhja e sensorëve multimedial në rrjetë

Më lart, paraqitem arkitekturën e një sensori multimedial. Përdorimi i një sensori të tillë, si i vetëm, ka shumë kufizime sa i përket qëllimeve të ndryshme të aplikimit. Prandaj, që të kemi një rritjet të fushë veprimi të sensorëve, sensorët individual janë lidhur njëri me tjetrin, përmes mediumit pa tela ose me tela, duke krijuar kështu një rrjet. Në kuadër të një rrjete të tillë, mund të përfshihen lloje të ndryshme të sensorëve. Një rrjet sensorë mund të përbëhet, nga disa sensorë, deri në mija e mija nyje të veçanta të sensorëve, varësisht nga qëllimi i aplikimit. Lidhja në rrjetë e sensorëve, ka bërë që fushë aplikimi i sensorëve të zgjerohet në shumë fusha. Duke filluar nga aplikimi në monitorim të shtëpive deri në eksplorim të hapësirës. Një rrjetë e thjeshtë me sensorë multimedial është paraqitur në figurën 3.3.

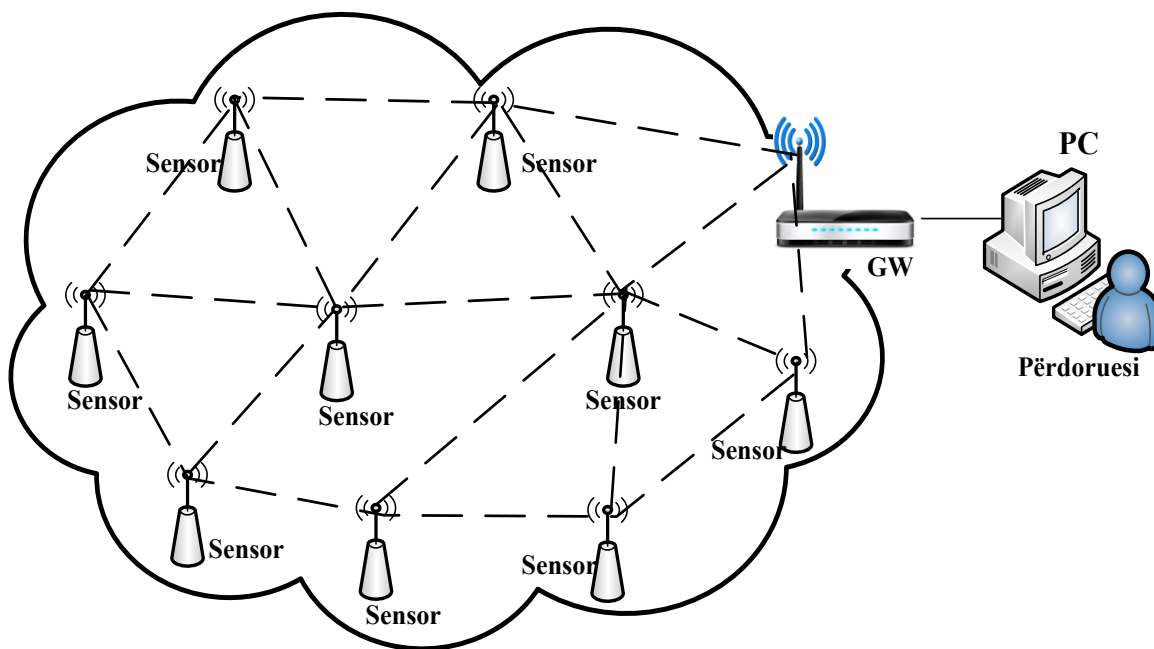


Figura 3.3. Struktura e një rrjeti me sensorë multimedial

Duhet të theksohet se, sensorët pa tela kanë një numër të avantazheve në krahasim me sensorët tradicional me tela. Ata, përveç që ndikojnë në reduktimin e kostos dhe kohës për vendosjen e tyre, ata mund të vendosen në zona që sensorët tradicional me tela nuk mund ose pothuaj se është shumë vështirë të vendosen, si, p. sh. në territore jo mikpritëse, fushë beteja, hapësira kozmike, në thellësi të oqeanëve, terrene të thyeshme dhe shkëmbore, etj. Rrjetet sensorë pa tela, fillimisht janë përdorur nga autoritetet ushtarake për qëllime të vëzhgimit të oqeanëve, përmes përdorimit të sistemeve vëzhguese akustike, e pastaj për detektim të objektivave tokësore. Megjithatë, disponueshmëria e sensorëve dhe kostoja e ulët, ka ndikuar që këto rrjete të jenë të përshtatshme që të aplikohen në fusha të ndryshme, civile apo ushtarake. Prandaj, falë përparësive që ofrojnë, këto rrjete sot janë duke gjetur aplikim edhe në rritjen e sigurisë kufitare shtetërore.

3.3 Aplikimet e rrjeteve sensorë pa tela

Rrjetet sensorë mund të përbëhet nga një shumë llojshmëri e sensorëve të tillë, si: multimedial, të dridhjes, akustik, magnetik, termik, infra të kuq, radar, etj., të cilët janë në gjendje që të monitorojnë ambiente të shumëllojshme, varësisht nga kushtet e ambientit. Në vijim do ti paraqesim disa nga madhësitë që një sensor mund t'i mat ose zbuloj, varësisht nga qëllimi për të cilin është prodhuar apo karakteristikat që disponon, si:

1. Detektimin e lëvizjet (njerëzve, automjeteve, etj.)
2. Matjen e temperaturës,
3. Matjen e lagështisë,
4. Matjen e kushteve të rrufesë,
5. Matjen e presionin,
6. Matjen e nivelit të zhurmave,
7. Detektimi i pranisë ose mungesës së llojeve të caktuara të objekteve,
8. Matjen e karakteristikave të tilla si: shpejtësinë, drejtimin dhe madhësinë e një objekt, etj.

Duhet të theksojmë se, përdorimi i një sensori të vetëm, ka aftësi mjaftë të kufizuara që të mund të përdoret në shumë fusha. Mirëpo, falë aftësive që sensorët kanë që të komunikojnë njëri me tjetrin në rrjet, përmes komunikimit pa tela, ka bërë që fushëveprimi i tyre të shtrihet në një gamë të gjerë të përdorimit, sidomos në fushat me interes kombëtarë. Fushat më kryesore, ku rrjetet sensorë gjejnë përdorim janë: për qëllime ushtarake, për monitorime të ndryshme të mjedisit, për qëllime shëndetësore, monitorim të objekteve, si dhe në fusha të tjera komerciale. Gjithashtu, ka mundësi që këto rrjete të sensorëve të mund të përdoren edhe për shumë kategori dhe qëllime të tilla, si: eksplorim të hapësirës, përpunime kimike, për dhënien e ndihmës në raste të fatkeqësive të ndryshme, etj. Në vijim do të paraqesim disa fushat më kryesore në të cilat rrjetet sensorë gjejnë mjaftë aplikim.

3.3.1 Aplikimi për qëllime ushtarake dhe policore

Një aplikim mjaftë të gjerë, rrjetet sensorë pa tela, e gjejnë në ushtri. Rrjetet sensorë pa tela mund të jenë pjesë integrale e sistemeve të komandës ushtarake, kontrollit, komunikimit, informimit, inteligjencës, mbikëqyrjes, zbulimit, etj. Karakteristikat e rrjeteve sensorë, si: vendosja e shpejtë, vetë-organizimi dhe toleranca në gabime i bëjnë ato një teknikë shumë premtues për vrojtim (*sensing*) për C4ISRT (*Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance, Reconnaissance, and Targeting*) ushtarake [23]. Me qenë se rrjetet sensorë bazohen në vendosjen e dendur të nyjeve sensorë dhe kjo parashihet të realizohet me një kosto të ulët, kështu që shkatërrimi i disa nyjeve nga veprimet armiqësore, nuk ndikon në një operacion ushtarak, në krahasim me rastin e shkatërrimit të një sensori tradicional, gjë që e bënë konceptin e rrjeteve sensorë pa tela një qasje më të mirë për fushëbetejat. Disa nga fushat, ku rrjetet sensorë gjejnë aplikim, në ushtri janë:

- **Mbikëqyrje të fushëbetejave** – sensorët mund të vendosen në fushë beteja për qëllime ushtarake, si për: monitorim të forcave armiqësore, monitorim të lëvizjes së forcave kundërshtare, monitorim të pajisjeve dhe municioneve, për identifikim të veprimeve dhe terrenit operues të forcave kundërshtare, vlerësim të dëmeve në rast të betejës, etj.
- **Mbrojtje të objekteve me rëndësi të veçantë** – sensorët mund të vendosen rreth objekteve që të mundësohet monitorimi i tyre në kohë reale, si monitorimi i centraleve bërthamore, zbulim të sulmeve biologjike dhe kimike, ura strategjike, tubacioneve të naftës dhe gazit, etj. [23].
- **Udhëheqje inteligjente** - Sensorët mund të jenë vendosur në automjete pa pilot (robot), tanke, aeroplanë luftarak, raketa, nëndetëse, etj., për të udhëzuar ato rreth pengesave drejt objektivave të tyre dhe ti dërgoj ato të koordinuara me njëra tjetrën, për të kryer sulme me më shumë efektivitet ose për të mundësuar një mbrojtje me mjaftë efikasitet [25].

3.3.2 Aplikimi për qëllime vëzhgimi

Për qëllime të vëzhgimit, përdoren kryesisht video dhe audio sendoret. Video dhe audio sensor, përdoren për të rritur dhe plotësuar sistemet ekzistuese të vëzhgimit, të cilat përdoren kundër krimit dhe sulmeve terroriste ose si sisteme të veçanta. Rrjetet e tilla të video sensorëve mund të ndikojnë në rritjen e aftësive të agjencive të zbatimit të ligjit për të monitoruar zonat, ngjarjet publike, prona private dhe kufijtë shtetëror. Sensorët e tillë mund të na mundësojnë që të nxjerrim rezultate, përkatësisht regjistrime (incizime) në lidhje me aktivitetet potencialisht relevante (vjedhje, aksidente të makinave, shkeljet rregullave të trafikut) dhe të mundësojnë nxjerrjen e rrjedhjeve të videove/audiove ose raporte të ndryshme, varësisht nga kërkesat e mundshme që mund të paraqiten në të ardhmen. Për më tepër, sensorët e tillë multimedial, mundësojnë që drejtpërdrejt të na ofrojnë imazhe të kapura nga vendi i vrojtimit. Imazhet e tilla, që ofrohen përmes këtyre sensorëve, mund të shërbejnë që në mënyrë efikase dhe në kohë optimale të mund të identifikohen kriminelët apo terroristët e ndryshëm, e që do t'u mundësonte organeve të rendit të marrin masa parandaluese me kohë.

3.3.3 Aplikimi për monitorim të trafikut

Rrjetet sensorë mund të përdoren për monitorim të trafikut të makinave në qytete të mëdha apo autostrada, si dhe për monitorim të shërbimeve që mund të janë vendosur për ofrimin e informacioneve të nevojshme për pasagjerë në lidhje me gjendjen e trafikut, me qëllim të

shmangies së ngarkesave (dyndjeve). Sensorët multimedial mundësojnë monitorimin e trafikut në autostradë, si dhe grumbullimin e informatave të përgjithshme të tilla si, shpejtësia mesatare dhe numri i makinave. Sensorët mund të zbulojnë shkeljet e rregullave të trafikut, përmes imazheve të kapura dhe këto imazhe ti dërgojnë në qendrën e agjencive të zbatimit të ligjit për analiza më të detajuara. Në raste të aksidenteve, imazhe e kapura nga sensorët multimedial, mund të shërbejnë për analiza të mëvonshme për të identifikuar shkaqet e aksidentit. Përveç kësaj, sistemet informuese të parkimeve inteligjente, bazuar në WMSN, mundësojnë monitorimin e hapësirave të parkimit në dispozicion dhe ofrojnë informata të nevojshme për shoferët në lidhje me gjendjen e parkingjeve.

3.3.4 Aplikimi për qëllime të përkujdesjes shëndetësore

Rrjetet sensorë mund të përdoren për të monitoruar dhe studiuar sjelljen e të moshuarve, si një mjet për të identifikuar shkaqet e sëmundjeve që prekin ata, të tilla, si: çmenduria, të sëmurit nga zemra, etj. Rrjetet sensorë mund të ofrojnë video dhe audio, në lidhje me situatat emergjente të shëndetit të tij dhe menjëherë pacientet e moshuar mund të lidhen me shërbimet e asistencës nga largësia ose me të afërmit e tyre. Rrjetet sensorë të Telemjekësisë, mund të jenë të integruara me rrjetet multimediale, përkatësisht me rrjetet e telefonisë mobile për të ofruar shërbime të ndryshme të përkujdesjes shëndetësore. Në këtë rast, pacientët duhet të mbajnë sensorë të cilët do të realizonin monitorimin e parametrave të tillë, si temperaturën e trupit, presionin e gjakut, pulsën e zemrës, aktivitetet e frymëmarrjes, etj. Në këtë mënyrë, qendrave për përkujdesje shëndetësore, do t'ju mundësohet që të kryejnë monitorimin nga distanca të pacientëve të tyre.

3.3.5 Aplikimi në mjedis dhe industri

Sot janë shumë projekte duke u projektuar dhe planifikuar që të aplikohen për monitorim të mjediseve të caktuara, pikërisht duke aplikuar rrjetet sensorë. Përmes aplikimit të këtyre rrjeteve në mjedis të caktuar dhe industri, mundësohet grumbullimi i informacioneve në kohë reale, përmes të cilave mund të identifikohen ngjarjet e mundshme kritike. Për shembull, një aplikim i rrjeteve të tilla mund të bëhet nga monitoruesit e shkrirjes së akullnajave për të përcaktuar shkallën e shkrirjes. Gjithashtu, rrjetet e tilla mund të përdoren për monitorim dhe parandalim të ngjarjeve kritike gjatë proceseve industriale, përmes ofrimit të imazheve, kontrollimit të temperaturës, matjes së presionit, etj.

3.3.6 Aplikimi në shtëpi inteligjente

Rrjetet sensorë pa tela mund të përdoren për të siguruar një mjedis të jetesës më të përshtatshëm, të sigurt dhe inteligjent për qeniet njerëzore. Këto mjedise ndryshe njihen, si shtëpie inteligjente.

Shtëpitë inteligjente - Sensorët pa tela mund të jenë vendosur në një shtëpie në formë të një rrjeti autonom shtëpiak. Për shembull, një frigorifer i zgjuar i lidhur me një stufë inteligjente apo furrë mikrovalore, mund të përgatisë një meny të bazuar në inventarin e frigoriferit, duke dërguar parametrat relevant të gatimit në furrën inteligjente, e cila pastaj përcakton temperaturën e nevojshme dhe kohën e gatimit [21]. Gjithashtu, përmes rrjetit të tillë, mund të monitorohen dhe të kontrollohen nga distanca pajisjet e ndryshme inteligjente në shtëpi, si: TV, VCR, DVD, furra, etj. Me fjalë tjera, rrjetet sensorë mundësojnë menaxhimin e pothuajse komplet inventarit të shtëpisë ose banesës, duke përfshirë: dritaret, dritat, klimën, etj. Për më tepër, sensorët pa tela mund të përdoret për lexim nga distanca të pajisjeve që ekzistojnë në kuadër të një shtëpie ose banese, si për shembull, leximi nga distanca i njësorëve, të tillë si: njësorin e ujit, njësorin e gazit, apo njësorin e energjisë elektrike dhe pastaj të dërgojë rezultatet e lexuara në një qendër të largët nëpërmjet komunikimit pa tela [26].

3.4 Objektivat e projektimit të rrjetit

Karakteristikat specifike të rrjeteve sensorë dhe kërkesat e ndryshme për aplikim të këtyre rrjeteve, kanë ndikim vendimtarë mbi përcaktimin e objektivave për projektim të rrjeteve sensorë, sa i përket aspektit të aftësive dhe performancës së rrjeteve të tilla. Objektivat kryesore të projektimit të rrjeteve sensorë, përfshijnë disa aspekte të cilat janë paraqitur në vijim:

- **Madhësia e sensorit** - Reduktimi i madhësisë së sensorit është një nga objektivat kryesore të projektimit të rrjeteve sensorë. Sensorët, zakonisht vendosen në një mjedis të ashpër ose armiqësor, kështu që zvogëlimi i madhësisë së sensorit mund të lehtësojë vendosjen e tij, zvogëlon mundësin e zbulimit, zvogëlon koston dhe shpenzimet e energjisë elektrike.
- **Kostoja** - Një objektiv tjetër në rastin e projektimit të një sensori është që kostoja e tij të jetë sa më e ulët. Kjo kërkohet sepse sensorët shpesh vendosen në zona vështirë të arritshme ose zona lufte, kështu që sensorët nuk mund të ripërdoren. Andaj kërkohet që kostoja e sensorit të jetë e ulët në mënyrë që kostoja e përgjithshme e projektimit dhe ndërtimit të rrjetit të jetë sa më e ulët.

- **Konsumim i energjisë** – Një nga objektivat më të rëndësishme në rastin e projektimit të sensorit është konsumi i ulët i energjisë. Duke pasur parasysh se si burim energjie, sensori ka baterinë, shpesh herë është shumë vështirë ose në disa raste e pamundur, që të ndërhyhet në ndërrimin e baterisë së tij. Andaj, është mjaftë e rëndësishme që të ndikohet që konsumi i energjisë së sensorit të jenë në shkallën minimale të mundshme, ashtu që jetëgjatësia e sensorit të jetë sa më e gjatë.
- **Konfigurimi** - në disa raste rrjetet sensorë vendosen në zona të rrezikshme, prandaj vendosja e tyre në këto raste realizohet pa ndonjë planifikim të mirëfilltë nga inxhinierët. Kështu që, duke marr parasysh këtë, sensorët duhet të jenë në gjendje që në mënyrë të pavarur të vetë organizohen në një rrjetë komunikuese, si dhe të jenë në gjendje të rikonfigurohen dhe të përshtaten në topologji të ndryshme komunikimi, edhe nëse dështon ndonjë nga sensorët në rrjetë [27], [36].
- **Përshtatshmëria** - Në rrjetet sensorë, një sensor mund të dështojë, të bashkohet, apo të lëvizë pozicion, duke rezultuar në ndryshimin e dendësisë së sensorëve në rrjetë dhe topologjisë së tyre. Kështu, protokollet e rrjetit të projektuara për rrjetet sensorë, duhet të jenë të përshtatshme për ndryshimet e tilla.
- **Besueshmëria** - Në shumë aplikime të rrjeteve sensorë, është e nevojshme që imazhet e kapura të transmetohen në mënyrë të besueshëm. Andaj, në këto raste duhet të merret në konsideratë prania e zhurmave, gabimet e mundshme dhe kushtet atmosferike gjatë transmetimit nëpër një medium pa tela. Për të eliminuar problematikat e cekura, protokollet e projektimit të rrjetit sensorë, duhet të ofrojnë mekanizëm të kontrollit dhe korrigjimit të gabimeve për të siguruar transmetim të besueshëm të të dhënave të grumbulluara.
- **Toleranca** - Sensorët janë të prirë për dështim për shkak të vendosjes se tyre kryesisht në mjedise të ashpra dhe operimeve pa mbikëqyrje. Kështu, sensorët duhet të jenë tolerant në dështim dhe të kenë aftësi të vetë - testimit, vetë - kalibrimit, vetë - riparimit dhe vetë - shërimit [22], [30].
- **Siguria** - Në shumë aplikime ushtarake, sensorët janë vendosur në një mjedis armiqësor dhe në këtë mënyrë janë të rrezikuar nga kundërshtarët. Në situata të tilla, një rrjet sensorë duhet të prezantojë mekanizma efektivë të sigurisë, në mënyrë që informatat e grumbulluara të jenë të mbrojtura nga qasjet e paautorizuara ose sulmet qëllim këqija.

Siguria e rrjeteve sensorë është edhe njëra nga pikat më delikate që aktualisht diskutohet dhe hulumtohet në këtë drejtim [30].

- **Kanali transmetues** - Rrjetet sensorë kanë burime të kufizuara të gjerësisë së brezit frekuencor. Kështu, protokollet e komunikimit të projektuara për rrjetet sensorë, duhet në mënyrë efektive të përdorin brezin frekuencorë për të përmirësuar përdorimin e kanalit.
- **Përkrahje e QoS** - Në rrjetet sensorë, aplikimet e ndryshme mund të kenë kërkesa të ndryshme për cilësi të shërbimit (QoS) në aspektin e fshehtësisë së dorëzimit dhe humbjes së paketës [29]. Për shembull, disa aplikime, për shembull, aplikacionet e përdorura për monitorim të zjarrit, vonesat janë mjaftë të ndjeshme dhe në këtë mënyrë kërkohet një kohë sa më e shpejtë në ofrimin e të dhënave. Por në disa aplikime, si për shembull, aplikimi për mbledhje të të dhënave për eksplorime shkencore, vonesat janë më të tolerueshme, por nuk mund të lejohet humbje e paketave. Kështu, projektimi i protokolleve të rrjetit, duhet të marrin në konsideratë kërkesat e QoS për aplikime specifike [28].

Shumica e rrjeteve sensorë, zakonisht përdoren për aplikime të veçanta, por kanë edhe kërkesa të veçanta, varësisht nga qëllimi i aplikimit të rrjetit. Prandaj, duke pasur parasysh këtë, nuk është e nevojshme dhe është jopraktike që për një aplikim të caktuar të zbatohen të gjitha objektivat e më sipërme të projektimit në një rrjet. Në rastet e projektimit të një rrjete sensorë, ku për qëllim ka aplikimin për një rast specifik, atëherë gjatë projektimit, duhet të përfshihen vetëm objektivat që kanë të bëjë drejtpërdrejt ose indirekt në arritjen e përmbushjes së qëllimit të aplikimit të atij rrjetit sensorë.

3.5 Sfidat e projektimit të një rrjeti sensorë multimedial

Karakteristikat unike me të cilat karakterizohen rrjetet sensorë multimediale, paraqesin shumë sfida në hartimin dhe implementimin e rrjeteve të tilla. Këto sfida karakterizohen me disa aspekte thelbësore të cilat i kemi paraqitur në vijim:

- **Kufizimet energjetike** – Bazuar në faktin se furnizimi me energji i sensorëve multimedial që vendosen përgjatë vijës së gjelbër kufitare realizohet nga bateria, kjo ndikon që sensorët të kenë kufizime të konsiderueshme, sa i përket shfrytëzimit të energjisë. Kufizimet e tilla paraqesin shumë sfida në zhvillimin e harduerit dhe softuerit, projektimin e arkitekturave të rrjetit, si dhe protokolleve për rrjetet sensorë. Që jetëgjatësia e një rrjeti sensorë të jetë sa më e gjatë, shfrytëzimi racional dhe efikas i energjisë, duhet të konsiderohet në çdo

aspekt të projektimit të rrjetit sensorë, duke përfshirë këtu: harduerin, softuerin, arkitekturën e rrjetit, protokollet, si dhe çdo teknikë apo aspekt tjetër që lidhet me këtë rrjetë.

- **Kufizimet harduerike** – për shkak të kufizimeve harduerike që kanë sensorët, këta sensorë, kanë kapacitet të kufizuar të përpunimit dhe ruajtjes. Andaj, si rezultat sensorët mund të kryejnë vetëm funksione të kufizuara llogaritëse. Këto kufizime harduerike, paraqesin shumë sfida në zhvillimin e softuerit dhe projektimin e protokolleve që përdoren për rrjetet sensorë, të cilat duhet të marrin në konsideratë jo vetëm kufizimet e energjisë me të cilat disponon një sensor, por edhe kapacitetet e përpunimit dhe ruajtjes së tij.
- **Vendosja** - Shumica e rrjeteve sensorë përbëhen nga një numër i madh i sensorëve, duke filluar nga qindra deri në mijëra ose edhe më shumë sensorë. Vendosja e sensorëve është e karakterizuar nga disa faktor, siç është ambienti ku vendosen, qëllimi, etj. Mirëpo, zakonisht vendosja e tyre, pavarësisht sfidave mund të jetë në dy mënyra, përkatësisht mund të vendosen në mënyrë manuale ose në mënyrë të rastësishme. Vendosja në mënyrë manuale e sensorëve është vendosje e planifikuar dhe vendosja duhet të realizohet nga faktor njeri, ndërsa vendosja e sensorëve në mënyrë të rastësishme, realizohet kryesisht nga ajri dhe pa ndonjë planifikim të topologjisë së rrjetit.
- **Mjedis i vendosjes** - Një rrjet sensorë, zakonisht operon në një mjedis dinamik dhe jo të sigurtë. Për shkak të dështimeve, dëmtimit, shtimit, apo harxhimit të energjisë së sensorëve, topologjia e rrjetit sensorë mund të ndryshojë. Gjithashtu, sensorët komunikimin e realizojnë përmes një mediumi pa tela, në të cilin mund të ketë prani të zhurmës, gabime gjatë transmetimit, dhe nënshtrim të kushteve atmosferike të ndryshueshme. Gjithashtu, për shkak të ambientit në të cilin rrjeti i tillë operon, komunikimi ndërmjet sensorëve dhe pajisjeve tjera, shpesh mund të jetë ndërprerë për shkak të shuarjes ose dobësimit të sinjalit.
- **Aplikimi** - rrjetet sensorë kanë një gamë të gjerë të aplikimeve. Andaj, në varësi të aplikimit mund të ndryshojnë edhe kërkesat. Pikërisht, për shkak të shumëllojshmërisë së aplikimit dhe kufizimeve të shumta me të cilat karakterizohen sensorët, ende nuk është projektuar ndonjë protokoll apo standard që do të mund t'i plotësojë kërkesat për të gjitha aplikimet e mundshme të rrjeteve sensorë. Siç kemi cekur, rrjetet sensorë zakonisht janë

projektuar që të aplikohen për qëllime specifike, andaj pikërisht për këtë janë projektuar disa standarde që përdoren për këto rrjete.

Me qëllim, që të kemi një pasqyrë më të qartë në lidhje me këto standarde në kapitullin IV do ti diskutojmë të gjitha standardet që kanë të bëjë me këto rrjete.

Kapitulli 4

4. Konceptet dhe analiza e standardeve për rrjetet sensorë pa tela

Hyrje

Me qëllim që të ketë një lehtësim, sa i përket zhvillimit dhe aplikimit të rrjeteve sensorë pa tela, u paraqit nevoja për krijimin e një tregu sa ma të përshtatshëm në lidhje me produktet e sensorëve, përkatësisht që produktet e tilla të ofrohen me një kosto sa më të ulët. Që të përmbushej ky synim, ishte e nevojshme që të realizohej një specifikim i standardeve relevante për sensorë, ashtu që komponentet e sensorëve që prodhohen nga prodhues të ndryshëm të mund të ndër-veprojnë njëra me tjetrën. Me qëllim të krijimit të standardeve, vazhdimisht janë bërë shumë përpjekje dhe është punuar në shumë organizata të standardizimit, ashtu që të mundësohet një unifikim i tregut, dhe i standardeve, ashtu që të mundësohet një ulje e çmimit në lidhje me komponentet e sensorëve, si dhe të eliminohet krijimi i standardeve të ndryshme nga prodhues të ndryshëm. Gjithashtu, duhet të ceket se, duke marrë parasysh specifikat me të cilat rrjetet sensorë karakterizohen, deri në një masë të caktuar, suksesi i këtyre rrjeteve, si teknologji, kryesisht do të mbështetet në suksesin e këtyre përpjekjeve të standardizimit. Megjithatë, në vijim do të shtjellojmë standardet në lidhje me rrjetet pa tela, duke përfshirë këtu edhe ato të rrjeteve sensorë.

4.1 Standardi IEEE 1451

Për të bërë të mundur ndërveprimin e sensorëve të cilët ishin të prodhuar nga prodhues të shumtë, Instituti Kombëtar i Standardeve dhe Teknologjisë në vitin 1994, propozoi një protokoll për sensorë inteligjent i njohur, si *plug-and-play*. Ky protokoll është miratuar zyrtarisht si standard IEEE (*Institute for Electrical and Electronics Engineers*) 1451 [25]. Standardi IEEE 1451 është një familje e standardeve inteligjente, që definon një bashkësi të hapur të standardeve për ndërfaqësim të *transducer* (*transducer* - është një pajisje e cila konverton një sinjal nga një formë fizike në një sinjal përkatës, që ka një formë tjetër fizike. Me fjalë tjera, është një pajisje që shërben për konvertimin e energjisë nga një formë në një formë tjetër sepse sinjali në hyrje gjithmonë ka energji) inteligjent, për komunikim të pavarur në rrjet të sensorëve, sistemeve të instrumenteve dhe rrjeteve të kontrollit [31]. *Transducer-t* kanë një shumëllojshmëri të aplikimeve në industri, për shembull, prodhimtari, kontrollime industriale, hapësirë ajrore, ndërtim, etj. Duke pasur

parasysh se, tregu i tyre ishte shumë i ndryshueshëm, prodhuesit vazhdimisht kanë kërkuar mënyra të tilla që të prodhojnë një *transducer* inteligjent (*smart*) pa tela, me një kosto sa më të ulët. Por, një problem për prodhuesit është numri i madh i rrjeteve me tela dhe pa tela që janë të pranishme në tregun e sotëm. Aktualisht, është shumë e kushtueshme që prodhuesit të prodhojnë *transducer* unik inteligjent për numrin e madh të rrjeteve që janë sot në treg. Për këtë arsye, është pranuar një grup i standardeve të hapura të cilat janë pranuar në mënyrë universale, për shembull, kompleti i standardeve IEEE 1451 për ndërfaqësim të *transducer-ve* inteligjent, të cilat janë zhvilluar për të adresuar pikërisht këto çështje.

Objekti i standardit IEEE 1451 është që të ofroj lehtësira për prodhuesit e *transducer-ve*, ashtu që të zhvillojnë dhe prodhojnë pajisje inteligjente, si dhe t'i ndërfaqesoj këto pajisje në rrjet, sisteme dhe në instrumente, duke përfshirë këtu edhe teknologjitë e sensorëve dhe rrjetet ekzistuese dhe rrjetet e reja. Me një fjalë tjera, qëllimi i këtij standardi është që të lejoj qasje në të dhënat e *transducer-it*, nëpërmjet një bashkësie të përbashkët të ndërfaqeve nëse *transducer-et* janë lidhur në sisteme apo rrjete, nëpërmjet një mediumi me tela apo pa tela. Bashkësinë e standardeve që i takojnë IEEE 1451, me pak fjalë do t'i përshkruajmë më poshtë [21]:

- Standardi IEEE 1451.0, definon një sërë komandash të zakonshme, operacionet e përbashkëta, si dhe modulet e ndërfaqeve për familjen e standardeve të *transducer-ve* IEEE 1451. Përmes këtij grup të komandave, definohen të gjitha procedurat të cilat mundësojnë t'i qasemi ndonjë sensorit që i takon specifikimeve të standardit 1451, qoftë në rrjetet me tela apo pa tela.
- Standardi IEEE 1451.1, definon një model të përbashkët i cili përshkruan sjelljen e *transducer-ve* inteligjent, një model matjeje që thjeshton procesin e matjes, si dhe modelet e komunikimit të përdorura për standardin, duke përfshirë këtu komunikimin klient - server dhe modulet e publikimit - abonimit.
- Standardi IEEE 1451.2, definon një ndërfaqe që të mundësoj komunikimin me tela prej pike në pikë nga *transducer-et* deri te *Transducer Interface Module* (TIM) dhe *Network Capable Application Processor* (NCAP) dhe anasjelltas, përmes *Universal Asynchronous Receiver/Transmitter* (UART) ose përmes një *Transducer Independent Interface* (TII).
- Standardi IEEE 1451.3 definon një ndërfaqe nga *transducer-et* deri të NCAP dhe TEDS për *transducer-et* e shumëfishtë, kur përdoret një arkitekturë e komunikimit e shpërndarë.

- Standardi IEEE 1451.4, definon një ndërfaqe të përzier për *transducer* analog, e cila ndërfaqe mundëson një mënyrë të operimit analog - digjital.
- Standardi IEEE 1451.5 (IEEE 2006), definon një ndërfaqe nga *transducer* deri te NCAP dhe TEDS për *transducer*-et pa tela. Teknologjitë që mbështetin komunikimin pa tela (duke përfshirë PHY dhe MAC) janë IEEE 802.11a/b/g (*WiFi*), IEEE 802.15.1 (*Bluetooth*), dhe IEEE 802.15.4 (*ZigBee*) [21].
- Standardi IEEE 1451.6, definon një ndërfaqe nga *transducer* deri te NCAP dhe TEDS, duke përdorur një ndërfaqe të rrjetit të hapur *Controller Area Network (CAN)* me shpejtësi të lartë.

4.2 Standardi 802.15

Duke pasur parasysh se standardi IEEE 1451, nuk specifikon shtresën fizike dhe të data *link*-ut, u konsiderua e nevojshme që të realizohet specifikimi edhe i këtyre dy shtresave, mjaftë të rëndësishme. Prandaj, për një specifikim të tillë fillimisht, grupi punues WPAN (*Wireless Personal Area Network*) u fokusua në krijimin e standardit IEEE 802.15.1, i cili merrej pikërisht me specifikimet e shtresës PHY (*physical layer*) dhe MAC (*Media Access Control*), duke u bazuar në teknologjinë *Bluetooth* (IEE 2002) [25]. Grupi punues, formoj shumë shpejt dy nëngrupe të tjera, në radhë të parë, krijoj grupin punues i njohur si grupi TG3 (*Task Group 3*) apo IEEE 802.15.3, i cili u përqendrua në standardizimin e shpejtësive të larta të WPAN (IEE 2003a), shpejtësi të cilat do të përdorehin për aplikacione multimediale. Ky standard përkrah shpejtësi nga 11 Mbps deri në 55 Mbps. Ky brez mund të përkrah deri në 254 pajisje në rrjet. Të cilat mund të komunikojnë në breze nga 868 - 868.6 MHz, 902 - 928 MHz dhe 2.400 - 2.4835 GHz [25], [28]. Përkatësisht, brezi 868 - 868.6 MHz përkrah një kanal (kanali 0), i cili përdoret në Evropë, brezi 902 - 928 MHz përkrah 10 kanale (kanalet 1-10) me një brez për kanal prej 2 MHz, të cilët janë të destinuara për Amerikë (USA, Kanada dhe vende tjera të Amerikës që kanë aprovuar këtë standard) dhe brezi prej (2.400-2.4835) GHz (kanalet 11-26), i cili përkrah 16 kanale me brez prej 5 MHz për kanal, të cilët përboren në gjithë Botën [25]. Këto breze janë paraqitur në figurën 4.1.

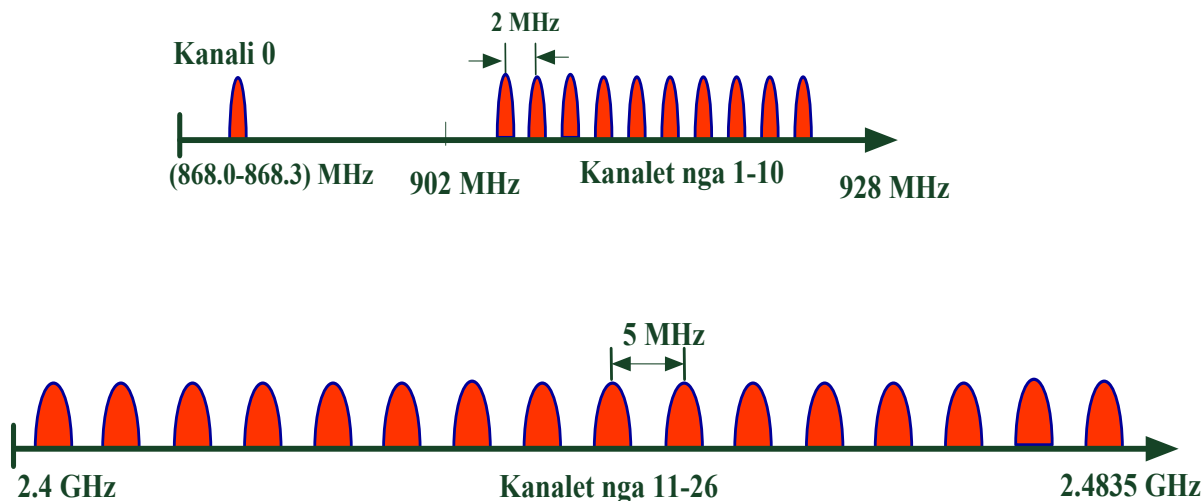


Figura 4.1. Brezët frekuencore operuese të standardit 802.15.4

Grupi i dytë, i cili filloi punën në dhjetor të vitit 2000, i njohur si TG4 (*Task Group 4*) apo IEEE 802.15.4 për LR-WPAN (*Low-Rate Wireless Personal Area Network*) (IEEE 2003b), merrej me sigurimin e standardeve të cilat do të siguronin një kompleksitet të ulët, kosto të ulët dhe lidhje pa tela me një energji të ulët në mes pajisjeve [29]. Ky standard siguron një shpejtësi të dhënave 20 kbps (shpejtësi e cila përdoret për kanalin 0), 40 kbps (shpejtësi e cila përdoret për kanalin 1-10) dhe 250 kbps (shpejtësi e cila përdoret për kanalin 11-26). Standardi IEEE 802.15.4, u ratifikua në verën e vitit 2003 dhe definon specifikimet për shtresën PHY dhe MAC. Mirëpo, Aleanca *ZigBee* miratoi standarde menjëherë më pas [29]. Megjithatë, këtu duhet cekur se standardi IEEE 802.15.4 edhe pse definoi nën standardet për shtresën MAC dhe PHY nuk u mor me specifikimet e shtresave tjera, kështu që *ZigBee* definoi specifikimet përpos për shtresën PHY dhe MAC edhe specifikimet për protokollet e shtresave të sipërme dhe zhvilloi profilet e aplikimit, të cilat mund të ndahen në mes të prodhuesve të ndryshëm.

Duke pasur parasysh se LR-WPAN, së bashku me *ZigBee* janë një nga teknologjitë që mundësojnë funksionimin e WSN, pikërisht këto teknologji do të shtjellohen në mënyrë më të detajuar në këtë punim.

4.2.1 Standardi IEEE 802.15.1

Standardi IEEE 802.15.1, është standard i krijuar për teknologjinë *Bluetooth* dhe i cili është miratuar në vitin 2004, nga BSIG (*Bluetooth Special Interest Group*). Fillimisht, *Bluetooth*, si teknologji ishte menduar thjeshtë vetëm si teknologji e cila do të mundësonte zëvendësimin e

kabllos serike, e cila përdorej për pajisjet elektronike. Mirëpo, më vonë u konstatua se *Bluetooth*, si teknologji përkrah funksione të ndryshme, duke përfshirë këtu edhe komunikimin, p.sh. siç është komunikimi në kuadër të një rrjeti *ad hoc*, si dhe mundësit e komunikimit me një pikë te qasjes, përmes të cilës mundësohet lidhja në internet. Mirëpo, zhvillimi i vazhdueshëm i teknologjisë *Bluetooth*, ka bërë që *Bluetooth* të kompletohet edhe me karakteristika të reja, duke përfshirë këtu edhe mbështetjen për QoS, mbështetjen e shpejtësive të larta të të dhënave, *multicasting* dhe konsumim të ulët të energjisë [22].

Teknologjia *Bluetooth* përbëhet nga disa shtresa të protokolleve, duke filluar nga shtresa PHY deri te shkëmbimi i objekteve dhe zbulimi i shërbimeve. Përveç kësaj, *Bluetooth* përcakton një numër të profileve që përcaktojnë një përzgjedhje të mesazheve, procedurave dhe protokolleve të nevojshme për mbështetjen e një shërbimi të veçantë. Komunikimi ndërmjet pajisjeve *Bluetooth* mund të jetë prej pike në pikë ose prej pike në shumë pika.

Bluetooth operon në një brez të pa licencuar i definuar nga ISM (*Industrial, Scientific and Medical*) nga 2.4 GHz dhe 2.483 GHz dhe për komunikim në ndërfaqet radio, përdor teknikën FHSS (*Frequency Hopping Spread Spectrum*) [29]. Si teknikë e modulimit është përdorur modulimi GFSK (*Gaussian Frequency Shift Keying*), duke rezultuar në një shpejtësi të *link-ut* prej 1 Mbps dhe një maksimum prej 721 kbps për shpejtësinë e të dhënave të përdoruesve në lidhje asimetrike. Gjithashtu, ofron edhe një kanal të zërit me gjerësi të brezit që është 64 kbps [29]. Kufiri nominal i lidhjes, përmes kësaj teknologjie është 10 cm deri në 10 m, por duke rritur fuqinë e transmetimit, distanca mund të zgjatet për më shumë se 100 m.

4.2.2 Standardi IEEE 802.15.4

Është një standard i zhvilluar nga IEEE 802.15 *Task Group 4* dhe i cili specifikon shtresën fizike dhe shtresën MAC për WPAN me shpejtësi të ulët. Siç përcaktohet në kërkesën e vet autorizuesit të projektit, qëllimi i *Task Group 4* ishte që të "sigurojë një standard me kompleksitet të ulët, kosto të ulët, konsumim të energjisë të ulët dhe shpejtësi të të dhënave të ulët, për rastin e komunikimit pa tela midis pajisjeve të lira (me kosto të lirë)". Publikimi i parë i standardit IEEE 802.15.4, u dha në vitin 2003 [22].

Standardi IEEE 802.15.4, ishte paraparë që të aplikohet në fushën e rrjeteve sensorë pa tela, automatizim të shtëpive, rrjete shtëpiake, lidhje të pajisjeve me një PC, sigurim të shtëpive dhe kështu me radhë. Shumica e këtyre aplikimeve, kërkojnë një shpejtësi të bitit të ulët (deri në disa

qindra kbps). Kjo është shumë e dëshirueshme për zgjatjen e jetë gjatësisë së sensorit sepse mundëson reduktimin e konsumit të energjisë në minimum. Shtresa fizike ofron shpejtësi të bitit 20 kbps (një kanal të vetëm në një kufij frekuencor 868 - 868,6 MHz), 40 kbps (dhjetë kanale në kufirin frekuencor ndërmjet 902 dhe 928 MHz) dhe 250 kbps (16 kanale në brezin ISM 2.4 GHz në mes të 2.4 dhe 2.4835 GHz me brez kanali prej 5 MHz) [21]. Ka një total prej 27 kanaleve në dispozicion, por protokoll MAC përdor vetëm një prej këtyre kanaleve në një kohë [22].

Me fjalë tjera, standardi ka karakteristikat e mëposhtme [21].

- Shpejtësi të të dhënave 250 kbps, 40 kbps dhe 20 kbps.
- Dy mënyra të adresimit: adresimi IEEE 16 bit dhe 64 bit.
- Mbështetje për pajisjet kritike latente.
- Qasje të kanalit CSMA/CA 9 (*Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance*).
- Krijim automatik të rrjetit nga koordinatori.
- Protokoll me *handshaking* të plot për besueshmëri të transferimit.
- Menaxhim të energjisë për të siguruar konsumim të ulët të energjisë.
- Rreth 16 kanale në brezin 2.4 - GHz, 10 kanale në brezin 915 MHz dhe 1 kanal në brezin 868 MHz.

Standardi IEEE 802.15.4, operon në një nga tre brezet e lejuara pa pagesë [21]:

- 868-868.6 MHz (p.sh., Evropë) me një shpejtësi të të dhënave prej 20 kbps.
- 902-928 MHz (p.sh., Amerikë, Australi, etj.) me një shpejtësi të të dhënave prej 40 kbps.
- 2400-2483.5 MHz (në gjithë botën) me një shpejtësi të të dhënave prej 250 kbps.

Shtresa MAC, siguron shërbimet e të dhënave dhe menaxhimit për shtresat e sipërme të modelit komunikues. Shërbimi i të dhënave mundëson transmetimin dhe pranimin e paketave MAC në dhe nga shtresa fizike. Shërbimet e menaxhimit përfshijnë sinkronizimin, menaxhimin e *timeslot*-ve dhe shoqërimin dhe jo shoqërimin e pajisjeve në rrjet. Për më tepër, shtresa MAC zbaton mekanizmat bazë të sigurisë.

4.2.3 Standardi ZigBee

Siç e cekem, standardi IEEE 802.15.4, definon vetëm shtresën fizike dhe MAC, por nuk merret me specifikimin e shtresave më të larta të protokollit, duke përfshirë këtu shtresën e rrjetit dhe atë të aplikacionit [21]. Standardi *ZigBee* është zhvilluar pikërisht që të specifikoj shtresën e rrjetit dhe aplikacionit.

Piramida e protokollit *ZigBee*, për herë të parë është propozuar në dhjetor të vitit 2004 nga Aleanca *ZigBee* [25]. Aleanca *ZigBee* është një korporatë e pavarur, e hapur dhe jofitimprurëse e themeluar në vitin 2002. Një përmirësim i këtij standardi është iniciuar në vitin 2006. Në fund të vitit 2006, mbi 200 kompani të ndryshme i janë bashkuar kësaj aleance, duke përfshirë këtu shumë emra të njohur të kompanive që merren me prodhimin e gjysmëpërçuesve, zhvillim të softuerit, prodhues të pajisjeve fundore dhe industri të ofruesve të shërbimeve [31].

Teknologjia *ZigBee* pa tela është një sistem komunikimi me një rreze të shkurt aplikimi dhe me një kapacitet të vogël, si dhe me kërkesa latente në hapësirën e rrjeteve personale pa tela. Karakteristikat kryesore të një teknologjie *ZigBee* pa tela janë: kompleksitet i ulët, kosto e ulët, konsumim i ulët i energjisë, shpejtësi e ulët e transmetimit të të dhënave, përkrahje e lirë e pajisjeve fikse dhe atyre të lëvizshme, etj. [25]. Prandaj, falë këtyre karakteristikave, ky standard ka gjetur aplikim kryesisht në fushën e WSN.

Objektivat kryesore të standardit *ZigBee* ishin që të ketë aplikim të kontrollit dhe monitorimit, ku si kërkesë kryesore ky standard kishte që konsumi i energjisë të jetë i ulët gjatë funksionimit. Disa nga fushat kryesore, ku ky standard gjeti aplikim janë sensorët pa tela, kontrolli i ndriçimit dhe vëzhgimit. Mirëpo, përpos këtyre fushave, ky standard ka aplikim edhe në fushat tjera, siç janë: aplikimi për kontroll të shtëpive të banimit, aplikimi për kontroll të ndërtimeve komerciale, aplikimi për menaxhim të bimëve industriale, etj.

Standardi *ZigBee* përkrah topologjië të ndryshme të WSN, të cilat do ti shtjellojmë dhe paraqesim në vijim.

Topologjia yll - Në rastin e topologjisë yll, komunikimi është i kontrolluar nga një koordinator *ZigBee*, i cili vepron si një mjeshtër i rrjetit, ndërsa pajisjet fundore *ZigBee* operojnë si skllëvër dhe komunikojnë vetëm me koordinatoren *ZigBee*. Koordinatori *ZigBee* është përgjegjës për iniciimin dhe mbajtjen e pajisjeve në rrjet. Pra, siç shihet në figura 4.2, në rastin e një topologjie yll rrjeti është i centralizuar dhe pajisjet fundore mund të komunikojnë njëra me tjetrën vetëm përmes koordinators. Pra, fillimisht të dhënat dërgohet te koordinatori dhe pastaj ato orientohen për tek nyja destinuese. Kjo topologjie, nuk është shumë e përshtatshme që të përdoret për rrjetet sensorë sepse me dështimin e njëjës qendrore, do të dështoj komplet rrjeti. Gjithashtu, meqenëse koordinatori duhet ti mbështetë të gjitha nyjet tjera, ai duhet në shumicën e kohës të jetë aktiv dhe si rezultat do të rriten gjasat që të mбетet pa bateri. Ky rrjet është më i përshtatshëm për vonesën e aplikacioneve kritike, ku nuk është kërkuar një zonë e madhe e mbulimit të rrjetit.

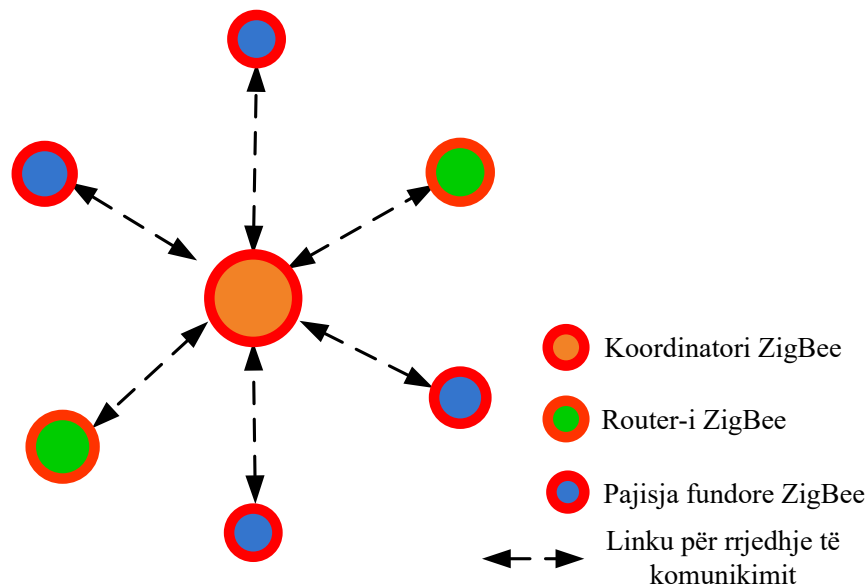


Figura 4.2. Topologjia yll

Topologjia pemë - Në një topologji pemë, koordinatori *ZigBee* është përgjegjës për fillimin e rrjetit dhe për zgjedhjen e disa parametrave kryesorë të rrjetit, por rrjeti mund të zgjerohet përmes përdorimit të *Router-ve ZigBee*. Në rrjetet pemë, komunikimi realizohet në mënyrë hierarkike ndërmjet *Router-ve*. Zgjerimi i rrjetit realizohet, duke u shtuar nyjet e reja në fund të degës. Mirëpo, vetëm një nyje merr rrolin e koordinatorit. Një rrjet pemë është paraqitur në figurën 4.3. Siç mund të shihet edhe nga figura, në rastin e një topologjie të tillë, secili *Router* ose koordinatori mund të ketë fëmijë (nyje fundore), ndërsa ata konsiderohen prind. Ndërsa, nyjet fundor nuk mund të kenë të bashkangjitura nyje tjera fundore dhe nuk mund të jenë prind.

Fëmijët mund të komunikojnë vetëm me prindërit e tyre, ndërsa prindërit mund të komunikojnë me fëmijët e tyre dhe me prindërit e tyre [33]. E metë e kësaj topologjie është se nuk ka asnjë rrugë alternative, nëse lidhja dështon dhe duhet që të arrihet destinacioni i dëshiruar.

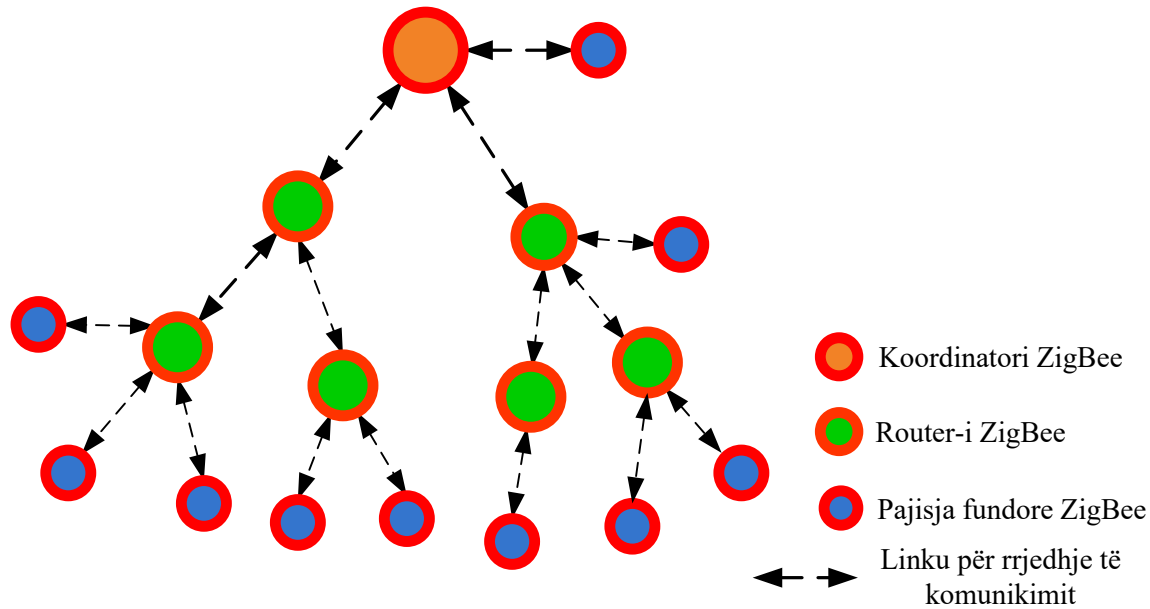


Figura 4.3. Topologjia pemë

Topologjia mesh – Kjo topologji mundëson komunikim të plotë *peer-to-peer* dhe kjo topologji në kuadër të rrjetit, përfshin një koordinator që identifikon komplet rrjetin. Megjithatë, logjika e komunikimit në këtë topologji është e decentralizuar, sepse në këtë topologji çdo nyje mund të komunikojnë drejtpërdrejt me çdo nyje tjetër, brenda rrezes së mbulimit. Kjo topologji e rrjetit mundëson një fleksibilitet të zgjeruar të komunikimit, mirëpo njëkohësisht kjo shkaktën edhe një kompleksitet shtesë për të ofruar një komunikim nga nyja transmetuese deri te ajo destinuese sepse në këtë rast të dhënat duhet të kalojnë nëpër shumë linçe dhe *hop-a*. Mirëpo, pavarësisht kësaj, topologjia *peer-to-peer* në krahasim me topologjinë yll është më e përshtatshme për WSN, sepse në një topologji të tillë nëse dështon një nyje, rrjeti nuk dështon, por trafiku orientohet në drejtim të një nyje tjetër. Kjo bën të mundur formimin e një topologjie të rrjetit vet organizuese mjaft komplekse. Duke pasur parasysh këto aftësi të fuqishme të vetë organizimit në raste të dështimit të nyjeve dhe ndërhyrjeve, kjo topologji është mjaft e përshtatshme për aplikime industriale dhe komerciale. Një jo përparësi është latencia e rritur e rrjetit për shkak të transmetimit të mesazhit. Gjithashtu, shfrytëzimi i energjisë është në mënyrë më racionale. Një topologji mesh është paraqitur në figurën 4.4.

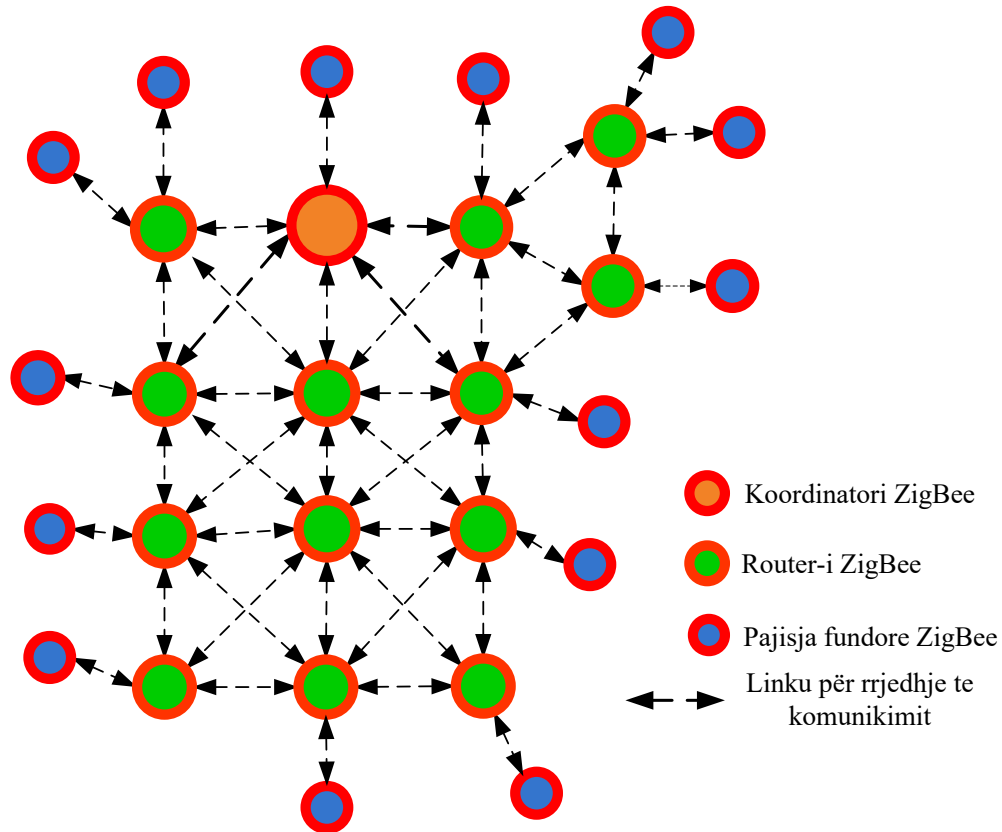


Figura 4.4. Topologjia mesh

Topologjia hibride - Një rrjet në formë hibride është një kombinim i topologjive, p.sh. yll dhe mesh. Rrjeti përbëhet nga grupe, ku secili grup ka një *Router ZigBee*, si kokë e grumbullimit e pajisjeve të shumta fundore *ZigBee*, si nyje gjethe. Një koordinator *ZigBee* fillon rrjetin dhe shërben si rrënjë. Rrjeti është i formuar nga marrëdhëniet prind-fëmijë, ku nyjet e reja që bashkëngjiten konsiderohen, si fëmijë të *Router-ve* ekzistuese. Një koordinator *ZigBee* mund të udhëzojë një fëmijë të ri për t'u bërë kreu i një grup të ri. Përndryshe, fëmija vepron si një pajisje fundore.

Kjo strukturë, e përcaktuar si një grupim hibrid, thjeshton rutimin nëpër hopa të ndryshëm dhe lejon ruajtjen efektive të energjisë. Çdo nyje mban sinkronizimin e shkëmbimit të të dhënave vetëm me *Router-in* e tij mëmë. Ndërsa, gjatë pjesës tjetër të kohës, nyjet mund të kursejnë energji, duke qëndruar në gjendjen e fjetur (*sleep*). Kjo nuk është e mundur në rrjetet mesh *peer-to-peer*, ku *Router-et* kanë nevojë për të pranuar në mënyrë të vazhdueshme, përkatësisht duhet të jenë në gjendje për të pranuar të dhëna nga çdo nyje në rrezën operuese. Një jo përparësi është se një dështim i një *Router-i ZigBee*, mund të shkaktojë mbetjen jetim të një numri të madh të nyjeve

fëmijë dhe nip, duke shkaktuar humbje të energjisë, gjatë ri-shoqërimit të rrjetit. Një topologji hibride *ZigBee* është paraqitur në figurën 4.5.

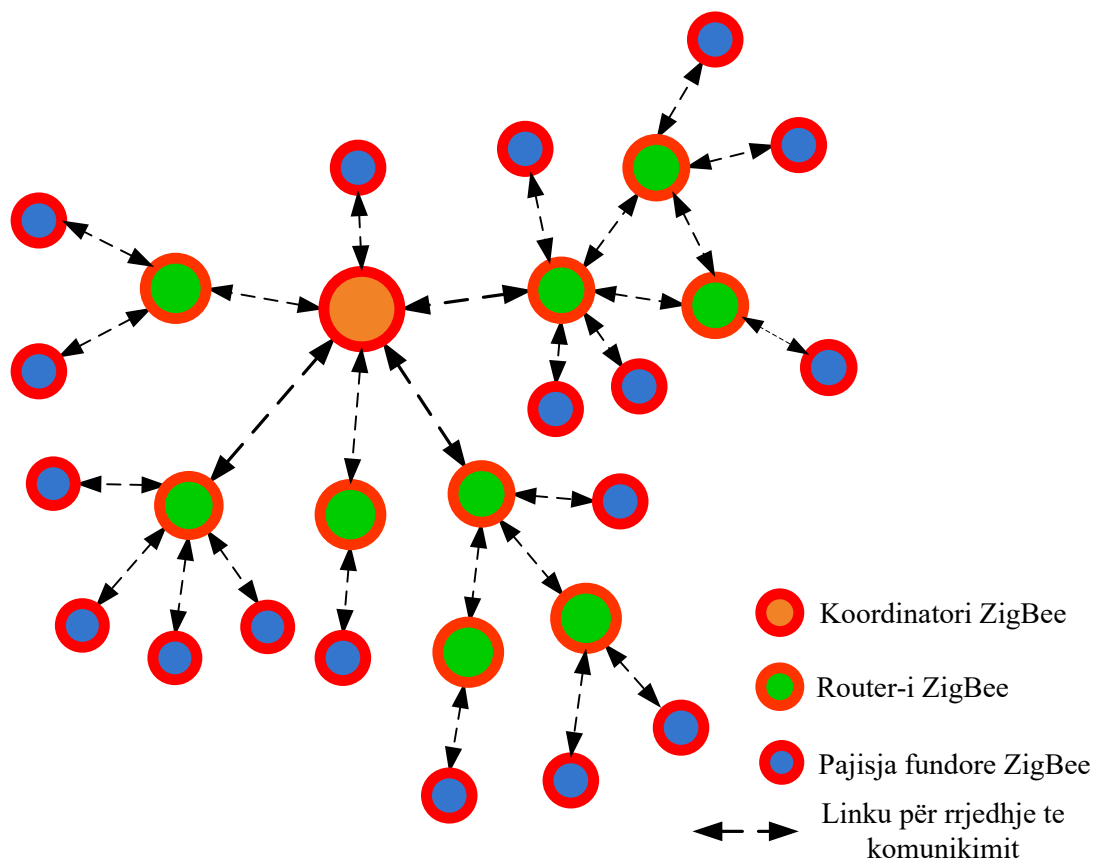


Figura 4.5. Topologjia Hibride

Teknologjia *ZigBee* mundëson lidhjen e objekteve të aplikacionit, me pikat fundore të cilat mundësojnë dallimin në mes të aplikacioneve dhe janë të ngjashme me portet TCP/UDP në rrjetin IP. Siç e cekem, rrjeti mund të përdor topologji të ndryshme, si: yll, *peer-to-peer*, pemë, etj. Secila nga këto topologji, përkatësisht rrjetë përbëhet nga pajisje *ZigBee*, si: koordinator, router dhe pajisje fundore, të cilat do ti shtjellojmë në vijim.

Koordinatori *ZigBee* - Secila topologji e rrjetit ka një pajisje të referuar si koordinator *ZigBee*, i cili kontrollon rrjetin. Koordinatori është nyja qendrore në topologjinë yll, ndërsa në topologjinë pemë është rrënja e pemës, ndërsa mund të gjendet, kudo në topologjinë *peer-to-peer*. Për të reduktuar ndërhyrjet, *ZigBee* përdor një mekanizëm të shkathët frekuencor, mekanizëm ky i cili i mundëson një pajisje individuale që të mund të raportoj ndërhyrjet eventuale (interferencat) dhe

të udhëzojë koordinatorin e rrjetit që të ndryshojë kanalin që përdoret në kuadër të rrjetit. Koordinatori dhe *Router-i* konsiderohen pajisje me funksione te plota në rrjet.

Router-i ZigBee – *Router-i* është pajisje e cila bënë pjesë në pjesën e mesme të rrjetit. *Router-et* janë pajisje të cilat zbulojnë dhe lidhen me koordinatorin ose me ndonjë *Router* tjetër. *Router-et* shërbejnë për të bërë zgjerimin e rrjetit, ashtu që të rritet hapësira e mbulimit [32].

Pajisjet fundore *ZigBee* – Pajisjet fundore, mund të zbulojnë dhe lidhen në një koordinator *ZigBee* ose në një *Router ZigBee*, si një pajisje me funksione te reduktuara (*RFD - Reduced Function Device*). Një pajisje fundore nuk merr pjesë në asociacion dhe nuk mund të realizoj rrugëtim të të dhënave. Me fjalë tjera, në kuadër të një pajisje fundore nuk mund të lidhet ndonjë pajisje tjetër fundore.

4.3 Modeli i protokolleve për WSN

Në të njëjtën mënyrë, si në rastet e rrjeteve kompjuterike, ku detyrat e komunikimit janë rregulluar përmes shtresave të standardizuara të modelit OSI, po ashtu edhe për rastin e rrjeteve sensorë pa tela, komunikimi është rregulluar përmes shtresave të standardizuara, ku përgjegjësit janë ndarë sipas shtresave. Me fjalë tjera, protokollet e rrjetit janë ndarë në disa shtresa që dallohen në bazë të përgjegjësi të tyre, të cilat së bashku formojnë një grumbull apo piramidë të protokolleve. Çdo shtresë ka përcaktuar saktësisht ndërfaqet, të cilat lejojnë një fleksibilitet sa i përket freskimit dhe ndryshimeve në implementimet e softuerit dhe harduerit në mënyrë modulare.

Siç e dimë, model OSI (*Open Systems Interconnection*) është një grumbull i protokolleve i cili është gjerësisht në përdorim dhe i cili përbëhet nga shtatë shtresa. Këto shtresa janë: shtresa e aplikacionit, prezantimit, sesionit, transportit, rrjetit, *data link*-ut dhe fizike. Shtresa e aplikacionit është shtresa më e lartë e cila përdor shtresat tjera. Shtresa e prezantimit konverton të dhënat e shtresës së aplikacionit në mënyrë që të dy skajet e komunikimit t'i kuptojnë ato. Shtresa e sesionit merret me seancën dhe koordinimin e lidhjes dhe fsheh gabimet që ndodhin në shtresat më të ulëta nga shtresa e aplikacionit. Shtresa e transportit menaxhon besueshmërinë e transferimit të të dhënave nga fillimi në fund dhe anasjelltas, si dhe zbaton kontrollin e rrjedhës, ashtu që të mundësoj shmangien e ndeshjeve. Shtresa e rrjetit, përcjell të dhënat nëpërmjet rrjetit, duke formuar një shteg te rutimit *multihop*. Shtresa e *data link*-ut, përgatit të dhënat për shtresën fizike, multiplekson rrjedhjen e të dhënave, kryen zbulimin e kornizës së të dhënave, qasjen në medium

dhe kontrollin e gabimeve. Ndërsa, shtresa e parë e modelit OSI-i, përkatësisht shtresa fizike, lidh këtë grumbull të protokolleve me mediumin transmetues.

Mirëpo, për shkak të kërkesave specifike të përdorimit të WSN, modeli i protokolleve të WSN ndryshon në mënyrë të konsiderueshme në krahasim me kompjuterët *desktop*. Fillimisht, ky dallim në mesë të modelit të protokolleve WSN, për dallim nga modeli OSI, i cili përbëhet nga 7 shtresa, përbëhet vetëm nga 5 shtresa të cilat janë: shtresa e aplikacionit, shtresa e transportit e WSN, shtresa e rrjetit e WSN, shtresa e linkut të të dhënave e WSN dhe shtresa fizike. Një krahasim i tillë është paraqitur edhe në figurën 4.6.

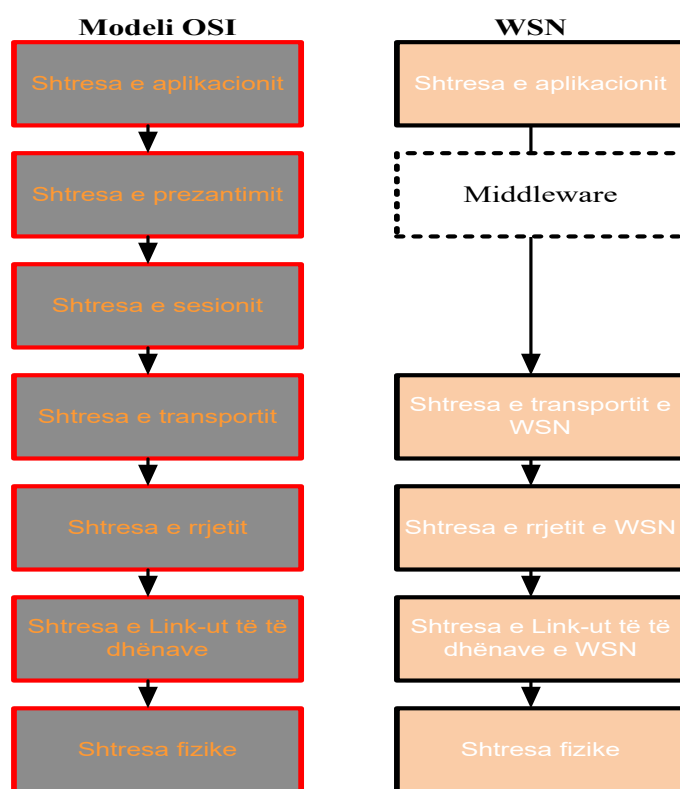


Figura 4.6. Modeli OSI dhe modeli për WSN

Siç shihet nga figura 4.6, në rastin e WSN, shtresa e sesionit nuk është përdorur, ndërsa edhe protokoli i transportit WSN, rrallë përdor kontrollin e rrjedhjes *end-to-end*. Shtresa e *middleware*, zbaton API për aplikimet WSN dhe mund të përmbajë funksionalitet të sofistikuar për ndarjen e detyrave dhe ndarjen e burimeve. Kjo shtresë shpesh është parë si pjesë e shtresës së aplikacionit. Në WSN, shtresat dhe protokollat më bazike janë: shtresa fizike dhe protokoli MAC në shtresën e *link-ut* të të dhënave, si dhe protokoli i rutimit në shtresën e rrjetit. Që të kemi një sqarim më të

detajuar në lidhje me funksionalitetin e modelit WSN, përkatësisht funksionalitetin e secilës shtresë veç e veç, në vazhdim do të shtjellojmë në detaje të pesë shtresat e modelit WSN.

Shtresa Fizike

Shtresa fizike është përgjegjës për konvertimin e rrjedhjes së bit-ve nga shtresa e data link-ut në sinjale që janë të përshtatshëm për transmetim mbi një medium komunikues. Për këtë qëllim, ajo duhet të merret me çështje si, zgjedhjen e mediumit transmetues dhe frekuencat, gjenerimin e frekuencës bartëse, modulimin e sinjalit dhe zbulimin, si dhe inkriptimin e të dhënave [34]. Përveç kësaj, kjo shtresë, duhet të merret me projektimin bazë të harduerit dhe ndërfaqeve të ndryshme elektrike dhe mekanike.

Shtresa fizike, mundëson implementimin e harduerit për pjesën komunikuese të një rrjeti, e cila mundëson transmetimin dhe pranimin e mesazheve, përkatësisht një bit ose simbol në një kohë. Në praktikë, shtresa fizike pranon simbolet analoge nga mediumi dhe i konverton ato në bit digjital për përpunim të mëtejshëm në shtresat më të larta të modeli të WSN. Funksionet në dispozicion të shtresës fizike në shumicën e radio dhënësve-marrësve janë zgjedhja e një kanali frekuencor dhe një fuqie transmetuese, modulimin e të dhënave të transmetuara dhe demodulimin e të dhënave të pranuar, sinkronizimin e simbolit dhe *clock-ut* të gjeneruar për të dhënat e pranuar [21].

Shtresa e *Data-Link-ut*

Shtresa *link-ut* të të dhënave është përgjegjës për multipleksimin e rrjedhjes së të dhënave, krijimin e kornizës së të dhënave dhe zbulimin e tyre, qasjen në medium dhe kontroll të gabimeve, në mënyrë që të sigurojë transmetim të besueshëm prej pike në pikë dhe prej pike në shumë pika. Një nga funksionet më të rëndësishme të shtresës së *data link-ut* është kontrolli i qasjes në medium (*MAC - medium access control*) [34]. Objektivi kryesor i MAC-it është që në mënyrë të drejt dhe në mënyrë efikase të bëjë ndarjen e burimeve të përbashkëta të komunikimit ndërmjet sensorëve, ashtu që të arrihet performancë e mirë e rrjetit në aspektin e konsumit të energjisë, si dhe kapacitetit të rrjetit. Megjithatë, protokollet MAC që aplikohen për rrjetet tradicionale pa tela nuk mund të aplikohen drejtpërdrejt në rrjetet sensorë pa u modifikuar sepse ato nuk i marrin në konsideratë karakteristikat unike të rrjeteve sensorë, në veçanti, kufizimet e energjisë [35]. Në rrjetet sensorë, shqetësimi kryesor është ruajtja e energjisë e cila është jetike për një rrjetë sensorë. Për këtë arsye, një sasi e madhe e punës kërkimore është fokusuar pikërisht në protokollet MAC.

Një funksion tjetër, i shtresës *data link*-ut, është kontrolli i gabimeve në transmetimin e të dhënave. Në shumë aplikime, rrjetet sensorë janë vendosur në mjedise ku gjatë komunikimit janë të pritura gabimet. Në këto raste, kontrolli i gabimeve bëhet i domosdoshëm dhe kritik për rritjen e besueshmërisë së lidhjes ose transmetimit të të dhënave në mënyrë të besueshëm. Në përgjithësi, ekzistojnë dy mekanizma kryesor të kontrollit të gabimit: *Forward Error Correction (FEC)* dhe *Automatic Repeat request (ARQ)* [34]. ARQ realizon transmetimin e të dhënave në mënyrë të besueshme nga ritransmetimi i paketave të humbura të të dhënave ose kornizave. Natyrisht, ritransmetimi shkakton në mënyrë të konsiderueshme rritjen e konsumit të energjisë dhe për këtë arsye ARQ nuk është i përshtatshëm për rrjetet sensorë. Ndërsa FEC ofron një besueshmëri të *link*-ut komunikues, duke përdorur kode të kontrollit të gabimeve gjatë transmetimit të të dhënave, mirëpo kjo metodë paraqet kompleksitet shtesë të kodimit dhe dekodimit, e kjo kërkon burime shtesë për përpunimet në sensorë [34]. Megjithatë, FEC mund të siguroj reduktim të numrit të bitëve gabim për ndonjë fuqi të caktuar të transmetimit. Duke pasur parasysh kufizimin e energjisë së sensorit, FEC është akoma zgjidhja më efikase për kontrollin e gabimeve në rrjetet sensorë.

Shtresa e rrjetit

Shtresa e rrjetit është përgjegjëse për vetë konfigurim të rrjetit dhe rrugëtim të të dhënave. Për konfigurim të topologjisë së rrjetit, shtresa e rrjetit zgjedh një mënyrë të përshtatshme operuese për një sensor dhe përcakton fqinjët më të përshtatshëm me të cilët mund të lidhet dhe të formojë rrugë të komunikimit. Topologjia e rrjetit freskohet kohë pas kohe në intervale të rregulla kohore, me qëllim që pas dështimeve të mundshme të sigurohet konektiviteti i rrjetit, si dhe optimizimi i jetës së rrjetit, duke balancuar konsumimin e energjisë në mes sensorëve në rrjetë.

Shtresa e transportit

Në përgjithësi, shtresa e transportit është përgjegjëse për dërgimin e të dhënave në mënyrë të besueshme nga *end-to-end* në mes të sensorëve dhe *sink*-ut. Për shkak të energjisë, llogaritjes dhe kufizimeve të ruajtjes së sensorit, protokollet tradicionale të transportit nuk mund të jenë aplikuar direkt në rrjetet sensorë pa modifikim.

Shtresa e transportit kryen kontrollin e rrjedhjes për të rregulluar rrjedhjen e trafikut, përmes rrjetit në pajtim me mbingarkesën e vërejtur. Shtresa e transportit është gjithashtu përgjegjëse për kontrollim të gabimeve [35] të shtresës më të lartë, ashtu që të detektoj kornizat e humbura apo te korruptuara, jo te kuptuara nga shtresa e *data link*-ut (*DLL*). Për shkak të niveleve të ulëta të fuqisë

transmetuese dhe kushteve të vështira të operimit në WSN, besueshmëria e *link*-ut është shumë më e keqe se në rrjetet konvencionale me tela dhe pa tela. Kështu, është më e mundshme që të kryhet kontrolli i rrjedhjes dhe gabimit në mënyrë të ndarë (veç e veç) për çdo *hop* sesa të realizohet nga fundi - në - fund, si në rrjetet konvencionale.

Përveç kësaj, shtresa e transportit kryen fragmentim për ndarjen e të dhënave të shtresës më të lartë, përkatësisht shtresë së aplikacionit në segmente të vogla të përshtatshme për shtresën e *link*-ut të të dhënave. Me fjalë tjetër, shtresa e transportit ri rendit dhe ri grumbullon segmentet e të dhënave të pranuar, në paketa të të dhënave të aplikueshme për shtresën e aplikacionit.

Shtresa e Aplikacionit

Shtresa aplikacionit përfshin një shumëllojshmëri të protokolleve të shtresës së aplikacionit, që kryejnë aplikime të ndryshme të rrjeti sensorë, të tilla si shpërndarja e pyetjes, lokalizimi i nyjës, sinkronizimi i kohës dhe siguria e rrjetit. Për shembull, protokoll i menaxhimit të sensorit (*SMP - Sensor Management Protocol*) është një protokoll i menaxhimit i shtresës së aplikacionit, i cili i siguron softuerit të kryej një sërë detyrash, për shembull, shkëmbimin e të dhënave në lidhje me lokacionin, sinkronizimin e sensorëve, lëvizjen e sensorëve, planifikimin e sensorëve dhe pyet për statusin e sensorëve [34], [36].

Kapitulli 5

5. Një analizë e aktiviteteve ndërkufitare dhe propozimi i arkitekturës për rritje të sigurisë kufitare

Hyrje

Sigurimi i kufijve shtetëror është qëllimi kryesor i çdo vendi. Sot ende shumë shtete, monitorimin e vijës së gjelbër kufitar e realizojnë përmes sistemeve konvencionale. Pra, monitorimi i kufirit realizohet përmes patrullave policore ose ushtarake. Këto patrulla realizojnë kontrollin e vijës kufitare, fizikisht në intervale të caktuara kohore. Monitorimi i tillë i kufirit, përpos që nuk mund të realizoj kontroll të vazhdueshëm, është edhe shumë i mundimshëm. Siguria e kufirit, sipas kësaj metode të monitorimit, varet drejtpërdrejt nga faktorit njëri. Aplikimi i sistemeve konvencionale për patrullim të kufirit, varen drejtpërdrejt nga përfshirja intensive e njeriut, si dhe nuk ofrojnë një siguri të plot të kufirit.

Kohët e fundit, për sigurim të kufijve, sistemet në përbërje të tyre përfshinë pajisje të teknologjisë së lartë, të tilla si, sensorë të ndryshëm pa mbikëqyrje, mjete ajrore pa ekuipazh, kulla vëzhguese të pajisura me kamera me rezolucion të lart, etj. Megjithatë, këto sisteme ballafaqohen me probleme të shumta, sidomos sa i përket aplikimit të tyre përgjatë zonave kufitare me terrene të vështira dhe të mbuluara me pyje të larta.

Në këtë kapitull, fillimisht do të trajtojmë nevojat që kanë autoritetet e sigurisë në lidhje me aplikimin e teknologjisë për vëzhgim dhe sigurim të kufijve shtetëror. Pastaj, do të merremi me definimin e problemeve dhe analizimin e skenarëve të mundshme përgjatë vijës së gjelbër kufitare. Pastaj, do të analizojmë teknikat dhe sistemet ekzistuese të vëzhgimit që aplikohen përgjatë vijës së gjelbër kufitare, si dhe sfidat me të cilat karakterizohen.

5.1 Nevojat për monitorim dhe sigurim të kufijve shtetërorë

Edhe pse sot, siguria ndërkufitare në shumë shtete të botës është rritur, ende në botë ka mjaftë konflikte dhe probleme me mbrojtjen dhe sigurimin e kufijve shtetëror, si në Irak, Siri, Afganistan, etj. Probleme me sigurimin e kufijve shtetëror kanë jo vetëm shtetet, si: Iraku, Siria, Afganistani, por edhe shtetet e zhvilluara të botës, si: Shtetet e Bashkimit Evropian, SHBA, Turqia, etj., por

këto shtete për dallim nga shtetet e para, siguria e tyre kufitare kërcënohet nga: kalimet e emigrantëve, kalimet e kontrabanduesve të drogës dhe armëve, etj.

Mos marrëveshjet mbi vendndodhjen e kufijve janë ndoshta kontribuuesi më i madh i tensioneve ndërkombëtare. Mungesa e respektit për kufijtë zyrtarë të një vendi, duke bërë ndërhyrje të paligjshme ndërkufitare, gjithashtu kontribuon në rritjen e tensioneve dypalëshe dhe rajonale. Ndërhyrjet në mënyrë ilegale mund të realizohen, duke kaluar ilegalisht kufirin për qëllime të ndryshme, si: ekonomike, politike, terroriste, ushtarake, të inteligjencës, emigracion, prostitucion, etj.

Konceptualisht, siguria e kufijve të një shteti mund të arrihet ose të paktën të tentohet të arrihet në dy mënyra: njëanshëm ose përmes bashkëpunimit (dypalëshe ose shumëpalëshe). Metodat e një anshme, zakonisht mbështeten në përdorimin e forcave ushtarake ose policore për parandalimin e aktiviteteve ilegale që si burim kanë vendin fqinj. Në këto raste, kufijtë e vendit do të bëhen zona të fortifikuara përmes teknikave të vëzhgimit, barriera fizike, forca ushtarake dhe policore të armatosura rënd, etj.

Zgjidhja e bazuar përmes veprimeve ushtarake për të siguruar kufijtë shtetëror, shpeshherë kanë efekte të padëshiruara dhe mund të ndikojnë në acarimin e më tej të tensioneve në rritje midis dy fqinjëve. Prandaj, një mbrojtje dhe siguri i tillë i kufijve shtetëror gjithmonë duhet të vijë në veprim, vetëm kur nuk ka ndonjë rrugë tjetër zgjidhje.

Një siguri i kufijve ndërshtetëror, më i dëshirueshëm dhe më i lehtë për tu realizuar është nëse shtetet fqinje krijojnë një besim dhe respektim të kufijve në mënyrë të ndërsjellë. Bashkëpunimi kërkon një ndryshim në qëndrimet qeveritare dhe konceptet rreth sigurisë së kufijve. Modeli i bashkëpunimit do të thotë se të dyja shtetet do të jenë më mirë të mbrojtura, duke siguruar secili kufijtë e vendit të tij dhe duke shkëmbyer informatat e nevojshme në mënyrë të anasjelltë, ashtu që të informojnë njëri tjetrin mbi veprimtaritë kriminale ndërkufitare, që mund të ndodhin ose që janë duke ndodhur. Për të rritur një bashkëpunim të tillë, është e nevojshme të merren masa të reja të tilla, si: krijimi i komandave të përbashkëta të kontrollit, emërimi i personave përgjegjës të ndërlidhjes me forcat fqinje, vendosjen e komunikimit të përbashkët të sistemeve, etj. Bashkëpunimi i tillë, natyrisht, varet shumë nga marrëdhëniet politike në mes dy vendeve. Për shembull, një gjë e tillë është shumë e lehtë të realizohet ndërmjet Shqipërisë dhe Kosovës.

Duke u nisur nga parimi se, për t'i ikur ligjit gjithmonë kërkohen rrugë alternative, atëherë edhe kriminelet, që të realizojnë synimet e tyre, gjithmonë tentojnë që të zgjedhin rrugë dhe shtigje

përgjatë kufirit shtetëror që janë më pak të mbrojtura nga autoritetet e sigurisë, ashtu që synimet e tyre të mund të realizohen. Kështu, për parandalimin e keqpërdoruesve të ndryshëm, që si synim kanë gjithmonë veprimet kriminale ndërkufitare, çdo shtet varësisht nga kushtet ekonomike dhe faktorët gjeopolitik me të cilët karakterizohet, krijon strategji dhe politika të mbrojtjes, sigurimit dhe monitorimit të kufijve shtetëror.

Kontrolli dhe siguri i kufijve kombëtarë të një vendi është një element kyç në vetë sovranitetin e atij vendi [37]. Secili shtet mund të ketë kufij që karakterizohen me sfida që mund të jenë të ndryshme me ato të shteteve tjera. Prandaj, edhe sistemi vëzhgues i vendosur përgjatë vijës kufitare shtetërore të një shteti mund të mos jetë i përshtatshëm për një vend tjetër.

Duhet cekur se sot ende shumë shtete, monitorimin e vijës së gjelbër kufitar e realizojnë përmes sistemeve konvencionale. Mirëpo, viteve të fundit ka ndryshuar komplet koncepti i të menduarit në lidhje me krijimin dhe projektimin e strategjive kombëtare të mbrojtjes së vijës së gjelbër kufitare. Një nga strategjitë, që disa shtete në vende të ndryshme të botës, janë duke e menduar dhe që janë në implementim të sajë, sidomos gjatë kufirit të gjelbër, është teknologjia e sensorëve, përkatësisht rrjetet e sensorëve. Këtë teknologji do të shtjellojmë në detaje në këtë kapitull dhe kapituajt në vijim.

5.2 Analizimi i disa rasteve të mundshme të vijës së gjelbër kufitare

Stabiliteti ekonomik dhe gjeopolitik i një shteti, jashtëzakonisht shumë varet nga menaxhimi i duhur i kufijve ndërshtetëror të tij. Synimet e pothuajse çdo shteti janë që këtë stabilitet të arrin, duke mundësuar në mënyrë legale, qarkullimin e lirë të mallrave dhe njerëzve. Me qarkullim legal kuptojmë kalimin e mallrave dhe njerëzve në përputhje me ligjet në fuqi të një shteti, përgjatë pikave kufitare, çoftë tokësore apo ajrore. Për të shtjelluar në detaje mundësit e kalimeve ndër kufitare, fillimisht është e rëndësishme që të bëhet një ndarje e vijës kufitare, varësisht nga menaxhimi i saj. Me vijë kufitare të një shteti nënkuptohet vija që ndanë territorin e atij shteti me shtetet tjera fqinjë. Kjo vijë kufitare njëherësh është edhe kufij shtetëror. Kufiri shtetëror i një shteti mund të ndahet në: **tokësorë, ujor dhe ajror** [38].

Në kuadër të këtyre kufijve shtetëror, secili shtet definon vendet ku njerëzit, mallrat dhe pasuritë e tundshme, mund të kalojnë kufirin në mënyrë legale gjatë orarit të punës. Këto vende që mundësojnë kalimin e mallrave, njerëzve, etj., në mënyrë legale sipas ligjeve në fuqi të atij shteti

njihen si, **pika të kalimit kufitare të atij vendi** (këtu, përfshihen edhe aeroportet të cilët mundësojnë një komunikacion ndërkombëtarë) [38].

Kufiri tokësor – njihet edhe si “kufij i gjelbër” dhe nënkupton çdo vijë kufitare në mes të atij vendi dhe vendeve fqinjë, me përjashtim të pikave zyrtare të kalimit.

Kufiri ujor – njihet edhe si “kufij i kaltër” dhe nënkupton çdo hapësirë ujore ndërmjet atij vendi dhe vendeve fqinjë me përjashtim të pikave zyrtare të kalimit.

Kufiri ajror – nënkupton tërë vijën ajrore ndërmjet atij vendi dhe vendeve fqinjë.

Kufiri i gjelbër, në shumë shtete përbën pjesën kryesore të kufirit. Kjo pjesë e kufirit në shumë shtete është kufiri më problematik, në lidhje me aplikimin e sistemeve për monitorim dhe sigurim. Para se të fillojmë me diskutimin e teknikave të monitorimit të kufijve, fillimisht do të analizojmë disa skenarë të mundshme, përgjatë vijës së gjelbër kufitare, si:

Skenari 1 - Këto zona janë më të vështira për vëzhgim, sepse janë të përbëra nga male, shkëmbinj dhe kullosa, dhe janë të karakterizuara nga terrene të pjerrëta. Në një skenarë të tillë të paraqitur në figurën 5.1, gjetet do të krijojnë mjaftë vështirësi për monitorim nga ajri, apo përmes kamerave me rreze të gjatë operimi, por ato do të jenë mburojë mjaftë e mirë për kaluesit ilegal. Kriminelët, duke pasur parasysh vështirësitë që kanë autoritetet e sigurisë për monitorim të këtyre rajoneve, shpeshherë mund të jenë edhe cak i tyre për kalim ilegal. Prandaj, vija kufitare si në skenarin e prezantuar në figurën 5.1, hynë në një nga zonat ndër më të vështirat për monitorim.

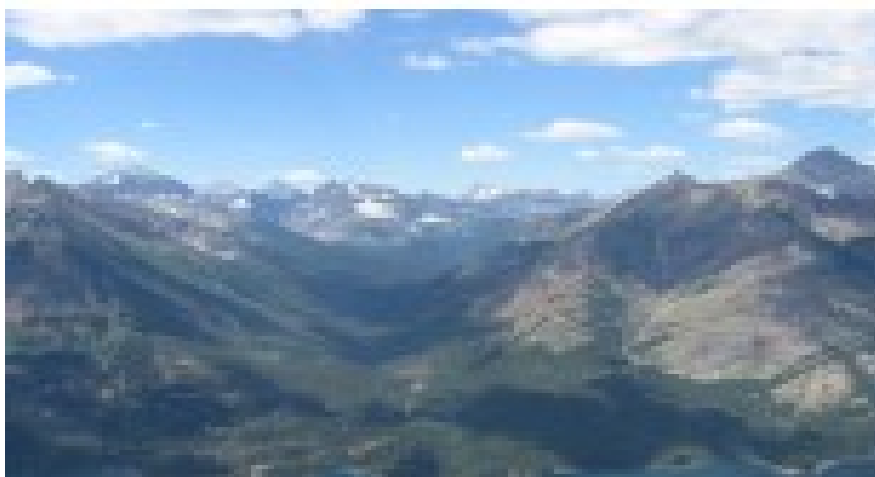


Figura 5.1. Skenari me gjethe, shkëmbinj dhe kullosa

Skenari 2 – Në skenarin e paraqitur në figurën 5.2, kemi paraqitur një rast tjetër të mundshëm përgjatë vijës së gjelbër kufitare. Siç shihet nga figura 5.2, në këtë rast kemi të bëjë me një skenar,

ku pjesa më e madhe e kufirit është e karakterizuar me shkëmbinj dhe kullosa. Pra, siç shihet nga figura 5.2, në krahasim me skenarin 1 dhe 3, kjo zonë kufitare është e zhveshur nga pyjet. Megjithatë, janë zona kufitare mjaftë të pjerrëta, të cilat përfshinë mjaftë skuta që është shumë vështirë të monitorohen, nga sistemet monitoruese tokësore, si dhe nga sistemet ajrore [38].

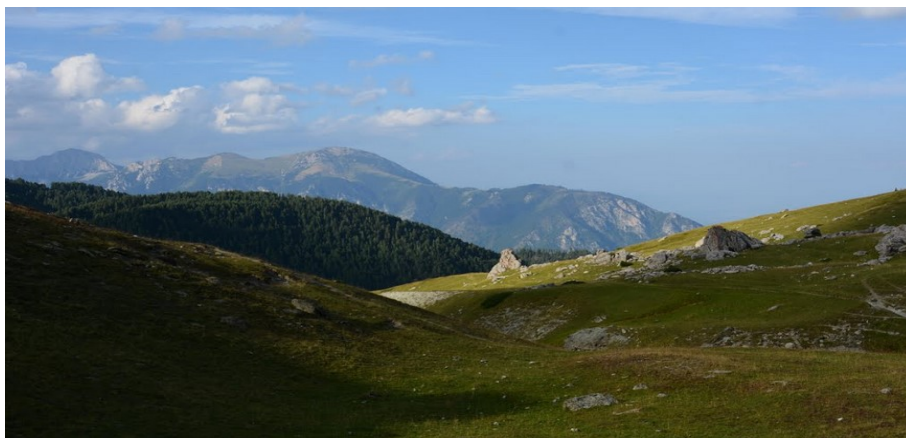
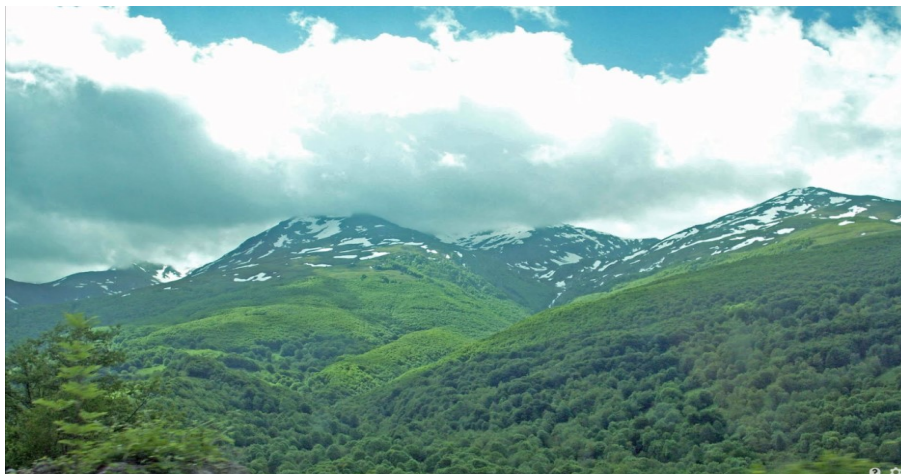


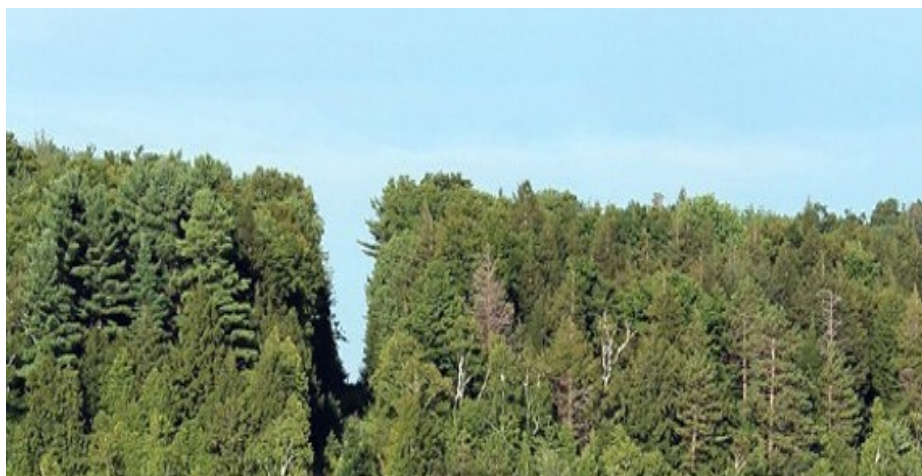
Figura 5.2. Një skenar i mundshëm përgjatë kufirit me shkëmbinj dhe skuta

Skenari 3. Në këtë skenar është prezantuar një rast tjetër i mundshëm, përgjatë vijës së gjelbër kufitare, ku zona përgjatë vijës kufitare është e mbuluar me pyje të larta. Një rast i tillë është paraqitur në figurën 5.3, respektivisht 5.3a dhe 5.3b. Në figurën 5.3b, është paraqitur një rast, ku përgjatë vijës kufitare, terreni (zona) është përafërsisht i rrafshët, por i mbuluar me pyje të larta. Ndërsa, në figurën 5.3a është paraqitur përafërsisht një rast i njëjtë, por në këtë rast zona kufitare është më e pjerrët.

Në rastet e paraqitura në skenarin 3, monitorimi i vijës ndërkufitare me pajisje me rreze të gjatë operimi është pothuaj se i pa mundur. Gjithashtu, vëzhgimi, përmes fluturakeve është i pa suksesshëm. Pikërisht, vështirësitë e monitorimit të këtyre zonave mund t'i bëjnë, këto zona mjaftë tërheqëse, për kriminelët. Duhet theksuar se, këto zona karakterizohen me pyje mjaftë të larta dhe të dendura, si dhe janë në shumë pjesë, pothuajse të pakalueshme. Mirëpo, mund të ketë mjaftë kafshë të ndryshme që jetojnë në këto zona dhe të cilat krijojnë shumë shtigje, të cilët mund të përdoren lehtësisht nga kriminelet, për tu futur në brendësi të territorit shtetëror, në mënyrë që të realizojë qëllimet e tyre [38].



a) Një skenar përgjatë vijës së gjelbër kufitare Kosovë-Shqipëri.



b) Një skenar tjetër me pyje të larta dhe të dendura përgjatë vijës së gjelbër kufitare.

Figura 5.3. Skenarët e mundshëm përgjatë vijës së gjelbër kufitar me pyje të larta

Skenari 4. Në figurën 5.4 është paraqitur një tjetër skenar i mundshëm përgjatë vijës kufitare. Nga figura 5.4, mund të shohim se në këtë rast, ne kemi të bëjmë me një vijë kufitare të rrafshët dhe pa pyje. Kështu që, ky është edhe skenari më i lehtë i mundshëm përgjatë vijës kufitare. Në këtë rast në krahasim me skenarët tjera, vëzhgimi dhe siguria e vijës kufitare është shumë më i lehtë nga autoritetet e sigurisë. Përgjatë, një vije të tillë kufitare mund të jenë instaluar dhe aplikuar teknologji dhe sisteme të ndryshme të sigurisë. Me fjalë tjera, në këtë rast nuk do të ketë kufizime sa i përket ambientit, në krahasim me rastet tjera të prezantuara në figurën 1-3, ku vendosja e

teknologjive kërkon angazhim dhe kosto të lartë, e në disa raste është pothuajse i pa mundshëm aplikimi.



Figura 5.4. Një skenar tjetër përgjatë vijës së gjelbër kufitare me sipërfaqe të rrafshet

Në këtë seksion, ne analizuam disa skenar të mundshëm përgjatë vijës së gjelbër kufitare, duke filluar nga ato më të lehta për vëzhgim (figura 5.4) deri te ato më të vështira për vëzhgim (figura 5.3) nga autoritetet e sigurisë.

Që të realizohet një ngritje e sigurisë ndërkufitare, çdo shtet realizon strategji të ndryshme çoftë edhe duke krijuar marrëveshje bashkëpunimi me shtetet fqinjë, si dhe përmes bashkëpunimit me agjenci të ndryshme kombëtare dhe ndërkombëtare që janë të lidhura drejtpërdrejt ose indirekt në lidhje me rritjen e sigurisë përgjatë vijës kufitare. Një bashkëpunim i tillë midis shteteve dhe agjencive të ndryshme kombëtare dhe ndërkombëtare, me një qëllim të vetëm, rritja e sigurisë ndërkufitare, njihet me termin, Menaxhim i Integruar i Kufijve (MIK).

5.3 Menaxhim i integruar i kufijve

Menaxhimi i integruar i kufijve, nënkupton bashkërendim dhe bashkëpunim kombëtar dhe ndërkombëtar, ndërmjet të gjitha autoriteteve përkatëse dhe agjencive të përfshira në ngritjen e sigurisë kufitare, me qëllim të arritjes së objektivit që të kemi kufij të hapur, por të mirë - kontrolluar nga autoritetet e sigurisë.

Strategjia e Menaxhimit të Integruar të Kufjeve, përqendrohet në agjenci kryesore që kanë përgjegjësi të drejtpërdrejt për kontrollin dhe sigurimin e kufirit, si:

1. Policia Kufitare,
2. Shërbimi Doganor,

3. Shërbimi Veterinar dhe
4. Fito-sanitare.

Bashkëpunimi ndërmjet agjencive, përfshin të gjitha agjencitë e përfshira në menaxhimin e kufirit. Ky bashkëpunim kërkon kontakte operacionale, ndërmjet personelit të pikave të kalimit kufitar, si dhe komunikim dhe koordinim me autoritetet relevante qendrore. Bashkëpunimi ndërmjet agjencive, vë në dukje katër fusha në veçanti:

1. Përpunimin e informacioneve në mënyrë të koordinuar në pikat e kalimit kufitar dhe operacionet e përbashkëta në kufij;
2. Sisteme qendrore të integruara të teknologjisë së informacionit;
3. Rritjen e ndërgjegjësimit dhe përgjegjësive të përbashkëta dhe
4. Përdorimin e përbashkët të infrastrukturës dhe pajisjeve.

Një menaxhim i integruar i kufirit sot përdoret nga vendet e Bashkimit Evropian dhe si sistem është mjaft i përshtatshëm që të ofroj lehtësi dhe efikasitet në menaxhimin e pikave kufitare të kalimit, por shumë shtete, sot nuk e kanë si problem menaxhimin e pikave të kalimit kufitar në krahasim me menaxhimin e kufirit të gjelbër, për të cilin problem është fokusuar pikërisht ky punim doktrate.

5.4 Aktivitetet e mundshme ndërkufitare

Sot në kufijtë ndërshtetëror mund të zhvillohen një numër aktivitete, të cilat mund t'i ndajmë në aktivitete legale dhe ilegale. Sa i përket aktiviteteve legale, besoj se nuk ka nevojë që të diskutohet shumë sepse në ato raste aktivitetet ndër kufitare realizohen në mënyrë të koordinuar dhe legale. Por, gjithmonë hulumtimet janë aktive që të krijohen edhe gjinden metoda sa më të avancuara që të mund t'i minimizojmë ose parandalojmë aktivitete ilegale të cilat janë aktivitete qëllim këqija që drejtpërdrejt do të kenë ndikim në rendin ekonomik, social, politik, etj., të një shteti. Prandaj që të jemi më të informuar në vijim do të shtjellojmë disa nga aktivitetet ilegale të mundshme ndërkufitare, si:

5.4.1 Terrorizmi

Sot, terrorizmi është kërcënim për shumë vende në mbarë botën, prandaj shumë nga këto vende janë duke bërë përpjekje të ndryshme që të parandalojnë ose eliminojnë celulatat e natyrave të ndryshme me qëllime terroriste. Terrorizmi modern sot kërcënon shumë vende dhe nuk është i kufizuar në zona të caktuara operuese. Një celulë terroriste mund të kalojë kufijtë politik dhe fizik

të një vendi për të sulmuar objektivat në vendet fqinjë. Lufta kundër terrorizmit është një detyrë e vështirë dhe mjaftë komplekse e cila kërkon një koordinim dhe angazhim të të gjithë mekanizmave të shtetit dhe më gjerë. Terrorizmi nuk përbën një kërcënim strategjik për një vend, por terrorizmi ka fuqinë që të ndryshojë opinionin publik dhe në këtë mënyrë të ndikojë në udhëheqjen dhe aktivitetet e saj. Prandaj, për parandalim të terrorizmit kërkohet veprimtari parandaluese, politike, ushtarake dhe operacionale. Supozimi themelor në luftën kundër terrorizmit është se "Terrorizmi nuk ka kufij" [39]. Kështu që, gjithmonë është mirë që shteti të jetë një hapë para grupeve terroriste, ashtu që t'i neutralizoj operacionet e tyre.

5.4.2 Grupet Guerile

Grupet guerile ndryshojnë shumë nga grupet terroriste sepse grupet guerile janë organizata paraushtarake. Veprimet e grupeve guerile, apo me fjalë tjera lufta e tyre, ka qëllime politike/ushtarak edhe disa nga karakteristikat që ekzistojnë në luftën konvencionale. Guerilet zakonisht për operim zgjedhin terrenet e thyeshme për realizimin e operacioneve të tyre sepse këto terrene ju japin një përparësi anëtarëve të këtyre grupeve. Në krahasim me terrorizmin, lufta guerile bëhet në zona të caktuara që janë të njohura edhe për luftëtarët. Lufta guerile, zakonisht karakterizohet me veprimet e vazhdueshme që ndërmerren përgjatë zonës kufitare. Shpeshherë, grupet guerile për të qenë më efikas, shfrytëzojnë zonat neutrale ndërmjet shteteve që të organizohen dhe pastaj operacionet i ndërmarrin sipas objektivave të caktuara. Operacionet e suksesshme guerile mund të lëndojnë, ndër të tjera, civil, qytetarë dhe qendra të aktiviteteve sociale dhe ekonomike, si dhe mund të ndikojnë në aktivitetet rajonale dhe kombëtare qeveritare. Pra siç u cek, grupet guerile shpesh herë funksionimin e tyre e sigurojnë, duke i shfrytëzuar kufijtë nderë shtetëror, përkatësisht duke u organizuar në një anë të kufirit, ndërsa operacionet guerile i ndërmarrin në anën tjetër të kufirit.

5.4.3 Infiltrimi i grupeve të ndryshme nga vendet fqinjë

Këto grupe, zakonisht infiltrohen mes vendeve armiqësore fqinjë, të cilat janë të interesuara që të shkatërrojnë apo të prishin qeverinë e vendit fqinj, duke krijuar brendapërbrenda veprimtari të ndryshme keqdashëse. Aktivitetet e tilla synojnë të krijojnë grupe apo celula politike për të kundërshtuar regjimin ekzistues. Një shtet që dëshiron të dëmtojë fqinjët e tij për arsye të ndryshme (zakonisht diplomatike ose gjeopolitik), do të mundohet vazhdimisht që të marr masa të ndryshme që të çojë përpara në mënyrë të suksesshme veprimtarin e synuar. Mirëpo, infiltrimi i celulave të

tilla përgjatë kufirit, pavarësisht përcaktimit të tyre, mund të shërbejnë, si forca të cilat do të provokojnë sigurinë ndërshtetërore dhe një gjë e tillë mund të krijoj konflikt me përmasa më të gjëra ndër kufitare. Aktivitetet e tilla mund të rrisin tensionet midis vendeve dhe mund të çojnë deri në një konfrontim të gjerë ushtarak me pasoja të paparashikuara.

5.4.4 Kontrabanda e drogës

Duke pasur parasysh vlerën e lartë financiare të drogës, ka bërë që droga të jetë një aktivitet mjaft tërheqës për kontrabandistët. Prandaj, për kontrabandim të drogës, shpeshherë shfrytëzohen rrugët ilegale ndër kufitare të cilat janë vështirë të kontrollueshme nga autoritetet e sigurisë. Kontrabandistët, sot kanë zhvilluar mjete të sofistikuar për kontrabandim të drogës, përtej kufijve shtetëror të një vendi apo disa vendeve. Për parandalim të një dukurie të tillë që është mjaftë shqetësuese, sot shumë shtete kanë ose janë duke menduar në implementimin e sistemeve të ndryshme vëzhguese, monitoruese, kontrolluese, si dhe mekanizmat e ndryshëm në pikat kufitare ose përgjatë vijës së gjelbër kufitare. Një pjesë të rëndësishme në kuadër të përpjekjeve për të ndaluar kontrabandën e drogës është vendosja e forcave ushtarake ose policore përgjatë kufijve shtetëror. Përveç kësaj, shtetet kanë krijuar sistemet të tilla që të realizojnë zbulimin e vendndodhjes së hapësirave të mbjella me bimë narkotike në pjesë të ndryshme të shtetit. Duhet theksuar se kontrabandistët të sfiduar nga policia, apo forcat e sigurisë kufitare, shpeshherë mund të bëhen edhe të dhunshëm. Gjithashtu, aktivitetet për luftimin e kontrabandës mund të çojnë në operacione ushtarake përgjatë kufirit, e të cilat mund të krijojnë tensione ndërkufitare.

5.4.5 Kontrabanda e produkteve për përfitime financiare

Kontrabanda e produkteve përbën një kërcënim për sovranitetin e vendit, kufijtë e të cilit janë duke u shfrytëzuar për kalime ilegale. Kontrabanda e produkteve, gjithashtu mund të ndikojë negativisht në marrëdhëniet ndërkombëtare. Për shembull, një situatë e caktuar gjeopolitik mund të shkaktojë që komuniteti ndërkombëtar të marrë masa dhe të vendosë embargo ndaj një vendi të caktuar, që do të ketë një goditje të drejtpërdrejtë në ekonominë e atij vendi. Si rezultat një vend fqinj i këtij shteti mund të shërbejë, si bazë për kontrabandë për në vendin i cili ka një izolim ndërkombëtarë. Ka dy karakteristika kryesore të kontrabandës ekonomike që mund të jenë të dëmshme për vendin fqinj, si vijon:

1. Kontrabanda e gjerave ekonomike në vendin fqinjë, përfundimisht mund të dëmtojë ekonominë e atij vendi.

2. Njerëzit që kontrabandojnë produkte për përfitime ekonomike nuk janë domosdoshmërisht të dhunshëm, mirëpo ata mund të përgjigjen me dhunë në rastet kur do të ketë përpjekje për të bllokuar aktivitetet e tyre. Kur marrëdhëniet mes vendeve fqinje janë të ndjeshme, ndërhyrjet e tilla ndaj kontrabanduesve, nëse ato përfundojnë në dhunë, mund të përkeqësojnë situatën ndërkufitare.

Bashkëpunimi në mes vendeve fqinje është i domosdoshëm për një parandalim të aktiviteteve të tilla. Nëse një bashkëpunim i tillë është i pamundur, çdo ndërhyrje e tillë, padyshim do të ndikoj në rritjen e tensioneve midis vendeve. Kërcënimi i një konflikti mes vendeve, si pasojë e kontrabandës është i vështirë të matet. Për të shmangur këtë dhe njëkohësisht të arrihen suksese në luftën kundër kontrabandës, shumë shtete preferojnë që të vendosin sisteme të avancuara vëzhguese, siç janë sistemi i kamerave dhe rrjetet e sensorëve.

5.4.6 Emigracioni ilegal

Gjendja ekonomike e vështirë në shumë vende të botës dhe kushtet e vështira për jetesë të komunitetit në këto vende, shpeshherë është edhe element përcaktues që detyron që shumë qytetarë të këtyre vendeve të marrin një rrugë aspak të lehtë, vetëm e vetëm që të gjejnë një jetë më të mirë në ndonjë shtet më të zhvilluar ekonomikisht. Por, duhet të theksohet se jo vetëm kushtet ekonomike ndikojnë në një emigrim ilegal. Sot, jemi dëshmitar që në shumë vende të botes, ka konflikte të armatosura që ka bërë që me miliona qytetar të jenë shpërngulur nga vatrata e tyre dhe duke kaluar në mënyrë ilegale në shtete tjera, vetëm e vetëm që t'i shpëtojnë konflikteve të armatosura.

Imigracioni i paligjshëm, përbën një kërcënim për rendin, kryesisht rendin ekonomiko-social të një vendi. Megjithatë, imigracioni i paligjshëm mund të prish ose luhet edhe sistemin politik, brenda atij shteti. Një popullsi ilegale e huaj, brenda një shteti, mund të shkaktojë tensione politike dhe sociale, që mund të dëmtojë popullatën lokale të përhershme dhe mund të minojë stabilitetin e qeverisë.

Duke pasur parasysh këto aktivitete të shumta ilegale që realizohen ndërmjet kufijve shtetëror të shteteve, vazhdimisht janë kërkuar modalitetet në ndaljen, apo zvogëlimin e këtyre aktiviteteve përgjatë kufijve shtetëror. Për ndaljen e këtyre aktiviteteve të paligjshme, shtetet përdorin operacione të ndryshme policore dhe ushtarake, e duke mos përjashtuar edhe përdorimin e teknologjive të ndryshme të cilat do të ndihmonin operacionet policore dhe ushtarake në kryerjen

e operacioneve të tyre me sukses. Një nga këto teknologji është vendosja e sistemeve vëzhguese të cilat do ti analizojmë në vijim.

5.5 Teknikat dhe sistemet ekzistuese për vëzhgim të vijës kufitare

Sigurimi i kufijve shtetëror, ka ekzistuar që nga ekzistimi i vetë shteteve. Mirëpo, teknikat e sigurimit të kufijve shtetëror kanë ndryshuar me kohë. Para disa viteve, siguria dhe monitorimi i vijës kufitare shtetërore është realizuar përmes patrullave kufitare ushtarake dhe policore. Siguria e kufirit është mbështetur tërësisht në faktorin njeri. Në këtë rast për një mbulim të plotë të vijës kufitare përmes patrullave policore ose ushtarake është e nevojshme një angazhim i një numri të konsiderueshëm të patrullave dhe stafit mbështetës. Rritja e numrit të patrullave të mbështetura kryesisht në faktorin njeri, ndikon drejtpërdrejt në rritjen e kostos. Përpos kostos, patrullimi realizohet në periudha të caktuara kohore. Kështu që, kontrolli i plot i vijës kufitare në këtë mënyrë është mjaftë e mundimshme, problematike dhe saktësia është e një niveli jo shumë të lartë, sepse kriminelët shumë lehtë, mund të detektojnë lëvizjet e patrullave kufitare dhe në momentin kur kanë hapësirë për kalim të kufirit, ata mund të realizojnë atë.

Me zhvillimin e teknologjisë, ka filluar të ndryshojnë edhe teknika e kontrollit të kufijve. Pra, ka filluar të ndryshoj koncepti i menaxhimit të kufijve shtetëror. Kështu, për të rritur efikasitetin e patrullave kufitare, përgjatë vijës kufitare është përfshirë teknologjia, si pjesë përbërëse e patrullave kufitare.



Fluturaket pa pilot



Qeni



**Pajisja komunikuese
shumë funksionale**



Kamera termike

Figura 5.5. Disa pajisje, si pjesë përbërëse e patrullave tokësore kufitare

Pajisjet që përdoren, si pjesë përbërëse e patrullave kufitare janë: pajisje të ndryshme për komunikim, fluturake pa pilot për detektim të kalimeve ilegale përgjatë kufirit, automjete mobile të pajisura me teknologji të avancuar, etj. Disa nga pajisjet që përdoren nga patrullat kufitare janë paraqitur në figurën 5.5 [40].

Një ndihmë shumë të madhe për patrullat kufitare ka dhënë futja në përdorim e fluturakeve pa pilot. Me koordinimin e aktiviteteve të patrullave kufitare dhe fluturakeve vëzhguese mund të arrihet që shumë kalime ilegale të kufirit të parandalohen apo të ndalohen. Përdorimi i fluturakeve pa ekuipazh për mbikëqyrje ajrore të kufirit, ka ndikuar në zbulimin më të lehtë të kalimeve përgjatë kufirit dhe ka mundësuar ndjekjen e kriminelëve, pas kalimit të kufirit. Për shkak të mbulimit të madh dhe lëvizshmërisë së lartë që kanë këto fluturake, përfshirja intensive e njeriut në aktivitete të vëzhgimit, përkatësisht patrullave kufitare mund të reduktohet. Pra përdorimi i këtyre fluturakeve drejtpërdrejt ndikon në reduktim të patrullave kufitare. Kështu që, burimet njerëzore mund të angazhohen në detyra tjera, siç janë ato të menaxhimit dhe analizimit të informacioneve të grumbulluara nga pajisjet e përdorura për vëzhgim të kufirit. Megjithatë, ngjashëm me sistemet e patrullës kufitare konvencionale, fluturaket pa ekuipazh të vetme nuk mund të mbulojnë komplet vijën kufitare në çdo kohë. Në këtë rast, mund të ketë raste kur pjesë të caktuara të kufirit nuk do të jenë të monitoruara nga pajisjet e tilla [40].

Këto fluturake, vazhdimisht nuk mund të mbajnë nën vëzhgim tërë vijën kufitare ose duhet të angazhohen një numër i madh i tyre. Gjithashtu, angazhimi i fluturakeve për mbikëqyrje të vijës kufitare për rastin e skenarit 1 dhe 3, nuk jep rezultate të mira sepse kriminelët shumë lehtë, mund të kalojnë kufirin pa u detektuar nga fluturaket. Me fjalë tjera, angazhimi i fluturakeve për monitorim të kufirit në rastet e skenarit 1 dhe 3, ofron mjaft hapësira të pa mbuluara që mund të shfrytëzohen për kalime ilegale.

Për më tepër, makinat pa ekuipazh kanë kosto të konsiderueshme dhe kërkon staf mjaftë të specializuar në mbikëqyrjen e aktiviteteve të këtyre avionëve. Përveç kësaj, kushtet e këqija atmosferike, si moti me shi dhe borë, mund të ketë efekt në kufizimin e aftësive mbikëqyrëse të tyre. Duke marr në konsideratë këto gjëra, që ne cekem mund të konkludojmë se përdorimi i këtyre avionëve pa ekuipazh, përveç kostos së lartë, lejojnë mjaft hapësira që nuk mund të mbikëqyren dhe të cilat mund të shfrytëzohen nga kriminelët për kalime ilegale të kufirit. Me qëllim të realizimit të mbikëqyrjes sa më të mirë të vijës kufitare, janë përdorur kullat vëzhguese të pajisura me kamera me rreze të gjatë veprimi. Mirëpo, këto kulla vëzhguese janë të përshtatshme

për ato zona, ku dukshmëria vëzhguese nuk është problem. Aplikimi i këtyre kullave është i përshtatshme për ato zona që janë përafërsisht, si në rastet e skenarit 4. Kullat vëzhguese nuk janë të përshtatshme të aplikohen në ato raste, si në skenarin 1 dhe 3.

Prandaj, me qëllim të gjetjes së një zgjidhje për ato raste ku teknologjitë ekzistuese nuk ofrojnë zgjidhje, në vitet e fundit është menduar përdorimi i teknologjisë së WSN përgjatë vijës kufitare. Kjo teknologji, nga disa autor, është menduar si teknologji shtesë, e teknologjive ekzistuese. Sot, në lidhje me aplikimin e WSN teknologjisë, përgjatë vijës kufitare, ne mund të gjejmë disa hulumtime dhe propozime konkrete.

Në [41] është prezantuar një arkitekturë hibride e rrjeteve sensorë pa tela për aplikim përgjatë vijës kufitare shtetërore. Kjo arkitekturë e sistemit, e quajtur nga autorët *BorderSense*, ka tri shtresa. Në shtresën e parë janë përfshirë, sensorët tokësor (që vendosen në sipërfaqe të tokës) dhe sensorët nëntokësorë, të cilët ofrojnë detaje për aktivitetet ilegale ndërkufitare. Në shtresën e dytë, janë përfshirë kullat e vëzhgimit të cilat përdoren për të përmirësuar saktësinë e sistemit nëpërmjet ofrimit të imazheve nga zona e monitorimit. Ndërsa në shtresën e fundit, është propozuar aplikimi i robotëve tokësorë mobil dhe fluturaket ajrore pa ekuipazh që ofrojnë mbulim shtesë dhe fleksibilitet.

BorderSense është një sistem koherent që koordinon teknologjitë e ndryshme, duke përfshirë edhe fluturaket pa ekuipazh, sensorë tokësor dhe nëntokësor të pambikëqyrur, si dhe kullat e vëzhgimit të pajisura me kamera me rreze të gjatë veprimi. Në veçanti, aplikimi i kamerave është menduar se do të mundësoj marrjen e rezultateve të sakta nga vendi i ngjarjes. Një arkitekturë e tillë është paraqitur në figurën 5.6 [41].

Kjo arkitekturë është e përshtatshme të aplikohet, kryesisht në ato zona kufitare, si në skenarin 5.4 ose të ngjashme. Me fjalë tjera, është e përshtatshme të aplikohet në ato zona që nuk karakterizohen me terrene të pjerrëta dhe të mbuluara me pyje të dendura, por nuk është e përshtatshme të aplikohet në ato zona kufitare, si në skenarin 5.1, 5.2 dhe 5.3. Aplikimi i një sistemi të tillë për skenarin 5.1, 5.2, 5.3, është me një kosto, pothuajse të pa përballueshme dhe shumë pajisje të përfshira në këtë sistem janë të pa nevojshme.

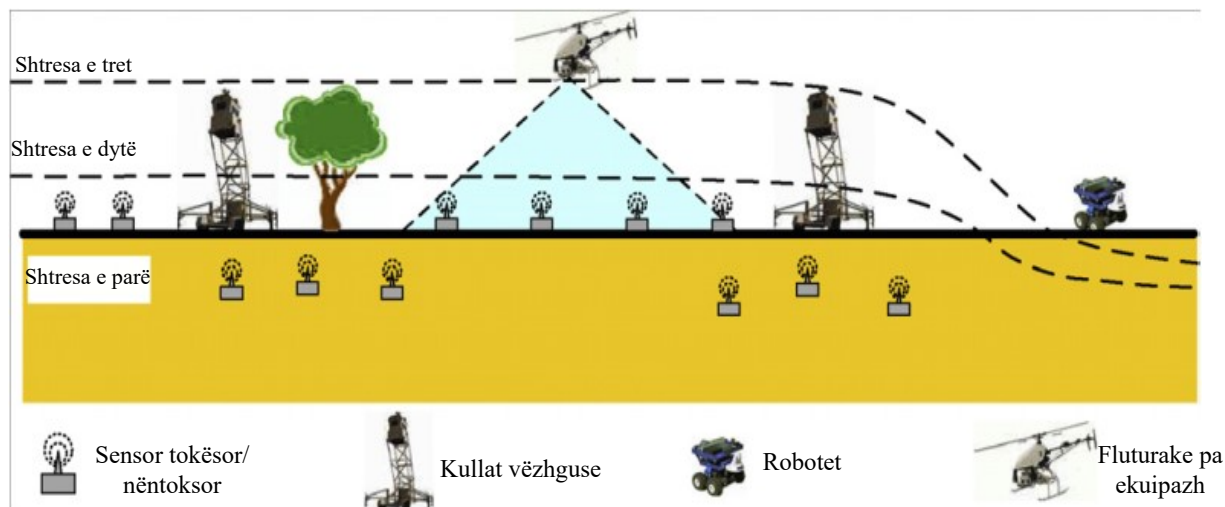


Figura 5.6. Arkitektura hibride *BorderSense* e rrjetit sensor pa tela

Në [42], autoret kanë prezantuar një arkitekturë WSN për aplikim përgjatë vijës kufitare shtetërore, si dhe kanë analizuar efektivitetin e zbulimit të kalimeve ilegale. Gjithashtu, kanë analizuar numrin e sensorëve të nevojshëm për të arritur një mbulim të caktuar të vijës kufitare, si dhe performancën e WSN. Arkitektura e propozuar nga autoret është paraqitur në figurën 5.7 [42]. Mirëpo, në këtë hulumtim autoret nuk i trajtojnë çështjet e ngritura nga ne në lidhje me aplikimin e kësaj arkitekture përgjatë vijës së gjelbër kufitare. Një arkitekturë e tillë, gjithashtu, nuk është e përshtatshme të aplikohet në ato zona kufitare, si në skenarin 5.1, 5.2 dhe 5.3.

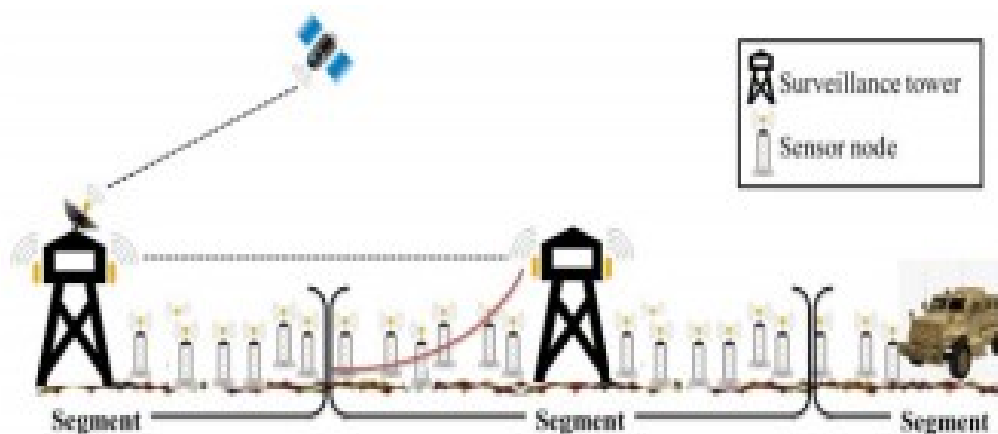


Figura 5.7. Arkitektura e WSN-së e propozuar nga autoret në [32]

Në [33], autorëve kanë prezantuar një platformë me emrin *FemtoNode*, platformë e cila është dedikuar për qëllime të vëzhgimeve ushtarake. Gjithashtu, autoret kanë propozuar një infrastrukturë të rrjetit e cila do të mundësonte optimizimin e performancës së platformës *FemtoNode*. Arkitektura e propozuar nga autoret është paraqitur në figurën 5.8. Për testim të platformës, sensorët janë shpërndarë përgjatë vijës kufitare dhe nëse ndonjë automjet kalon përgjatë zonës së mbuluar nga sensorët, sensorët do të lëshojnë një alarm, i cili do të dërgohet tek autoritetet e sigurisë dhe pastaj do të aktivizohen fluturaket pa ekuipazh. Këto fluturake të pajisura me një sistem të sofistikuar vëzhgues, siç janë radarët apo kamera me rreze të gjatë veprimi, do të mundësojnë identifikimin e automjetit i cili ka cenuar sigurinë ndërkufitare.

Mirëpo, duhet të theksohet se, kjo platformë e prezantuar nga autoret në këtë punim, nuk është e përshtatshme të aplikohet për rastet e vijës kufitare që janë paraqitur në skenarin 1, 2, dhe 3, sepse nuk trajton aspektet e sigurisë përgjatë vijës së gjelbër kufitare.



Figura 5.8. Arkitektura e *FemtoNode* e propozuar nga autoret në [43]

Në [44], autorët kanë propozuar një algoritëm në lidhje me rutimin e informacionit ndërmjet sensorëve, në kuadër të një WSN, të aplikuar përgjatë vijës kufitare. Një algoritëm i tillë, do të mundësojë që për të njëjtën ngjarje të ketë një numër minimal raportesh të dërguar nga sensorët tek lideri i grupit (*sink*) në lidhje me një ngjarje. Gjithashtu, sipas autorëve algoritmi mundëson që sensorët të kalojnë në gjendje gjumi në rastin kur nuk ka ndonjë lëvizje në zonën e monitoruar. Kjo, sipas autorëve do të ndikojë në kursimin e energjisë, si dhe drejtpërdrejt në rritjen e jetëgjatësisë së WSN-së.

Këto janë disa nga punimet të cilat kanë trajtuar aplikimin e WSN përgjatë vijës kufitare dhe problematikat e aplikimit të tyre. Mirëpo, duhet cekur se sot ekzistojnë disa punime që trajtojnë problematikat e ndryshme të WSN, por të cilat nuk do të analizohen në këtë punim.

Nga analizimi i teknikave dhe sistemeve ekzistuese, që aplikohen për sigurim të kufirit shtetëror, vërejtëm se ato nuk ofrojnë ndonjë zgjidhje të përshtatshme për skenarët 1, 2 dhe 4 të vijës së gjelbër kufitare, të cilët i kemi trajtuar në këtë punim. Prandaj, në vijim ne propozojmë një metodë të re të aplikimit të teknologjisë së sensorëve, përgjatë vijës së gjelbër kufitare, e cila do të ndikoj në përmirësimin e performancës së sigurisë përgjatë kufirit shtetëror.

Siç u diskutua, teknologjitë ekzistuese nuk ofrojnë ndonjë zgjidhje të përshtatshme për rritje të sigurisë, përgjatë vijës së gjelbër kufitare. Për më tepër, aplikimi i sistemeve ekzistuese përgjatë skenarëve 1, 2, dhe 3, janë me një kosto të lartë ose pothuajse të pamundur që të aplikohen. Nëse analizojmë skenarët 1 dhe 3, mund të shohim se kemi të bëjë me zona kufitare që karakterizohen me pyje të larta dhe mjaft të dendura, përgjatë të cilave është shumë vështirë të kalohet. Mirëpo, përgjatë këtyre pyjeve, mund të ketë shtigje të shumta që mund të jenë krijuar nga kafshët e egra të cilat mund të jenë të pranishme nëpër këto pyje. Gjithashtu, këto shtigje të kalimit mund të jenë krijuar nga faktori njëri për qëllime të ndryshme të shfrytëzimit të këtyre pyjeve. Këto shtigje, të krijuara nga kafshët ose faktori njëri, shumë lehtë mund të shfrytëzohen për kalime ilegale nga personat për qëllime kriminale.

Nga ana tjetër, këto shtigje do të jetë pothuajse e pamundur të monitorohen 24 orë, nga patrullat kufitare konvencionale apo fluturaket pa ekuipazh. Gjithashtu, aplikimi i kullave vëzhguese është i pasuksesshëm sepse përmes këtyre kullave është e pamundur të realizohet mbikëqyrje e shtigjeve dhe zonave kufitare, si rezultat i pyjeve të larta dhe zonave të thyeshme.

Për dallim nga skenari 1 dhe 3, skenari 2, karakterizohet me zona të pjerrëta, por pa pyje të larta, ku dukshmëria është më e mirë. Në zonat që janë të llojit të skenarit 2, mund të aplikohen edhe teknologjitë e analizuara në këtë punim, si kullat vëzhguese, fluturake pa pilot, etj.

Më qëllim të monitorimit të këtyre shtigjeve përgjatë pyjeve me terrene mjaftë të thyeshme dhe pyje të larta, përkatësisht monitorim të vijës së gjelbër kufitare, ne në këtë punim propozojmë aplikimin e një arkitekture dhe teknologjie të re. Me qëllim të monitorimit sa më të mirë të këtyre shtigjeve dhe vijës së gjelbër kufitare, ne propozojmë aplikimin e WMSN.

5.6 Arkitektura e rrjetit e propozuar për aplikim përgjatë vijës së gjelbër kufitare

Arkitektura e një sensori multimedial është paraqitur në figurën 3.1. Në vazhdim do të paraqesim arkitekturën e rrjetit të propozuar për aplikim përgjatë vijës së gjelbër kufitare. Kjo arkitekturë përmban në përbërjen e saj sensorë multimedial pa tela. Këta sensorë multimedial mundësojnë kapjen e imazheve nga zona e monitorimit. Imazhet e kapura nga sensorët, barten përmes rrjetit deri në stacionet më të afërta kufitar dhe pastaj deri në stacionin qendror (qendrën e monitorimit) [45] [46] për analizim të më tejshëm të informatave. Pas marrjes së imazheve nga zona kufitare, varësisht nga shkalla e rrezikut, autoritete e sigurisë ndërmarrin veprimet e nevojshme. Ndërsa, dërgimi dhe analizimi i informatave në qendrën e monitorimit realizohet për qëllime statistikore, marrje të masave për përmirësim të sigurisë, koordinim të njëjësive, etj. Në figurën 5.9 është paraqitur arkitektura e propozuar e rrjetit me sensorë multimedial pa tela për aplikim përgjatë vijës së gjelbër kufitare [40].

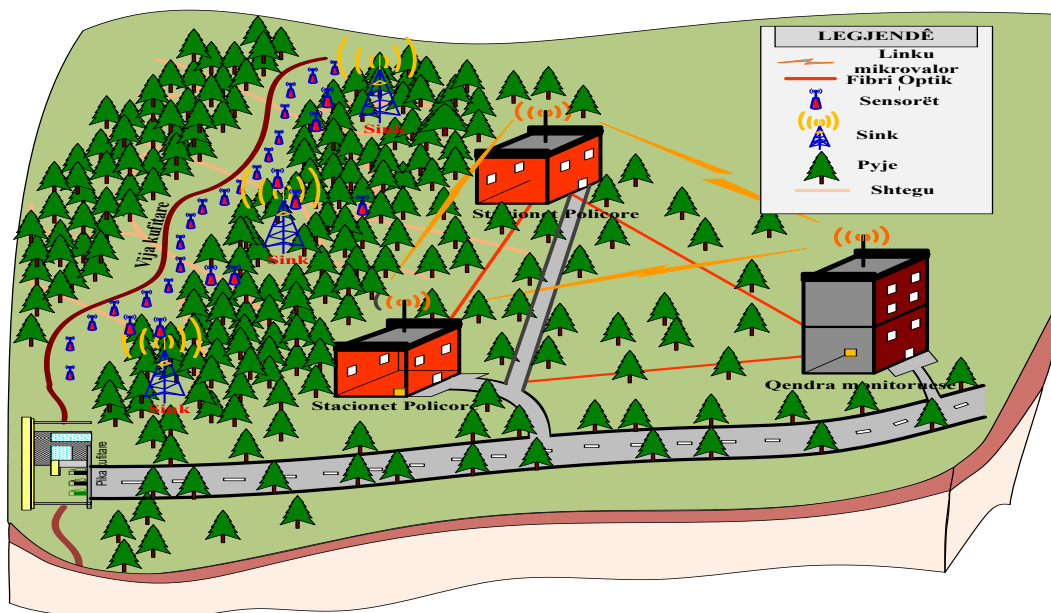


Figura 5.9. Arkitektura e propozuar e WMSN për aplikim përgjatë vijës së gjelbër kufitare

Nga figura 5.9, shihet se arkitektura e propozuar e rrjetit është ndarë në tri pjesë. Pjesa e parë përfshinë pjesën përgjatë vijës së gjelbër kufitare dhe përgjatë shtigjeve, apo rrjetin fundor. Pjesa e dytë përfshinë godinat e stacioneve fundore të policisë, të cilat janë më të afërta me vijën e gjelbër kufitar. Pjesa e tretë përfshinë zyrën qendrore të monitorimit [45], [46]. Përpos, ndarjes së

rrjetit në këto tri pjesë kryesore, një pjesë shumë të rëndësishme në këtë arkitekturë ka mediumi transmetues i cili është edhe “autostrada” kryesore e cila mundëson që informacionet e grumbulluara nga rrjeti sensorë, i vendosur përgjatë vijës së gjelbër kufitar të barten deri te stacionet policore dhe pastaj tek zyra qendrore monitoruese. Komunikimi *Sensor-Sink-Stacion Policor* realizohet përmes rrjetit mikrovalor ose radio-valor. Komunikimi ndërmjet stacioneve mund të realizohet përmes rrjetit optikë ose mikrovalor.

Rrjeti fundor – është pjesa fundore në arkitekturën e propozuar, përkatësisht rrjeti sensorë i vendosur përgjatë vijës së gjelbër kufitare ose përgjatë shtigjeve nëpër pyje të larta. Kjo pjesë e rrjetit është pjesa më e rëndësishme dhe më e vështirë për t’u vendosur dhe mirëmbajtur. Në këtë pjesë të rrjetit vendosen sensorët multimedial pa tela të cilët janë përgjegjës për vëzhgim të hapësirës përreth. Imazhet e kapura nga sensorët e vendosur përgjatë vijës së gjelbër kufitare, përmes rrjetit barten deri tek autoritetet e sigurisë të vendosura në godinat e stacioneve fundore, si dhe deri tek qendra kryesore monitoruese.

Godinat e stacioneve fundore – janë objektet në të cilat qëndron i gjithë stafi përgjegjës për sigurinë e vijës kufitare dhe pajisjet e IT-së, të nevojshme për mirëmbajtje dhe vëzhgim të vijës kufitare. Këto objekte janë pikat më të afërta prej vijës kufitare nga të cilat duhet të reagohet në rast se kemi cenim të vijës kufitare nga kalimet ilegale. Nga këto objekte bëhet monitorimi i vazhdueshëm i vijës kufitare dhe ndërhyrjet e para për parandalimin e aktiviteteve të ndryshme të pa ligjshme. Me fjalë tjera, detyrat kryesore të këtyre stacioneve janë:

1. Vëzhgimi i vazhdueshëm i vijës kufitare;
2. Identifikimi i aktiviteteve të dyshimta;
3. Pranimi e imazheve nga sistemet e sigurisë të vendosura në kufij dhe analizimin e tyre në kohë optimale, ashtu që të reagohet varësisht nga shkalla e rrezikshmërisë;
4. Shtimi ose largimi i ndonjë pajisje përgjatë vijës kufitare, varësisht nga vlerësimi;
5. Monitorimi i gjendjes reale të pajisjeve vëzhguese (sensorëve multimedial);
6. Mirëmbajtja e pajisjeve të vendosura përgjatë vijës së gjelbër kufitare;
7. Intervenim i patrullave kufitare, varësisht nga shkalla e rrezikut;
8. Koordinimi i punëve me punëtorët e agjencive tjera që janë përgjegjëse për sigurinë kufitare;
9. Komunikimi dhe koordinimi i punëve me njësitë e ndërhyrjes në teren;

10. Informimi i vazhdueshëm i patrullave kufitare në teren me informata të reja mbi ngjarjet në vijën kufitare;
11. Koordinimi me organet qendrore;
12. Nxjerrja e raporteve të ndryshme, varësisht nga nevojat, etj.

Pas analizës së informatave nga personeli i qendrave monitoruese (lokale dhe qendrore), varësisht nga vlerësimi i rrezikut, informohen njësitë e caktuara për intervenime të caktuara.

Qendra e monitorimit qendror – nga shumë hulumtime, si dhe nga vetë testimet praktike është vërtetuar se një monitorim nga distanca, përkatësisht nga qendra monitoruese, do të ndikoj në ngritjen e efikasitetit në kryerjen e detyrave nga autoritetet e sigurisë. Kjo qendër, zakonisht është e ndërtuar në komandën qendrore dhe luanë një rol mjaftë të rëndësishëm në rritjen e efikasitetit dhe përsosjen e sistemit të sigurisë përgjatë vijës kufitare të një vendi. Duhet të ceket se vetë ndjenja se jemi të monitoruar nga dikush, ka efekt pozitiv në respektimin e rregullave të kontrollit dhe verifikimit në pikat kufitare të kalimit, si dhe në rritjen e efikasitetit për parandalimin e kalimeve ilegale përgjatë vijës së gjelbër kufitare. Me fjalë tjera, një qendër e tillë ndikon në kryerjen e detyrave me përgjegjësi nga stafi i qendrave lokale. Një qendër e tillë monitoruese është paraqitë në figurën 5.10 [47] [53].



Figura 5.10. Zyra e monitorimit qendrorë

Në këtë qendër ndodhet edhe dhoma e serverëve e cila shërben për ruajtjen e imazheve dhe informatave të ndryshme të grumbulluara përmes sistemit të sigurisë, i vendosur përgjatë vijës së gjelbër kufitare. Një dhomë e tillë është e paraqitur në figurën 5.11.

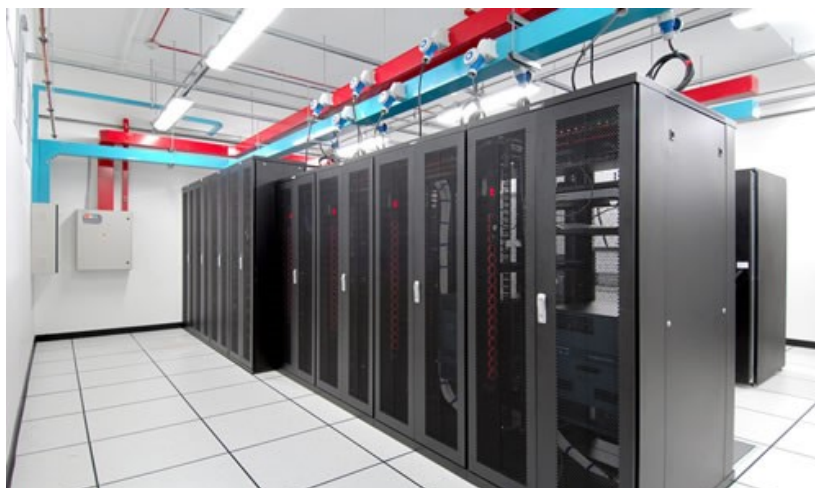


Figura 5.11. Qendra e ruajtjes së informatave

Stafi i qendrës qendrore të monitorimit, duhet të realizoj analiza të ndryshme, ashtu që të mund të nxjerrin përfundime sa më të përshtatshme në lidhje me:

1. Nevojat e përmirësimit të sistemit të sigurisë në ato zona, ku vërehen mangësi;
2. Efikasitetin e funksionimit të sistemit në parandalimin e rasteve më kritike të sigurisë;
3. Nxjerrjen dhe analizimin e alarmeve;
4. Analizimin e imazheve të kapura nga sensorët multimedial;
5. Nxjerrjen dhe analizimin e videove në kohë më të vonshme, varësisht prej kërkesave, etj.

Me fjalë tjera, kjo qendër monitoruese, përpos që ka rolë kyç në realizimin e analizave të ndryshme të videove dhe informatave të grumbulluara, kjo qendër ka edhe detyra tjera shtesë që janë të lidhura drejtpërdrejt me rritjen e efikasitetit të sistemit të sigurisë përgjatë vijës kufitare. Disa nga detyrat e kësaj qendre janë:

1. Krijimi i strategjive për parandalim të aktiviteteve të paligjshme;
2. Propozimi i strategjive për përmirësim të sistemit të sigurisë, duke u mbështetur në rezultatet e sistemit ekzistuese;
3. Të ndihmoj në mobilizimin dhe koordinimin më të shpejtë të ekipeve që do të marrin pjesë në parandalimin e rasteve të caktuara kriminale përgjatë kufirit;
4. Të koordinoj aktivitetet në mënyrë të vazhdueshme me stacionet lokale të ndërhyrjes;
5. Të shkëmbejë informata në mënyrë të vazhdueshme me të gjitha qendrat dhe njësitë tjera që janë të ndërlidhura me ruajtjen e sigurisë;

6. Të kryej monitorim të drejtpërdrejt të vijës kufitare, përmes sistemit monitorues që ka në dispozicion;
7. Të transferoj informatat e siguruar tek stacionet lokale përgjegjëse dhe njësit përgjegjëse për intervenim;
8. Ruajtja dhe përkujdesja për informatat e grumbulluara nga sistemi i sigurisë, ashtu që të mund të analizohen në një kohë më të vonshme;
9. Monitorimi i pozitës së çdo sensori multimedial, përgjatë vijës së gjelbër kufitare dhe funksionalitetin e tyre;
10. Nxjerrja e raporteve të ndryshme, varësisht nga nevojat, etj.

Me një koordinim të mirë të të gjithë faktorëve që i shtjelluam më lartë, shumë lehtë mund të arrihet deri te një efikasitet i kënaqshëm i sigurisë kufitare, përkatësisht mund të ketë sukses në zvogëlimin e aktiviteteve të paligjshme përgjatë vijës kufitare.

Aplikimi i sensorëve multimedial për qëllime të rritjes së sigurisë përgjatë vijës së gjelbër kufitare, ndikon në reduktimin e teknologjive tjera shtesë. Nëse analizojmë, skenarin 1, 2, dhe 3, ne mund të shohim se në ato rajone kalimi i makinave është i pa mundur. Hapja e tuneleve nëntokësore, gjithashtu është diçka e pa përballueshme financiarisht nga grupet e interesit. Prandaj, nuk është e nevojshme aplikimi i sensorëve të dridhjes, përgjatë vijës së gjelbër kufitare. Meqenëse, ne propozojmë aplikimin e sensorëve multimedial, gjithashtu është e pa nevojshme aplikimi i sensorëve të presionit. Në këto zona, përdorimi i robotëve tokësor, si dhe fluturakeve pa ekuipazh është i pa suksesshëm sepse këto zona janë të karakterizuara me terrene të thyeshme dhe të mbuluara me pyje të larta dhe të dendura. Prandaj, aplikimi i WMSN përgjatë vijës së gjelbër kufitare, eliminon nevojën e aplikimit të llojeve dhe pajisjeve tjera të teknologjisë të propozuara në [41], [42], [43].

Vendosja e një sistemi të tillë, përgjatë vijës së gjelbër kufitare, mund të ndikoj jashtëzakonisht shumë në efikasitetin e patrullave policore dhe ushtarake kufitare, përmes imazheve të marra nga sistemi për çdo kalim të mundshëm ndër kufitar. Intervenimi i patrullave do të realizohet, vetëm pasi imazhet e kapura janë analizuar. Kjo teknologji eliminon alarmet e rreme, që kanë qenë një nga shqetësimet kryesore që kanë penguar aplikimin e teknologjisë së sensorëve. Nga ana tjetër, kostoja e aplikimit të kësaj teknologjie do të jetë jo shumë e lartë. Sensorët multimedial mund të vendosen, komplet përgjatë vijës kufitare, apo vetën në ato zona apo shtigje, ku autoritetet e

sigurisë kufitare konstatojnë se mund të ketë aktivitete ilegale ndërkufitare. Vendosja e një sistemi të tillë, drejtpërdrejt do të ndikojë në reduktimin patrullave policore kufitare.

5.6.1 Rrezja e mbulimit e sensorit multimedial

Në këtë sektor, do të trajtojmë numrin e nevojshëm të sensorëve multimedial për mbulim të vijës së gjelbër kufitar. Rrezja e mbulimit e një sensori multimediale, varet nga lloji i sensorit, qëllimi dhe vendi i vendosjes. Mirëpo, ne do të analizojmë rastin kur një sensor multimedial karakterizohet me një këndë të rrotullimit prej 360 shkallëve. Ky lloj sensori multimedial, ofrojnë një mbulim multidimensional. Zona e cila mbulohet drejtpërdrejt nga sensorit, quhet si *Field of View* (FoV). Rrezja e mbulimit e një sensori dhe FoV janë paraqitur në figurën 5.12. FoV llogaritet me modelin matematikor:

$$FoV = 2 * \text{atan}\left(\frac{h}{2r}\right) \quad (5.1)$$

ku: h është FoV horizontale; r - rrezja e mbulimit.

Sensori multimedial, konsiderohet se e ka një kënd të rrotullimit prej 360 shkallë në drejtimin horizontal dhe një kënd të rrotullimit prej 35-108 shkallë në drejtimin vertikal [30].

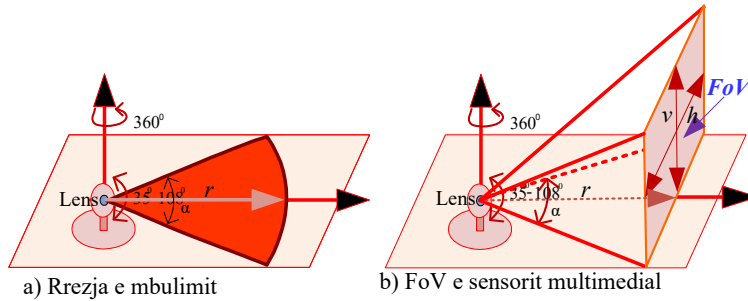


Figura 5.12. Paraqitja skematike e rrezes dhe FoV e një sensori multimedial

Për monitorim të vijës së gjelbër kufitare, përmes aplikimit të sensorëve multimedial, propozojmë shpërndarjen e sensorëve, si në figurën 5.13 [40]. Nga figura 5.13, mund të shihet se sensorët janë vendosur njëri pas tjetrit, në një shirit përgjatë vijës së gjelbër kufitare. Çdo sensor që merr pjesë në këtë rrjet është përgjegjës për detektimin, përpunimin dhe transmetimin e imazheve të kapura në zonën e mbulimit. Modeli matematikor për llogaritjen e numrit të nevojshëm të sensorëve multimedial për mbulim të vijës kufitar është:

$$d = 2r * n \Rightarrow n = \frac{d}{2r} \quad (5.2)$$

ku: r - rrezja e sensorit; n – numri i sensorëve; d - gjatësia e vijës kufitare.

Nëse sensori multimedial, ka një rreze të mbulimit prej 10 m. Për mbulimin e një gjatësie prej 2 km të vijës kufitare me sensorë multimedial, numri i nevojshëm është 100.

$$n = \frac{d}{2r} = \frac{2 * 10^3}{2 * 10} = \frac{2000}{20} = 100 \quad (5.3)$$

Kjo logjikë e mbulimit të vijës kufitare nuk vlen për shtigjet përgjatë pyjeve. Vendosja e sensorëve përgjatë shtigjeve realizohet sipas kërkesave dhe sugjerimeve të autoriteteve të sigurisë kufitare. Pra, vendosja e sensorëve bëhet pa ndonjë arkitekturë të mirëfilltë, duke u vendosur vetë në pjesë të caktuara, sipas kërkesës së autoriteteve të sigurisë.

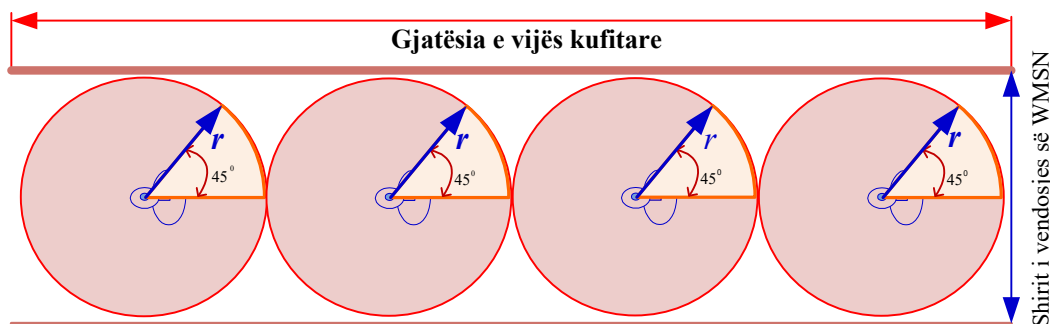


Figura 5.13. Propozimi i vendosjes së sensorëve përgjatë vijës kufitare

5.6.2 Sfidat me të cilat karakterizohet aplikimi i WMSN

Vendosja dhe funksionimi i sensorëve multimedial përgjatë vijës kufitare ose në zona të caktuara përgjatë vijës së gjelbër kufitare, karakterizohet me disa sfida, por ne do t'i trajtojmë disa ndër më kryesoret, si:

1. Infrastruktura e rrjetit;
2. Vendosja dhe mirëmbajtja e sensorëve multimedial;
3. Furnizimi me energji i sensorëve;
4. Dëmtimi i sensorëve nga kafshët ose faktori njeri, etj.

Infrastruktura e rrjetit – për funksionim të sensorëve multimediale, zona kufitare fillimisht, duhet të mbulohet me infrastrukturë të rrjetit. Për rastin e skenarit 1, 2, dhe 3, mbulimi i zonës së gjelbër kufitare me rrjet është më i lehtë përmes ndonjëres prej teknologjive pa tela.

Vendosja e sensorëve multimedial – vendosja e NMS, duhet të realizohet nga faktori njeri në mënyrë manuale. Kështu që, vendosja dhe mirëmbajtja e tyre, përgjatë zonave të thyeshme është

e mundimshme. Vendosja mund të realizohet përgjatë vijës kufitare, zona të caktuara përgjatë vijës kufitare ose në pjesë të caktuara në shtigje përgjatë pyjeve. Vendi dhe pozita e vendosjes së sensorëve, duhet të caktohet dhe realizohet nga ekspertet.

Furnizimi me energji i sensorëve – jetëgjatësia e një sensori, drejtpërdrejt është e varur nga furnizimi me energji (bateria e tij). Nga ana tjetër, sensorët parashihen të vendosen përgjatë zonave të thyeshme që nuk mund të arrihen përmes makinave ushtarake. Prandaj, zëvendësimi manual i baterisë së sensorëve është një nga sfidat më kryesore. Me qëllim të kursimit të energjisë, sensorët duhet të qëndrojnë në gjendje gjumi, gjatë kohës kur nuk ka aktivitete në zonën e mbuluar nga sensori dhe në gjendje aktive, në momentin kur detektohet ndonjë aktivitet.

Gjithashtu, imazhet e kapura nga sensori, duhet të konvertohen në imazh bardh e zi [38], ashtu që fuqia për përpunim dhe transmetim të imazhit, si dhe ngarkesa e *link*-ut transmetues të jetë minimal. Me konvertimin e imazhit në imazh bardh-zi, drejtpërdrejt do të ndikohet në kursimin e energjisë së shpenzuar nga sensori.

Dëmtimi i sensorëve nga kafshët ose faktori njëri – kafshët e egra mund të jenë mjaft aktive përgjatë vijës së gjelbër kufitare, andaj mund të ndodh që sensorët të dëmtohen nga kafshët gjatë lëvizjes së tyre nëpër shtigje ose nga njëra anë e kufirit në anën tjetër. Mirëpo, dëmtimi i sensorëve mund të ndodh edhe nga vetë kaluesit ilegal, ashtu që ata të mund të realizojnë kalimin e kufirit pa u detektuar nga autoritetet e sigurisë. Kështu që, duhet që këta sensorë të zëvendësohen nga autoritetet e sigurisë dhe zëvendësimi i tyre është i mundimshëm dhe merr kohë. Andaj, vendosja e sensorëve, duhet të realizohet në atë mënyrë që sensorët në raste të dëmtimit të zëvendësojnë njëri tjetrin. Kështu që, në qoftë se dëmtohet një sensor, sensori tjetër i cili është i vendosur në të njëjtin shteg, por në një tjetër pozicion mund të zëvendësoj sensorin e dëmtuar.

Duhet të theksojmë se, arkitektura e propozuar edhe pse karakterizohet me disa sfida, efikasiteti i aplikimit të kësaj arkitekture dhe sensorëve multimedial në rritjen e sigurisë ndërkufitare është i konsiderueshëm. Gjithashtu, dizajnimi dhe implementimi i një sistemi të tillë për mbikëqyrje të vijës së gjelbër kufitare, mund të realizohet me një kosto jo shumë të lartë. Nga ana tjetër, kjo teknologji e propozuar për aplikim, eliminon alarmet e rreme (alarmet e rreme mund të verifikohen menjëherë) e që ka qenë një ndër faktorët kryesor që kanë penguar aplikimin e teknologjisë së sensorëve për qëllime të sigurisë ndërkufitare. Duke krahasuar sistemet ekzistuese të monitorimit të kufijve me sistemin dhe teknologjinë e propozuar për aplikim përgjatë vijës së gjelbër kufitare, mund të shihet se teknologjia e propozuar në krahasim me teknikën dhe teknologjitë tjera, ofron

një zgjidhje mjaft të përshtatshme. Për ma tepër, sistemi i propozuar, përpos që mund të aplikohet me një kosto të ulët, ofron zgjedhje për shumë shqetësime që kanë ekzistuar në lidhje me aplikimin e teknologjisë përgjatë vijës së gjelbër kufitare.

5.7 Mundësit e bartjes së informacionit

Një hap shumë i rëndësishëm është bartja e informatës deri tek organet e sigurisë. Dihet se ndër mediumet më të preferuara dhe më të mira, padyshim janë mediumet optike. Fijet optike janë mediume më bashkëkohore për transmetim [2]. Kapaciteti dhe shpejtësia e lartë që ofron mediumi optik, ka bërë që rrjeti optikë të është mjaft i preferuar për përdorim nga shumë ofrues të shërbimit. Pa hyrë në detaje të shtjellimit të fijeve optike, se nga cili material përbëhen, si ndahen, detaje tjera, ne thjesht në figurën 5.14. do të paraqesim formën e një kablloje me fije optike.

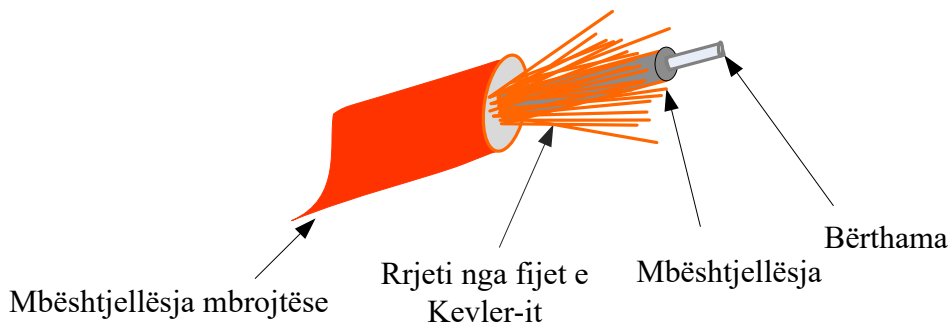


Figura 5.14. Kabllloja me një fije optike

Prandaj, bazuar në të mirat që mediumi optik ofron, në arkitekturën e propozuar është paraparë që komunikimi ndërmjet stacioneve fundore dhe qendrës monitoruese të realizohet duke përdorur rrjetin optik, i cili ofron një besueshmëri më të lartë për bartjen e të dhënave në krahasim me rrjetin mikrovalor, satelitor, etj. Më shumë për fijet optike mund të lexoni në referencat [1] [2].

Bazuar në të mirat që ofron mediumi optik, këto mediume do të jenë mjaft të përshtatshme që të përdoren edhe përgjatë vijës kufitare në të gjitha ato pjesë, ku do të ishte e mundshme që një gjë e tillë të mund të realizohet. Sidomos, përdorimi i një mediumi të tillë do të ishte mjaft i përshtatshëm, në rastet kur për monitorim të vijës së gjelbër kufitare aplikohen sistemet video vëzhguese, si p. sh. kullat vëzhguese të pajisura me kamera me rreze të gjatë veprimi. Me aplikimin e sistemeve të tilla monitoruese, siç e dimë, numri i imazheve që merren për sekondë nga këto kamera është mjaft i madh, prandaj nevojitet kapacitet i madh i mediumit transmetues për bartjen e tyre deri tek autoritet e sigurisë. Mirëpo, duhet cekur se mediumi optik është i përshtatshëm të

përdoret për ato zona kufitare, ku reliefi gjeografik nuk karakterizohet me ambiente me thyerje të mëdha, apo me pjesë shkëmbore. Aplikimi rrjetit optikë për skenarët 1, 2 dhe 3 do të ishte me një kosto shumë të lartë dhe pothuajse i pa mundur.

Një faktor shumë i rëndësishëm, që duhet të merret parasysh, është se në ambientet që vendosen sistemet e tilla video monitoruese, duhet të parashihet edhe furnizimi me energji elektrike, si dhe infrastruktura përcjellëse përkatëse.

Në rastin e aplikimit të rrjetit optik, me qëllim të testimit të performancës së mediumit në [1][2], është realizuar një krahasim i humbjeve që paraqiten varësisht se në cilën gjatësi valore realizohet transmetimi përgjatë mediumit optikë. Aty vërehet se, nëse transmetimi është realizuar në gjatësinë valore $\lambda=1550$ nm, humbjet janë më të vogla se sa nëse transmetimi realizohet në gjatësinë valore $\lambda=1310$ nm. Kjo mund të shihet edhe në figurën 5.15 dhe në figurën 5.16.

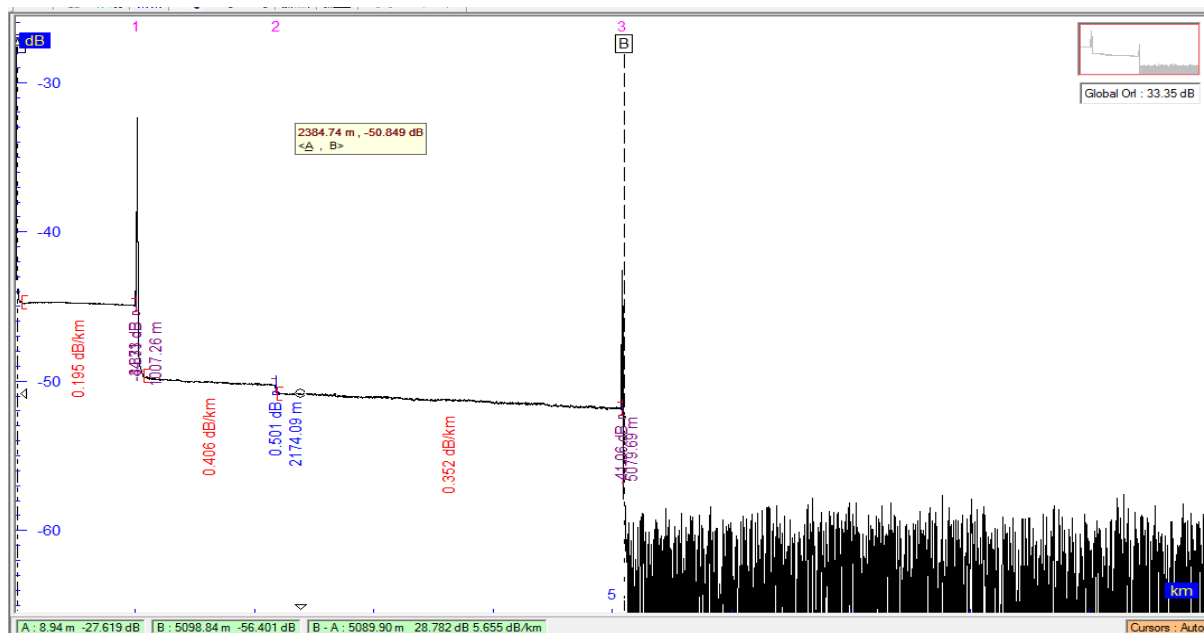


Figura 5.15. Paraqitja grafike e matjeve për rastin kur transmetimi është realizuar në gjatësinë valore 1310 nm

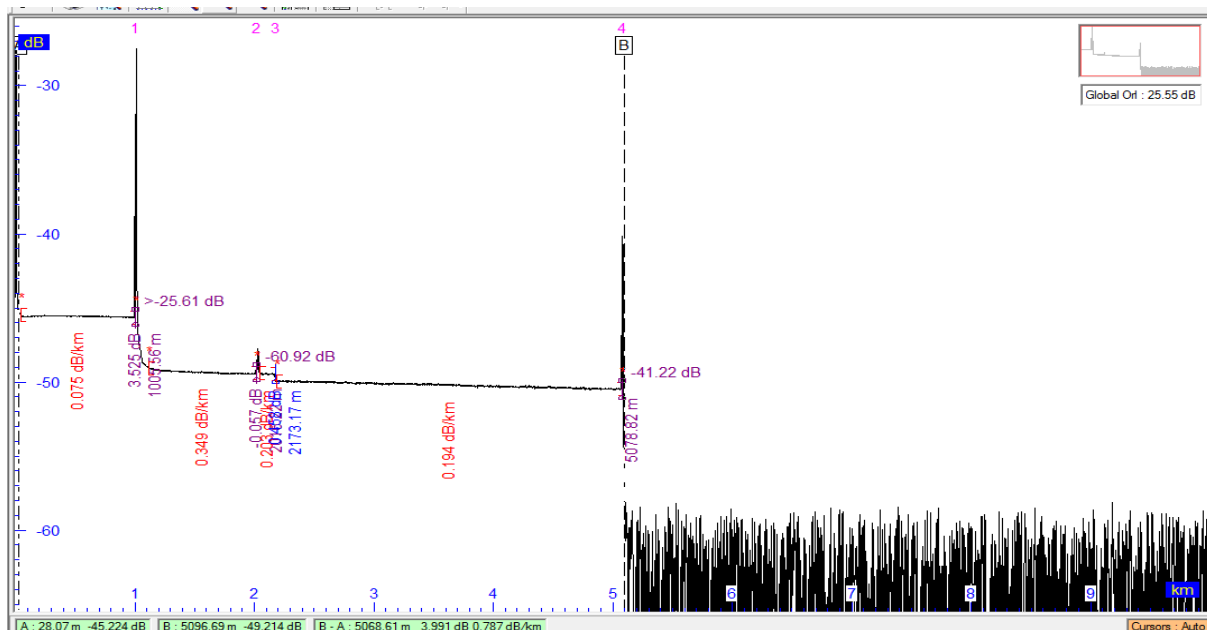


Figura 5.16. Paraqitja grafike e matjeve për rastin kur transmetimi është realizuar në gjatësinë valore 1550 nm

Në këtë rast, pavarësisht llojit të rrjetit (Optik, Ethernet, etj), bartja e informatave realizohet përmes protokolleve të rutimit. Prandaj, në vijim fillimisht do të realizojmë një analizë të shkurtër të protokolleve të rutimit dhe pastaj duke shfrytëzuar softuerin OPNET do të realizojmë, disa analiza në lidhje me vonesat që paraqiten në lidhje me videot dhe audiot, si dhe për aplikacionet tjera përgjatë një rrjeti optikë, varësisht nga protokollet e përdorura për rutim.

5.8 Konceptet bazike të protokolleve të rutimit

Një faktor mjaft i rëndësishëm është që bartja e imazheve të kapura nga pajisjet apo sistemet vëzhguese përgjatë vijës kufitare të barten përgjatë rrjetit në kohë dhe pa degradim në qendrën e kontrollit dhe verifikimit. Andaj, në këtë sektor do të trajtojmë vonesat që paraqiten në kuadër të rrjetit, varësisht nga protokollet që përdoren për bartje të informacioneve përgjatë rrjetit. Protokollet e mundshme që përdoren për bartje të informacioneve përgjatë rrjetit janë: RIPv1 (*Routing Information Protocol Version 1*), RIPv2 (*Routing Information Protocol Version 2*), OSPF (*Open Shortest Path First*), EIGRP (*Enhanced Interior Gateway Routing Protocol*), etj. RIP është protokoll që i takojnë vektorit të distancës, protokollin OSPF i takon strukturës së *link*-ut [49], ndërsa EIGRP është një protokoll hibrid. Protokollet që i takojnë vektorit të distancës kanë një tabelë të routimit në të cilën i mbajnë të gjitha gjurmët në lidhje me routimin e informacioneve,

ndërsa protokollet që i takojnë strukturës së *link*-ut, për dallim nga ato të vektorit të distancës, secili prej *router*-ve krijon nga tri tabela të ndara të rutimit. Një nga këto tabela mbanë gjurmët e fqinjëve të lidhur drejtpërdrejt, një përcakton topologjinë në hyrje të rrjetit të internetit dhe një është përdorur si tabelë aktuale e rutimit. Protokolli EIGRP është referuar, si protokoll *hibrid* i rutimit, sepse ka karakteristikat të të dyjave edhe të vektorit të distancës edhe të protokolleve *link – state*. Për më shumë, në lidhje me protokollet e routimit mund të lexoni në [50]. Mirëpo, në vazhdim do të analizojmë vonesat që paraqiten përgjatë rrjetit, varësisht nga protokollet e përdorura për rutim. Që të analizojmë vonesat, do të supozojmë një topologji të rrjetit, si në vijim.

5.8.1 Topologjia e rrjetit e përdorur për simulim

Për simulim është përdorur pakoja softuerike OPNET Modeler 14.5. Topologjia e rrjetit është ndërtuar, duke zgjedhur një hapësirë 30x15 km. Modeli i marr për studim në rastin tonë është paraqitur në figurën 5.17.

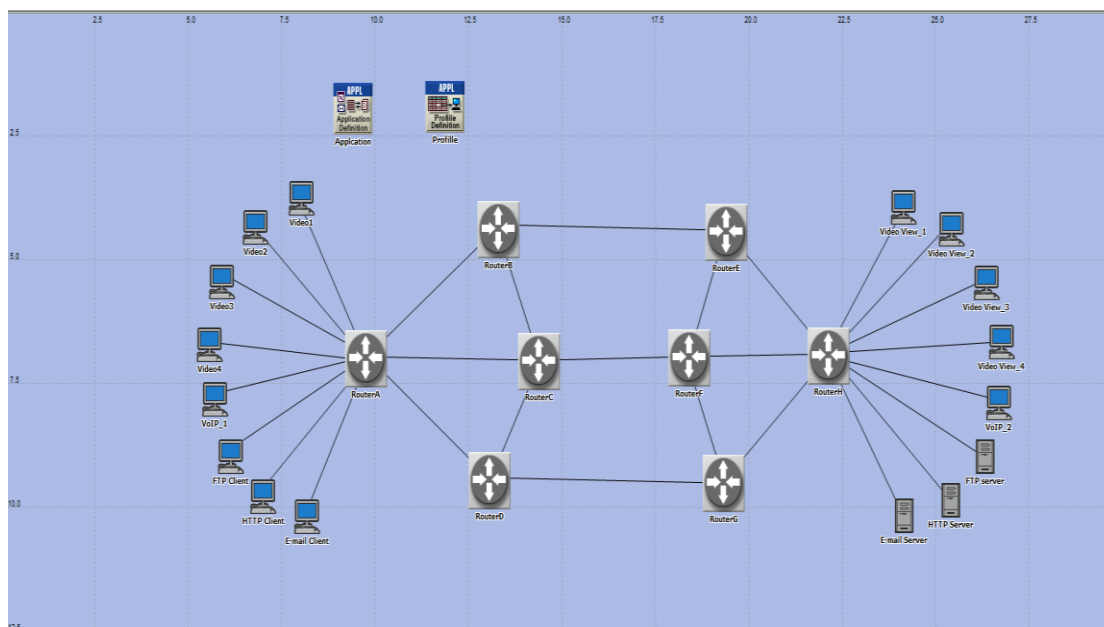


Figura 5.17. Topologjia e rrjetit e përdorur për simulim

Në figurën 5.17, janë përdorur 8 *router*. Në *router*-in në anën e majtë, janë lidhur: 4 video kamera, një klient VoIP, një klient FTP (*File Transfer Protocol*), një klient HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) dhe një klient E-mail. Në *router*-in në anën e djathtë janë lidhur: 4 PC të cilat shërbejnë për monitorim të katër kamerave në anën e majtë, një klient VoIP (*Voice Over Internet Protocol*), një server FTP, një HTTP server dhe një e-mail server. Lidhja e pajisjeve anësore dhe *router*-ve

me njëri-tjetrin është realizuar përmes një *link-u duplex* SONET_OC48. Synimi kryesor në këtë rast është që të analizojmë vonesat që paraqiten gjatë transmetimit *end to end*. Duhet theksuar se për aplikacionet FTP, HTTP dhe E-mail, vonesat në rrjet nuk janë shumë kritike, por një gjë e tillë nuk mund të thuhet për *Video-t* dhe për VoIP sepse vonesat në rrjet në rastin e Video-ve dhe VoIP, ndikojnë drejtpërdrejt në kualitetin e fotografisë dhe zërit. Sipas standardit ITU-T G.114 është rekomandua që në një mënyrë në rastin e planifikimit të rrjetit në përgjithësi të mos ketë vonesa më të mëdha se 400ms [51], sepse vonesat e mëdha drejtpërdrejt ndikojnë në performancën e aplikacioneve interaktive, video konferenca dhe VoIP.

5.8.2 Zgjedhja e aplikacioneve dhe statistikave për simulim

Për rastin e paraqitur në figurën 5.17, kemi zgjedhur 5 aplikacione për analizë. Këto aplikacione janë:

- *Video application* – mundëson rrjedhjen e videove nga video kamera në anën e majtë, ka ana e djathtë;
- *VoIP application* – mundëson komunikimin e 2 përdoruesve njëri me tjetrin, që kanë VoIP terminale;
- *FTP application* – shërben për ngarkimin dhe shkarkimin e dokumenteve nga FTP serveri;
- *HTTP application* – shërben për shfletimin e përmbajtjeve të ndryshme nga E-mail serveri;
- *E-maile application* – shërben për dërgimin dhe pranimin e mesazheve përgjatë E-mail serverit.

Tani për aplikacionet e zgjedhura do të zgjedhim statistikën të cilat do të përdoren për rastin tonë të studimit dhe për analizë. Statistikat e zgjedhura për simulim janë [45]:

1. **Variacioni i vonesës së paketës** - Variacioni midis vonesave *end to end* për paketat video dhe zë. Vonesa *end to end* për paketën video dhe zë është matur nga koha kur ajo është krijuar deri në kohën kur ajo është pranuar.
2. **Vonesa *end to end* e paketës** - Koha e nevojshme për të dërguar një paket video ose zë nga shtresa e aplikacionit deri te shtresa e aplikacionit e stacionit destinues. Kjo regjistron të dhënat statistikore nga të gjitha nyjet në rrjet.
3. **Përgjigjja kohor e objektit (s)** - Specifikon kohën e përgjigjes për çdo objekt *inlined* nga faja HTML.
4. **Përgjigjja kohor e faqes (s)** - Specifikon kohën e nevojshme për të tërhequr komplet faqen me të gjitha objektet që gjendeshin *inline*.

5. **Përgjigjja kohor e shkarkimit (s) të skedarit FTP** - koha e kaluar në mes të dërgimit të një kërkesë dhe marrjes së përgjigjes së paketës. Matet nga koha kur një klient dërgon një kërkesë deri në server dhe kohës që merr një përgjigje. Çdo pako si përgjigje e dërguar nga një server në një aplikim FTP është i përfshirë në këtë statistikë.
6. **Përgjigjja kohor e ngarkimit (s) të skedarit FTP** - koha e nevojshme ndërmjet dërgimit dhe pranimit të përgjigjes.
7. **Përgjigjja kohor e shkarkimit (s) për E-mailt** - Koha e nevojshme ndërmjet dërgimit të kërkesës për e-maila dhe pranimit të e-mailave nga e-mail serveri në rrjet. Kjo kohë përfshin vonesën e sinjalit për ngritje të lidhjes.
8. **Përgjigjja kohor e shkarkimit (s) për E-mailt** - Koha e nevojshme ndërmjet dërgimit të e-mailave deri tek *e-mail* serveri dhe pranimi i mirënjohjes nga *e-mail* serveri. Kjo kohë përfshin vonesën e sinjalit për ngritje të lidhjes.

Ndër vonesat më të rëndësishme, që mund t'i marrim në konsideratë për llogaritjen e vonesës *end-to-end*, janë: vonesa e përpunimit (Koha e nevojshme për të shqyrtuar *header*-in e paketës dhe për të përcaktuar për ku drejtohet paketa), vonesa e radhës së pritjes (koha për të cilën paketa qëndron në radhë deri te dërgohet në *link*. Kjo vonesë, varet nga numri i paketave që paraprakisht kanë qenë duke pritur për t'u transmetuar në *link*), vonesa e transmetimit (Koha e nevojshme për të transmetuar të gjithë bit-ët e paketës në *link*) dhe vonesa e përhapjes (koha që nevojitet për të bartur paketën nga një *router* në tjetrin përgjatë *link*-ut) [52].

$$d_{end-to-end} = d_{procesimit} + d_{pritjes\ në\ radhë} + d_{transmetimit} + d_{shpërndarjes} \quad 5.4$$

5.8.3 Konfigurimet e përdorura për simulim

Në tabelën 1, janë paraqitur në formë të përmbledhur të gjithë parametrat dhe vlerat e përdorura gjatë konfigurimit të pajisjeve dhe rrjetit.

Tabela 1.1 Përmbledhja e konfigurimeve të përdorura për simulim

Nr.	Përshkrimi	Vlera	Njësia
1	Shpejtësia e <i>link</i> -ut	2.378	Gbps
Konfigurimet për Video			
2	Shpejtësia e kornizës	30	fps
3	Madhësia e kornizës	320x240	Pikësel

4	<i>Start Time Offset</i>	Konstante(3)	Sekondë
5	Koha e përsëritjes	Eksponeciale (300)	Sekondë
6	Koha e fillimit	Konstante (100)	Sekondë
Konfigurimet për VoIP			
7	Skema e <i>Encoder</i>	G729A	
8	Madhësia e kornizës	0.010	Sekondë
9	Kornizat e zërit për paketë	1	
10	Shpejtësia e kodimit	8	Kbps
11	Vonesat e kompresimit	0.02	Sekondë
Konfigurimet për FTP aplikacionet			
13	Madhësia e skedarit FTP	Konstante (5000000)	Bajt
14	<i>Inter-Request Time</i>	Eksponeciale (720)	Sekondë
Konfigurimet për HTTP aplikacionet			
15	Specifikimi i HTTP	HTTP 1.1	
16	Madhësia e Objektivit	Konstante (1000)	Bajt
17	Koha e arritjes së faqes	Eksponeciale (60)	Sekondë
Konfigurimet për E-maile aplikacionet			
18	Madhësia e-mailit	Konstante (1000)	Bajt
19	Koha e dërgimit	Eksponeciale (720)	Sekondë
20	Koha e pranimit	Eksponeciale (720)	Sekondë

Pikat 4, 5, 6 të paraqitura në tabelën 1.1 janë të njëjta edhe për VoIP, FTP, HTTP dhe e-mail aplikacione. Përpos atyre, të paraqitura në tabelën 1.1, janë përdorur edhe disa konfigurime shtesë të cilat nuk janë përfshirë në tabelën 1.1. Për Video kemi marr të jetë me rezolucion të lartë HRV (*High Resolution Video*), ndërsa lloji i shërbimit (*ToS-Type of Service*) është marr si rrjedhje multimediale. Për VoIP, FTP, E-mail dhe HTTP lloji i shërbimit është marr *Best Effort*. Për FTP dhe E-mail trafik është marr: ngarkesë mesatare, ndërsa për HTTP kemi marr: *Heavy Browsing*. Duhet të theksohet se, në këtë rast është marr që të gjitha aplikacione të operojnë njëkohësisht.

5.8.4 Diskutimi dhe analiza e rezultateve të fituara

Duke i shfrytëzuar konfigurimet e paraqitura më lartë, në vijim do të paraqesim dhe diskutojmë rezultatet e fituara përmes softuerit OPNET Modeler 14.5. Rezultatet janë fituar bazuar në topologjinë e paraqitur në figurën 5.17. Koha për simulim është marrë të jetë 10 minuta. Edhe pse, në topologjinë e prezantuar në figurën 5.17, kemi marrë në konsideratë aplikacionet FTP, HTTP, *e-mail*, në këtë punim do të analizojmë dhe diskutojmë vetëm rezultatet e fituara për aplikacionet Video dhe VoIP. Arsyeja është se, aplikacionet Video dhe VoIP janë më të ndjeshme ndaj vonesave që paraqiten në rrjetë, në krahasim me aplikacionet FTP, HTTP dhe *e-mail*.

Studimi është realizuar, duke përdorur tri protokollin më të rëndësishme të routimit, përkatësisht: RIP v2, OSPF dhe EIGRP. Për të tri protokollin, për simulim janë përdorur konfigurimet e njëjta, përkatësisht parametrat e paraqitur në tabelën 1.1. Pas, konfigurimeve të nevojshme është realizuar testimi i rrjetit dhe rezultatet e fituara janë prezantuar në vazhdim.

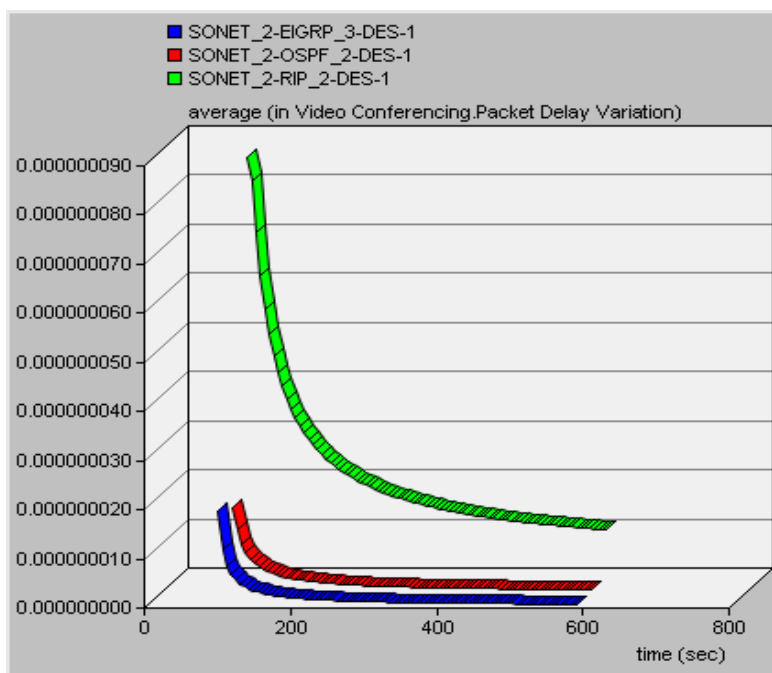


Figura 5.18. Luhatjet e vonesës së paketës për rastin e video aplikimeve

Në figurën 5.18, janë prezantuar rezultatet e fituara në lidhje me luhatjet e vonesave të paketave për aplikacionet video, për të tri protokollin e routimit. Nga rezultatet e paraqitura në figurën 5.18, mund të vërehet se luhatjet e vonesës për protokollin RIP janë më të larta se sa për protokollin OSPF dhe EIGRP. Siç vërehet për rastin e OSPF, këto luhatje janë pak më të larta, sesa kur për rutim të informacioneve është përdorur protokollin EIGRP.

Në figurën 5.19, janë prezantuar rezultatet e fituara për rastin e vonesave *end-to-end* të paketave për aplikacionet video, për të tri protokollet e rutimit. Nga rezultatet e paraqitura në figurën 5.19, mund të vërehet se kur për rutim, kemi përdorur protokollin EIGRP, vonesa e paraqitur në rrjet për video është 9 ms, për OSPF vonesa është 11 ms, ndërsa për RIP vonesa është 19 ms. Nga kjo mund të vërehet se me përdorimin e protokollit EIGRP, arrihet një përmirësim sa i përket vonesave në rrjet për 2 ms, në krahasim me OSPF, ndërsa në krahasim me protokollin RIPv2, kemi një përmirësim prej 10 ms.

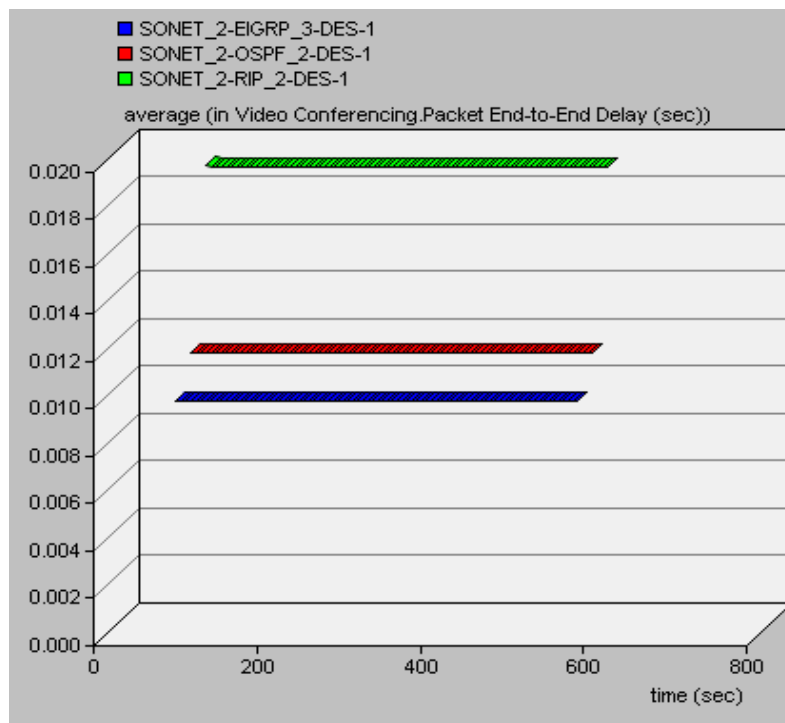


Figura 5.19. Vonesat end-to-end për rastin e video aplikimeve

Në figurën 5.20, janë prezantuar rezultatet e fituara në lidhje me luhatjet e vonesave të paketave për VoIP, për të tri protokollet e rutimit.

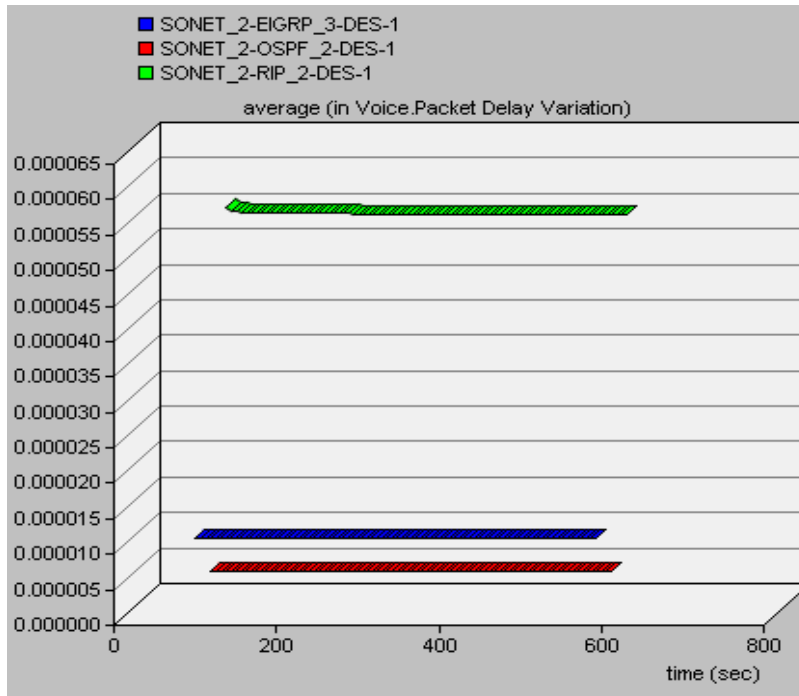


Figura 5.20. Luhatjet e vonesës së paketës për rastin VoIP

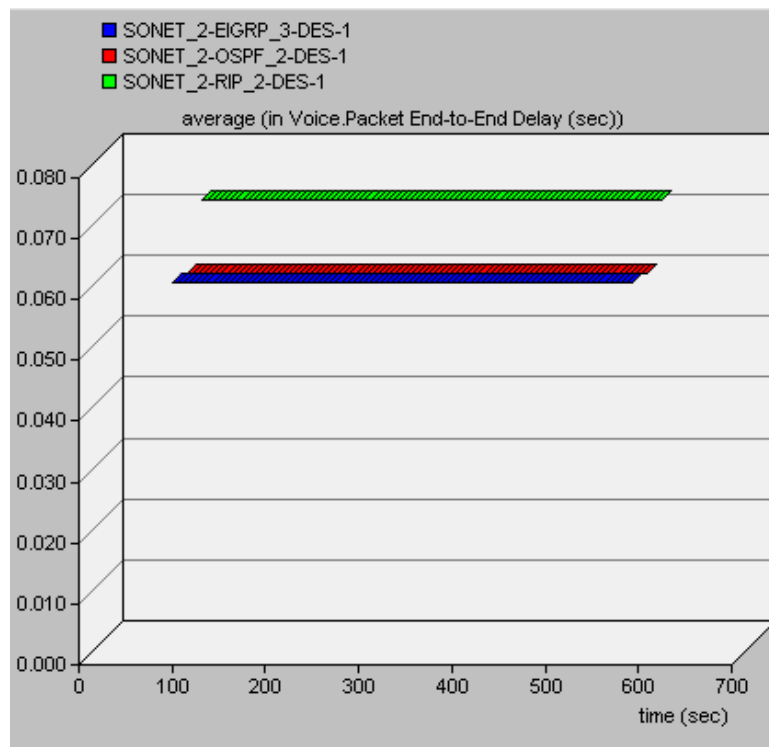


Figura 5.21. Vonesat end-to-end për rastin e komunikimit VoIP

Në figurën 5.20, mund të shihet se në krahasim me rastin e luhatjeve që paraqiten të aplikacionet video, tek VoIP luhatje janë më të vogla, kur kemi përdorur për komunikim protokollet OSPF, sesa kur kemi përdorur protokollet EIGRP dhe RIP. Por ky dallim është shumë i vogël në mes të protokolleve OSPF dhe EIGRP, ndërsa me protokollet RIP këto dallime janë më të larta. Ndërsa, në figurën 5.21, kemi prezantuar rezultatet e fituara për vonesat *end to end*, që janë paraqitur gjatë rrjetit për rastin e VoIP, për të 3 protokollet e rutimit. Nga figura 5.21, mund të vërehet se vonesat që janë paraqitur gjatë rrjetit për VoIP, për rastin kur për rutim kemi përdorur protokollet EIGRP është 57 ms, për OSPF është 58 ms, ndërsa për RIP kjo vonesë arrin deri në 70 ms. Pra siç shihet, dallimi në mes vonesave që janë paraqitur në rastin kur kemi përdorur për rutim të informacioneve përgjatë rrjetit protokollet EIGRP dhe OSPF është shumë i vogël, por në rastin e protokollit RIPv2, ky dallim është për 13 ms, përkatësisht 12 ms [45], [46].

Kapitulli 6

6. Modelimi i algoritmit për largimin e zhurmave dhe detektim të skajeve të objekteve në kuadër të imazhit të kapur nga WMSN

Hyrje

Në kapitullin 5, propozuam një arkitekturë WMSN për aplikim përgjatë vijës së gjelbër kufitare. WMSN është një rrjet, i cili përbëhet nga një numër i pajisjeve të vogla, përkatësisht sensorë multimedial të cilët komunikojnë në rrjet, përmes një mediumi pa tela. Arkitektura e tillë është e përshtatshme të vendoset përgjatë zonave të vijës së gjelbër kufitare, ku vendosja e rrjeteve tjera është shumë e vështirë për t'u realizuar. Me fjalë tjera, WMSN është e përshtatshme të aplikohet, përgjatë kufijve shtetëror të atyre shteteve që karakterizohen me terrene të thyeshme kufitare ose terrene malore të vështira për t'u monitoruar nga sistemet ekzistuese.

Të dhënat e grumbulluara (imazhet) nga WMSN, përmes rrjetit duhet të dërgohen deri tek autoritete e sigurisë kufitare [47]. Gjatë procesit të kapjes së imazheve dhe bartjes së tyre deri tek autoritetet e sigurisë, imazhet mund të degradohen nga faktor të ndryshëm.

Në këtë kapitull, do të prezantojmë një algoritëm të ri, i cili mundëson në mënyrë efektive restaurimin e pikseleve të korruptuara të imazhit të kapur nga sensori multimedial ose ndonjë pajisje tjetër elektronike, si dhe detektimin efikas të skajeve të objekteve brenda imazhit, duke mundësuar kështu ruajtjen e strukturës së objekteve të imazhit. Rezultatet që do të prezantohen në këtë punim do të tregojnë se ky algoritëm është mjaftë efikas për reduktim të zhurmave të ndryshme të imazhit të kapur nga sensorët multimedial. Rezultatet e arritura me aplikimin e këtij algoritmi, do të krahasohen me rezultatet e arritura nga aplikimi i filtrave tradicional si, *Mean*, *Madian*, *Gaussian*, *Wiener* dhe *Average*, etj.

Nga krahasimi i rezultateve, do të shihet se për dallim nga filtrat tradicional, ky algoritëm mundëson restaurimin e pikseleve të imazhit në mënyrë efektive, kur imazhi është i korruptuar njëkohësisht nga lloje të ndryshme të zhurmave.

6.1 Propozimet për zgjidhjen e problematikave të aplikimit të WMSN

Të dhënat e grumbulluara (imazhet) nga WMSN, duhet të dërgohen në qendrën e monitorimit qendror ose në qendrën e komandës në stacionin më të afërt kufitarë, si në figurën 5.9. Mirëpo, siç kemi cekur, vendosja e WMSN përgjatë vijës së gjelbër kufitare karakterizohet me disa sfida. Një nga sfidat është furnizimi i sensorëve multimedial me energji elektrike. Prandaj, vazhdimisht hulumtohen metoda dhe teknika që ndikojnë në reduktimin e konsumit të energjisë, ashtu që jetëgjatësia e sensorëve të jetë sa më e gjatë. Sot, gjenden një numër i punimeve që kanë trajtuar një problematikë të tillë. Sidomos, kjo është shumë e rëndësishme për rastin e aplikimit të WMSN përgjatë vijës kufitare, respektivisht në ato zona kufitare, ku mirëmbajtja e sensorëve multimedial nga faktori njeri është më problematik. Siç kemi cekur, detyra e një sensori multimedial është kapja, përpunimi dhe transmetimi i të dhënave deri në kanalin transmetues. Pastaj, të dhënat barten përgjatë rrjetit deri tek stacioni më i afërt policor kufitar. Mirëpo, kjo kërkohet që të realizohet me minimum të energjisë së shpenzuar sepse jetëgjatësia e sensorit varet nga bateria e tij. Andaj, furnizimi me energji i sensorëve është jetik për funksionimin e WMSN-së. Me fjalë tjera, energjia është vetë jeta e WMSN-së. Me qëllim të kursimit të energjisë së shpenzuar nga sensorët multimedial, gjatë proceseve të ndryshme të përpunimit të imazhit të kapur, ne propozojmë që imazhi të konvertohet në imazh bardh e zi. Konvertimi në imazh bardh e zi, do të ndikoj drejtpërdrejt në zvogëlimin e madhësisë së imazhit. Zvogëlimi i madhësisë së imazhit, do të ndikoj në reduktimin e kohës dhe fuqisë së nevojshme për përpunim dhe transmetim të imazhit nga sensori multimedial. Me reduktimin e kohës dhe fuqisë së nevojshme për transmetim, do të reduktohen harxhimet e energjisë. Kjo drejtpërdrejt do të ndikoj në rritjen e jetëgjatësisë së sensorit multimedial. Për shembull, një imazh bardh e zi, me 300x600 piksel, ka madhësi 22.5 kB. Imazhi i njëjtë me shkallë të përhimët, ka madhësi 180 kB, ndërsa me ngjyra (RGB), ka madhësi 540 kB. Modeli matematik për llogaritjen e madhësisë së imazhit në kB është:

$$\text{Madhësia e imazhit} = \frac{(\text{rreshtat}) * (\text{kolonat}) * \text{bit depth}}{8(\text{konvertimi në bajt}) * 1024} \quad (6.1)$$

Për shembull, nëse sensori multimedial ka një kapacitet $C = 512$ kbps, atëherë vonesa e transmetimit, në varësi të madhësisë së imazhit, është paraqitur me modelet matematike (6.2), (6.3), (6.4):

$$T_t = \frac{L_{rgb}}{C} = \frac{4320 \cdot 10^3 \text{ bit}}{512 \cdot 10^3 \text{ bit/s}} = 8.44s \quad (6.2)$$

$$T_t = \frac{L_{hiri}}{C} = \frac{1440 \cdot 10^3 \text{ bit}}{512 \cdot 10^3 \text{ bit/s}} = 2.8s \quad (6.3)$$

$$T_t = \frac{L_{bardh-zi}}{C} = \frac{180 \cdot 10^3 \text{ bit}}{512 \cdot 10^3 \text{ bit/s}} = 0.35s \quad (6.4)$$

Mirëpo, konvertimi i imazhit në bardh e zi, mund të shkaktoj humbjen e strukturës së objekteve brenda imazhit. Me fjalë tjera, mund të shkaktoj humbje të detajeve të strukturës së objekteve në imazh. Kjo do të ndikoj në vështirësimin e identifikimit të përmbajtjes së imazhit nga autoritetet e sigurisë. Që të ruhen karakteristikat e përgjithshme të imazhi, detektimi i detajeve të objekteve në mënyrë sa më të saktë është një faktor kyç. Me qëllim të zbulimit të këtyre detajeve të imazheve, sot janë të pranishme disa algoritme.

Këto algoritme (filtra), tentojnë që përmes detektimit të pikseleve që korrespondojnë me skajet e objekteve të imazhit të nxjerrin në pah, sa më mirë strukturën e objekteve. Me detektimin e këtyre pikseleve, informacionet më pak të rëndësishme nuk merren në konsideratë. Andaj, zbulimi i skajeve, luan një rol të rëndësishëm në analizimin e vetë imazhit. Informacioni më i rëndësishëm brenda një imazhi, qëndron pikërisht në skajet e tij. Kështu që, vazhdimisht janë ndërtuar algoritme që mundësojnë kapjen e pikseleve që përfaqësojnë këtë informacion. Prandaj, në këtë punim, do të prezantojmë një algoritëm të ri, i cili mundëson që në mënyrë efikase të realizoj detektimin e pikseleve të cilat korrespondojnë me skajet e imazhit të kapur nga sensorët multimedial ose ndonjë pajisje tjetër elektronike. Rezultatet e arritura me aplikimin e këtij algoritmi, do të krahasohen me rezultatet e arritura nga aplikimi i filtrave tradicional që janë në përdorim si, *Prewitt*, *Sobel*, *Laplacian of Gaussian*, *Canny*, etj. Nga ky krahasim, do të shihet se ky algoritëm, në krahasim me filtrat tradicional, tregon përparësi të konsiderueshme. Përparësitë e algoritmit do të jenë më të theksuara në krahasim me filtrat, *Prewitt*, *Sobel* and *Laplacian of Gaussian*.

Nga ana tjetër, gjatë procesit të kapjes, përpunimit, transmetimit dhe bartjes së imazhit deri tek autoritetet e sigurisë, imazhi mund të degradohet nga faktor të ndryshëm. Një ndër faktorët që ndikon në degradimin e performancës së imazheve të kapura nga sensorët multimedial është prania e zhurmave. Zhurmat mund të jenë shkaktuar, si rezultat i kushteve atmosferike ose nga vetë sensori.

Tradicionalisht, për restaurim të pikseleve të korruptuara të imazhit janë përdor filtra të veçantë për zhurma të veçanta. Për shembull, për restaurim të pikseleve të korruptuara nga zhurma e Gausit është i përshtatshëm për t'u përdorur filtri i Gausit. Ndërsa për zhurmën *salt* dhe *pepper*, preferohet të aplikohet filtri *Median*, etj. Secili nga këta filtra tradicional, mund të tregoj performancë të mirë në restaurimin e pikseleve të korruptuar nga një lloji i veçantë i zhurmës. Mirëpo, këta filtra nuk tregojnë një performancë të mirë, kur imazhi është korruptuar njëkohësisht nga lloje të ndryshme të zhurmës. Në anën tjetër, siç dihet, imazhi, mund të jetë korruptuar njëkohësisht nga lloje të ndryshme të zhurmave, si: *Salt & Pepper Noise (SPN)*, *Speckle Noise (SPKN)*, *Gaussian noise*, *poisson noise*, etj. Në këto raste, përdorimi i filtrave tradicional, për largimin e zhurmave të ndryshme në kuadër të pikseleve të imazhit nuk ofron rezultate të dëshiruara. Me qëllim të zgjidhjes së këtyre problemeve, ne kemi zhvilluar një algoritëm të ri, i cili mundëson restaurimin e pikseleve të korruptuara të imazhit, njëkohësisht nga lloje të ndryshme të zhurmës. Rezultatet e fituara nga ky algoritëm janë prezantuar në vijim.

6.2 Llojet e imazheve digjitale

Në këtë sektor, do të shtjellojmë shkurtimisht disa nga llojet e imazheve që ekzistojnë. Disa nga llojet e imazheve janë:

Imazhet bardh e zi. Çdo piksel është vetëm i zi (biti 0) ose i bardhë (biti 1). Në këtë rast kemi vetëm dy vlera të mundshme për çdo piksel 0 ose 1. Me fjalë tjera, kemi nevojë për vetëm një bit për piksel. Këto imazhe janë të përshtatshme për ruajtjen e teksteve të shtypura, ruajtjen e shenjave të gishtave, etj. Në imazhet binare, kemi vetëm dy ngjyra: e bardha për skaje dhe e zeza për sfond (*background*) [55]. Secili piksel i këtyre imazheve përfaqësohet nga një matricë e cila përbëhet prej 1-ve dhe 0-ve. Imazhet bardh e zi, kanë një madhësi dukshëm më të vogël sesa llojet tjera të imazheve. Pikërisht kjo, e bënë këtë lloji të imazhit të përshtatshëm për bartje me një minimum të energjisë së sensorit. Prandaj, pikërisht ky lloji i imazheve do të përdoret për nxjerrjen e rezultateve.

Imazhet ngjyrë hiri. Te imazhet ngjyrë hiri, çdo piksel është me një nuancë gri, zakonisht nga 0 (ngjyra e zezë) deri në 255 (ngjyra e bardhë). Çdo piksel përmban 8 bit, ose saktësisht 1bajt. Ky numër i bitëve është i mjaftueshëm për njohjen e shumicës së objekteve natyrore [54]. Secili piksel i këtyre imazheve përfaqësohet nga një matricë e cila përmban vlera nga 0-255 dhe të cilat përfaqësojnë nuanca të ngjyrës.

Imazhet RGB. Çdo piksel ka një ngjyrë të veçantë, e cila ngjyrë përshkruhet nga një sasi e ngjyrës së kuqe, gjelbër dhe kaltër. Meqenëse, secila prej këtyre komponentëve ka një gamë prej 0-255 nuancave të ngjyrës, kjo jep një total prej $255^3 = 16777216$ ngjyra të ndryshme të mundshme në imazh. Këto ngjyra janë te mjaftueshme për çdo imazh [54]. Çdo piksel i një imazh RGB mund të konsiderohet si i përbërë nga tre vektor, të cilët përfaqësojnë vlerat e ngjyrës së kuqe, gjelbër dhe kaltër.

6.3 Llojet e mundshme të zhurmës në imazh

Zhurma në një imazhi është një faktor i cili ndikon në ndryshimin e shkëlqimit ose informacionit të ngjyrës së imazhit. Meqenëse, prania e zhurmës në imazhit, ndikon në degradimin e imazhit, duhet që kjo të eliminohet sa më shumë që është e mundur. Zhurma është informacion i padëshirueshëm që përfshihet në kuadër të imazhit pa dëshirën tonë.

Sa më e lartë të jetë prania e zhurmës në imazh, aq më e vështirë është detektimi i skajeve të objekteve në imazh sepse skajet në prani të zhurmës kanë frekuencë të lartë. Zhurmat mund të shkaktohen nga:

- Sensori (p.sh. interferencat termike ose elektrike)
- Kushtet atmosferike (shiu, bora, etj.).

Zhurmat në përgjithësi mund të grupohen në dy grupe, si:

- Zhurma e bardh e Gausit
- Zhurma impulsive (zakonisht i referuar zhurmës *speckle*, *salt and pepper*, etj.).

6.3.1 Zhurma e Gausit

Zhurma e Gausit në imazhet digjitale, zakonisht shkaktohet gjatë procesit të përvetësimit, p.sh. zhurma nga sensor i shkaktohet, si rezultat i ndriçimit të dobët, temperatura e lartë dhe si rezultat i transmetimit (p.sh. zhurma elektronike e qarqeve). Në rastin e zhurmës së Gausit, çdo piksel në imazh do të ndryshohet nga vlera e saj origjinale për një (zakonisht) vlerë të vogël. Zhurmat impulsive e imazhit, shpesh mund të përshkruhet si një model i zhurmës shtesë. Me fjalë tjera, në këtë rast, imazhit $f(i, j)$ i shtohet edhe zhurma $n(i, j)$. Zhurma e tillë është paraqitur në fig. 6.1.

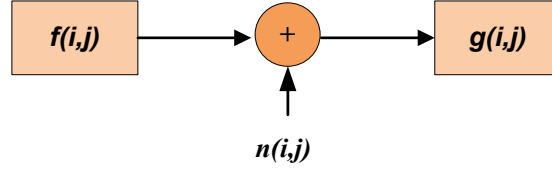


Figura 6.1. Paraqitja e zhurmës së Gausit

Kështu, pas përfshirjes së zhurmës në imazh, imazhi në dalje do të jetë:

$$g(i, j) = f(i, j) + n(i, j) \quad (6.2)$$

Zhurma $n(i, j)$ shpesh është me vlerë mesatare zero dhe përshkruhet nga varianca e saj σ_n^2 . Efekti i zhurmës në imazh është përshkruar nga raporti sinjal-zhurmë (SNR), i cili është dhënë me modelin matematik (6.3):

$$SNR = \frac{\sigma_s}{\sigma_n} \quad ose \quad SNR_{dB} = 10 \log_{10} \frac{\sigma_s}{\sigma_n} \quad (6.3)$$

ku σ_s dhe σ_n janë respektivisht varianca e imazhit të vërtetë dhe imazhit të regjistruar. Ndërsa, shpërndarja e zhurmës së Gausit është definuar me modelin matematik (6.4):

$$P(g) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(g-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (6.4)$$

ku: g - vlera e ngjyrës së hirit, σ - devijimi standard dhe μ - vlera mesatare.

Mirëpo, pavarësisht nga burimet dhe mënyrat e përfshirjes së zhurmës në imazh, për largimin ose zvogëlimin e saj, nevojitet aplikimi i filtrave të përshtatshëm. Me aplikimin e këtyre filtrave, synohet largimi ose reduktimi i zhurmës e cila është pjesë e imazhit pa dëshirën ton.

6.3.3 Zhurma kripë dhe piper

Zhurmat impulsive, nganjëherë janë quajtur si *salt and pepper*. Një imazh që përmban kripë-dhe-piper (**Salt and Pepper**) do të ketë piksele të errëta në rajone të ndritshme (merr një vlerë minimale 0) dhe pikësele të ndritshme në rajonet e errëta (merr një vlerë maksimale 255). Në një rast të tillë, pikselet në imazh janë shumë të ndryshëm në ngjyrë ose intensitet nga pikselet përreth tyre. Në këtë rast, si karakteristikë përcaktuese është se vlera e një pikseli të zhurmshëm nuk ka lidhje me intensitetin e ngjyrës së pikseleve fqinjësi [55].

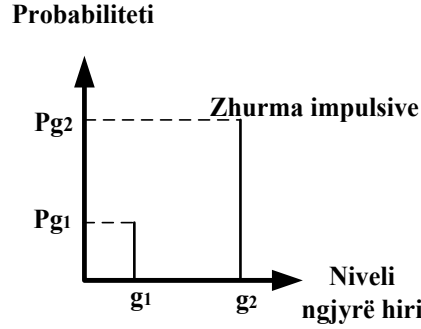


Figura 6.2. Zhurma kripë dhe piper

Zhurma impulsive ndodh gjatë procesit të kapjes së imazhit nga sensori multimedial dhe dërgimit të tij deri tek autoritetet e sigurisë. Kjo ndodhë për shumë arsye, natyrore dhe jo-natyrore, për shembull, si rezultat i gabimeve gjatë procesit të konvertimit analog - digjital, gabimeve në pajisjet e komunikimit, ndërhyrjeve elektromagnetike, gabimeve gjatë procesit të sinkronizimit, kushteve atmosferike, etj. Një rast i kësaj zhurme, me nivel të zhurmës ngjyrë hiri është paraqitur në figurën 6.2 dhe përmes modelit matematik (6.5).

$$P(g) = \begin{cases} P_{g_1} & \text{për } g = g_1 & \text{kripë} \\ P_{g_2} & \text{për } g = g_2 & \text{piper} \\ 0 & & \text{tjera} \end{cases} \quad (6.5)$$

ku: $P(g)$ - është probabiliteti i zhurmës në piksel; P_{g_1} dhe P_{g_2} - janë densitetet e zhurmës për kripë dhe piper.

Meqenëse, densiteti i zhurmës për kripë dhe piper mund të jetë i ndryshëm, atëherë densiteti total do të jetë:

$$P(g) = P_{g_1} + P_{g_2} \quad (6.6)$$

6.3.3 Zhurma Poisson

Zhurma *Poisson* është një lloji zhurme që ndodh si rezultat i luhatjeve kuantike statistikore, përkatësisht, si rezultat i ndryshimit të numrit të fotoneve në një nivel të caktuar të ekspozimit. Kjo zhurmë është dominuese në pjesët më të errëta të një imazhi të kapur nga sensorët. Prezenca e kësaj zhurme mund të vërehet edhe në pajisjet optike dhe varet nga natyra e grimcave të dritës. Kjo zhurmë, gjithashtu është quajtur si zhurmë kuantike (*photon*) ose *shot noise* [56]. Probabiliteti i shpërndarjes së kësaj zhurme definohet me modelin matematik (6.7):

$$P(\lambda; k) = \frac{\lambda^k e^{-\lambda}}{k!} \quad (6.7)$$

ku:

λ – është numri mesatar i ngjarjeve që ndodhin gjatë një intervali kohor;

e - Euler's number (2.718...)

k – merr vlerat 0, 1, 2, 3...

Modeli matematik (6.7) paraqet probabilitetin e shpërndarjes së zhurmës së *Poission-it*.

6.3.4 Zhurma *Speckle*

Zhurma *Speckle* është zhurmë multiplikative. Praninë e kësaj zhurme mund të vërejmë në imazhet e kapura nga sistemet koherente të tilla si, laser, radar, sensorët, pajisjet akustike, etj. Zhurma *Speckle* paraqitet në formë të njollave të vogla, ashtu si pikat natyrore të ngjyrës në një lëkurë [57]. Pra, zhurma e tillë i referohet rastit të gjenerimit të njollave të vogla të shumta në imazh. Zhurma *Speckle* mund të jetë e pranishme në një imazh në mënyrë të njëjtë, si zhurma e Gausit. Kjo zhurmë mund të modelohet duke realizuar shumëzimin e vlerave të rastit me vlerat e pikseleve të imazhit dhe mund të shprehet me modelin matematik (6.8) [57], [58]:

$$J = I + n * I \quad (6.8)$$

ku:

J – shpërndarja e zhurmës *Speckle* në imazh;

I – Imazhi hyrës

n – zhurma uniforme e imazhit me vlerë mesatare 0 dhe variancë v

6.4 Filtrat tradicional për largim të zhurmës

Filtrimi është një teknikë e cila aplikohet për modifikimin dhe përmirësimin e imazhit. Me fjalë tjera, filtrimi është një veprim matematikorë fqinjësor, ku vlera e një pikëseli në imazhin dalës është definuar nga aplikimi i algoritmeve që bazohen në vlerat e pikseleve fqinje të matricës së imazhit korrespondues hyrës. Mirëpo, duhet cekur se një ndër aplikimet mjaftë të rëndësishme të filtrimit është aplikimi për heqjen e zhurmës nga imazhi. Sot, mund të gjenden disa lloje të filtrave që aplikohen për këtë qëllim. Disa nga filtrat më të njohur që aplikohen për filtrimin e zhurmave nga imazhi janë:

- Filtri *Median*,
- Filtri *Mean*,
- Filtri *Gaussian*,
- Filtri *Wiener*,
- Filtri *Adaptive*, etj.

Në vijim do të paraqesim parimin e punës për filtrin *Median*, filtrin *Mean* dhe filtrin *Gaussian*, të cilët janë ndër filtrat më të rëndësishëm që aplikohen për qëllimet e reduktimit ose largimit të zhurmave nga imazhi.

6.4.1 Filtri Median

Filtri *Median* është një filtër jo linearë [57] i cili është mjaftë i përshtatshëm për largimin e zhurmave impulsive në imazh. Ky filtër mundëson ruajtjen e skajeve të imazhit, pas largimit të zhurmës. Për largim të zhurmës, filtri *Median* përdor një matricë të Kërnelit 3x3, e cila aplikohet pikësel pas pikëselit përgjatë matricës së imazhit. Pastaj, pikselet brenda matricës së *kernel*-it, janë renditur varësisht nga vlera e pikëselit, duke filluar nga pikëseli me vlerë më të vogël ose barazi deri te pikëseli me vlerë më të madhe. Pas renditjes, vlera e vërtetë e pikëselit, zëvendësohet me vlerën e pikëselit të pestë të vargut të pikseleve të renditura. Për të kuptuar më mirë, në vijim do të përshkruajmë aspektin matematikorë të këtij filtri. Aspekti matematik i këtij filtri është paraqitur në figurën 6.3 dhe përmes modelit matematik (6.9).

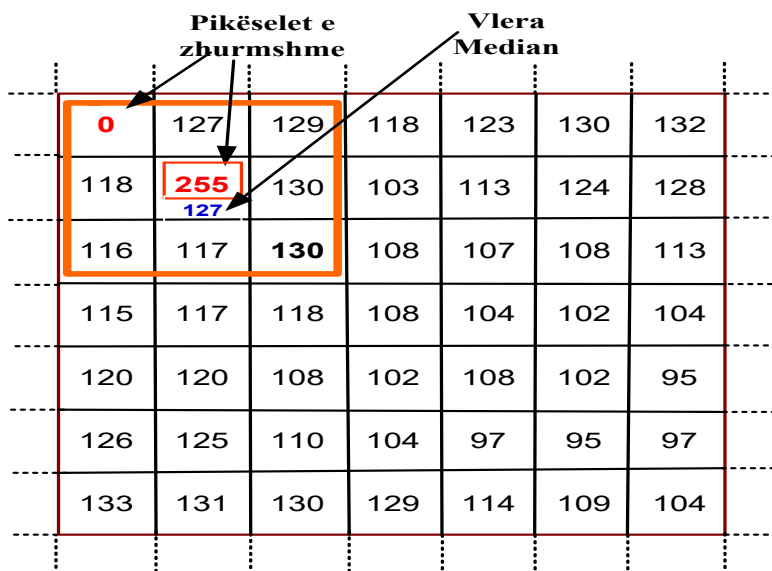


Figura 6.3. Parimi i punës së filtrit Median në matricën e pikseleve të imazhit

$$\left. \begin{aligned}
 &\text{Vlerat fqinjë} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \\
 &= a_{11} \leq a_{31} \leq a_{32} \leq a_{21} \leq a_{12} \leq a_{13} \leq a_{23} \leq a_{33} \leq a_{22} \\
 &= 0 \leq 116 \leq 117 \leq 118 \leq 127 \leq 129 \leq 130 \leq 130 \leq 255 \\
 &\text{Median vlera} = 127
 \end{aligned} \right\} \quad (6.9)$$

6.4.2 Filtri Mean

Gjithashtu, filtri *Mean* është mjaft i përshtatshëm për aplikim për heqjen e zhurmës impulsive. Filtri *Mean* është thjeshtë një filtër linear [59], me fjalë tjera është një metodë intuitive dhe e lehtë për t'u aplikuar në imazh. Ky filtër aplikohet duke zvogëluar sasinë e variacionit të intensitetit ndërmjet një pikëseli dhe një pikëseli tjetër. Ky filtër zakonisht është menduar si një filtër konvolucional. Në mënyrë të ngjashme, sikurse filtrat tjerë konvolucional, ky filtër bazohet në një Kernel. Për heqjen e zhurmës, filtri *Mean* përdor një maskë Kernel 3x3, e cila aplikohet përgjatë çdo pikëseli të imazhit. Ideja e filtrit *Mean* është thjesht të zëvendësoj çdo vlerë të pikëselit në imazh me vlerën mesatare të fqinjëve të saj, duke përfshirë edhe veten [59].

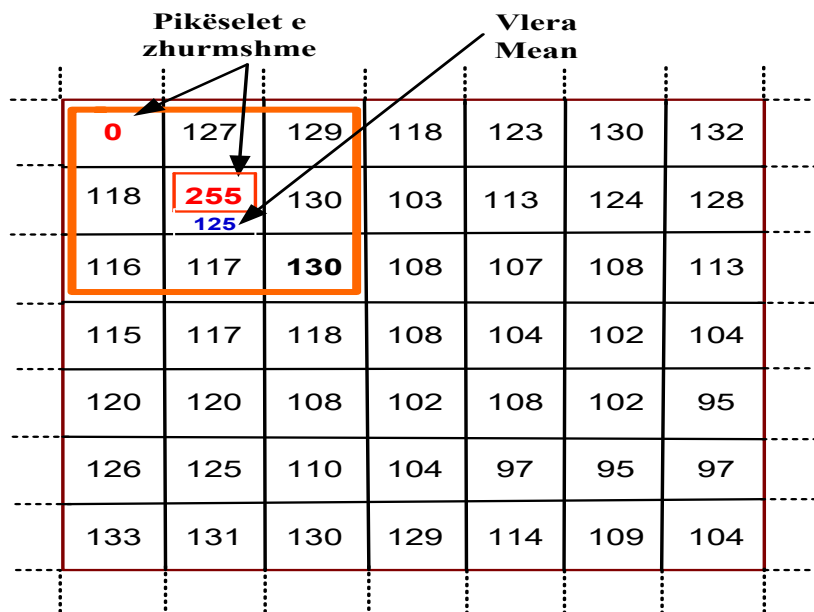


Figura 6.4. Parimi i punës së filtrit *Mean* në matricën e pikseleve të imazhit

$$\mathbf{k} = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Figura 6.5. Maska e Kernelit 3x3

Në këtë rast, me qëllim që të kemi më të qartë se si funksionon ky filtër, në vijim do të përshkruajmë aspektin matematikorë të këtij filtri. Aspekti matematik i këtij filtri është paraqitur në figurën 6.4 dhe 6.5, si dhe përmes modelit matematik (6.10). Me qëllim të gjetjes së vlerës mesatare, duhet të gjendet korrelacioni ndërmjet vlerave të imazhit dhe maskës së kernelit. Një korrelacion i tillë gjendet duke përdorur modelin matematik (6.10):

$$Vlera\ mesatare = Gxk$$

$$= \frac{1}{9} \sum_{i=1}^9 \sum_{j=1}^9 a_i x k_j \quad (6.10)$$

$$= \frac{1}{9} (0x1 + 127x1 + 129x1 + 118x1 + 130x1 + 130x1 + 116x1 + 117x1 + 255x1)$$

$$\cong 125$$

Ku: a_i - vlerat e pikseleve të imazhit dhe k_j - vlerat e maskes së kernelit.

6.4.3 Filtri i Gausit

Filtri i Gausit është shumë i rëndësishëm për arsye teorike dhe praktike. Me aplikimin e këtij filtri largimi i zhurmave realizohet duke aplikuar një *kernel* diskret që rrjedh nga një formë radiale simetrike e një funksioni të vazhdueshëm *Gaussian* 2-D [55]. Funksioni i Gausit është paraqitur përmes modelit matematik (6.11):

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{\left(-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}\right)} \quad (6.11)$$

ku:

- x – është distanca nga origjina në drejtim të boshtit horizontal,
- y – është distanca nga origjina në drejtim të boshtit vertikal, dhe
- σ – është devijimi standard i shpërndarjes së Gausit.

Filtri i Gausit është një filtër 2D spiral, aplikimi i të cilit ka efektin e zbutjes së imazhit. Mirëpo, filtri i Gausit, zbutjen e imazhit e realizon në një mënyrë që është disi e ndryshme nga filtrat tjerë. Në rastin e aplikimit të filtrit të Gausit, fillimisht, shkalla e zbutjes është kontrolluar nga zgjedhja e parametrin të devijimit standard σ , jo nga vlera absolute e madhësisë së *kernel*-it (siç ishte rasti me filtrin mesatar). Pastaj, funksioni i Gausit ka një veti mjaft të veçantë, domethënë transformimi furie i tij është gjithashtu një funksion i Gausit, që e bënë atë shumë të përshtatshëm për analizë të domenit frekuencor të filtrit [55].

Në këtë rast, me qëllim që të kuptojmë se si funksionon ky filtër, në vijim do të përshkruajmë aspektin matematikorë të këtij filtri. Aspekti matematik i këtij filtri është paraqitur në figurën 6.6, dhe 6.7, si dhe përmes ekuacionit matematik:

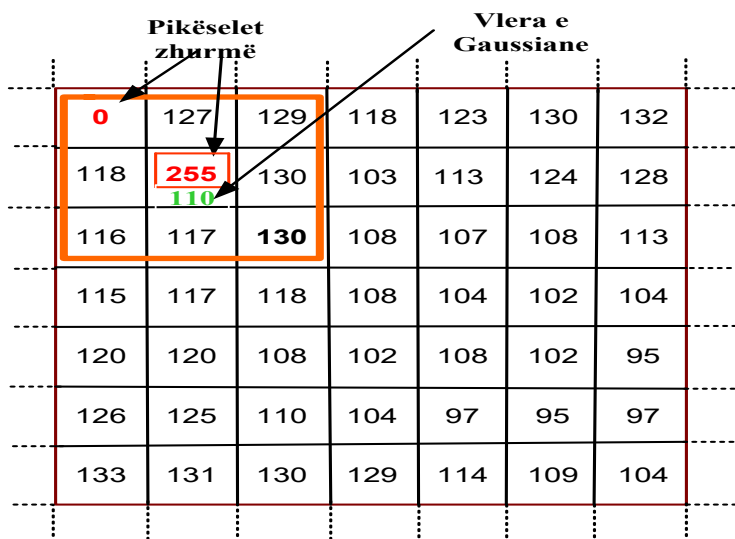


Figura 6.6. Parimi i punës së filtrit të Gausit në matricën e pikseleve të imazhit

Le të marrim se devijimi standard është $\sigma = 1$ dhe matricat e *kernel*-it 3×3 , si në figurën 6.7.

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & +1 \\ -1 & 0 & +1 \\ -1 & 0 & +1 \end{bmatrix} \quad G_y = \begin{bmatrix} +1 & +1 & +1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

Figura 6.7. Matricat e *kernel*-it për drejtimin horizontal dhe vertikal

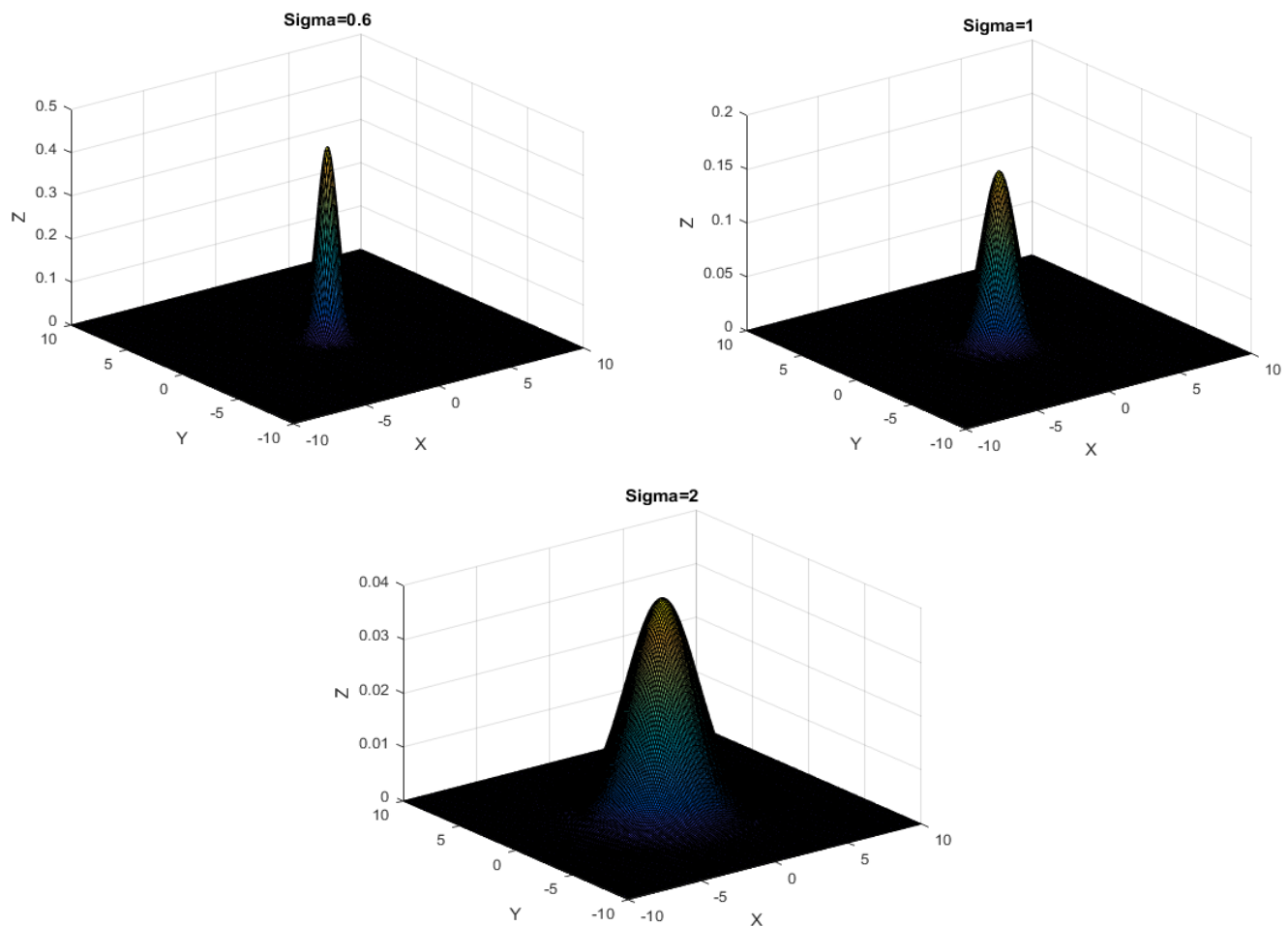


Figura 6.8. Paraqitja në koordinata x, y, z e funksionit të Gausit në varësi të sigmës

Tani gjejmë matricën e Gausit:

$$\begin{aligned}
 G(x, y) &= \frac{1}{2 * 3.14 * 1^2} \begin{bmatrix} e^{-1} & e^{-0.5} & e^{-1} \\ e^{-0.5} & e^0 & e^{-0.5} \\ e^{-1} & e^{-0.5} & e^{-1} \end{bmatrix} = \frac{1}{6.28} \begin{bmatrix} 0.368 & 0.607 & 0.368 \\ 0.607 & 1 & 0.607 \\ 0.368 & 0.607 & 0.368 \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} 0.0586 & 0.0967 & 0.0586 \\ 0.0967 & 0.159 & 0.0967 \\ 0.0586 & 0.0967 & 0.0586 \end{bmatrix} \quad (6.11)
 \end{aligned}$$

Nga modeli matematik (6.11), mund të shihet se në qendër të matricës së Gausit është vlera më e madhe se të gjitha vlerat tjera. Tani do të shumëzojmë pjesën e përzgjedhur të pikseleve në matricën e imazhit me matricën e Gausit, si në (6.12).

$$\begin{aligned}
K = M(i, j) * G(x, y) &= \begin{bmatrix} 0 & 127 & 129 \\ 118 & 255 & 130 \\ 116 & 117 & 130 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0.0586 & 0.0967 & 0.0586 \\ 0.0967 & 0.159 & 0.0967 \\ 0.0586 & 0.0967 & 0.0586 \end{bmatrix} \\
&= \begin{bmatrix} 0 & 12.28 & 7.56 \\ 11.41 & 40.55 & 12.57 \\ 6.80 & 11.31 & 7.62 \end{bmatrix} \quad (6.12)
\end{aligned}$$

$$Vlera = 0 + 12.28 + 7.56 + 11.41 + 40.55 + 12.57 + 6.80 + 11.31 + 7.62 \cong 110 \quad (6.13)$$

Tani, vlera e fituar pas llogaritjes e zëvendëson vlerën e pikëselit në matricën e imazhit, si në figurën 6.6. Ndërsa, në figurën 6.8 në koordinata x, y, z është paraqitur funksioni i Gausit në varësi të vlerës së Sigmës.

6.5 Modelimi i një algoritmi të ri për largim të zhurmave nga imazhi

Deri tani, shumë metoda janë aplikuar për reduktimin e zhurmës në një imazh të kapur nga sensori multimedial. Në sektorin 6.4, analizuam filtrat tradicional që përdoren për largim të zhurmave nga imazhi. Mirëpo, asnjë nga filtrat tradicional që përdoren për këtë qëllim nuk janë të përshtatshëm për përdorim në rastet kur imazhet janë të korruptuara njëkohësisht nga lloje të ndryshme të zhurmave. Andaj, në këtë sektor, do të propozojmë një algoritëm të ri i cili do të mundësojë rikuperimin e pikseleve të imazhit në mënyrë të suksesshme pavarësisht nga lloji i zhurmës që ka korruptuar imazhin. Në këtë rast, me qëllim që të kuptojmë se si funksionon ky filtër, në vijim do të paraqesim pseudo-kodin e këtij algoritmi.

Le të marrim një imazh $A(i, j)$, si imazh i hyrjes me dimensione $m \times n$. Ku i merr vlera $i \in (1 \dots m)$ dhe j merr vlera $j \in (1 \dots n)$.

Algoritmi 1: Ky algoritëm kalon nëpër këta hapa:

Hapi 1: Leximi i imazhit origjinal $A(i, j)$;

Hapi 2: Konvertimi i imazhit origjinal $A(i, j)$ në imazh ngjyrë hiri $B(i, j)$;

Hapi 3: Imazhit $B(i, j)$ i shtohet zhurma *salt & pepper* me densitet të zhurmës $d=0.2$ ($C(i, j)$);

Hapi 4: Imazhit $C(i, j)$ me zhurmë *salt & pepper*, i shtohet zhurma *poisson* ($D(i, j)$);

Hapi 5: Imazhit $D(i, j)$ me zhurmë *salt & pepper* and *poisson*, i shtohet zhurma *Speckle* ($E(i, j)$);

Hapi 6: Imazhit $E(i, j)$ me zhurmë *salt & pepper & poisson* and *Speckle*, i shtohet zhurma *gaussian* me devijim standard $\sigma=0.02$ ($F(i, j)$);

Hapi 7: Përcaktojmë maskës me dimensione 3x3 e cila aplikohet në matricën e imazhit të korruptuar nga zhurmat e ndryshme $F(i,j)$;

Hapi 8: Kthejmë numrin e rreshtave dhe kolonave të matricës $F(i,j)$ në variabile të ndara në dalje (m, n) ;

Hapi 9: Aplikojmë unazën e parë për matricën:

$$A(x, y) = \sum_{x=1}^n \sum_{y=1}^m k((x + m - 1, y + m - 1))$$

Hapi 10: Aplikojmë unazën e dytë për projektim të filtrit për rikuperim të pikseleve të imazhit $A(i,j)$, ku i dhe j marrin vlera $i \in (1 \dots n)$ dhe $j \in (1 \dots m)$;

Hapi 11: Fillojmë me $l=1$ brenda unazës së dytë dhe rritet për një $(l=l+1)$;

Hapi 12: Aplikohet maska 3x3 brenda unazës së dytë:

$$K(l) = \sum_{x=1}^3 \sum_{y=1}^3 k((i + x - 1, j + y - 1))$$

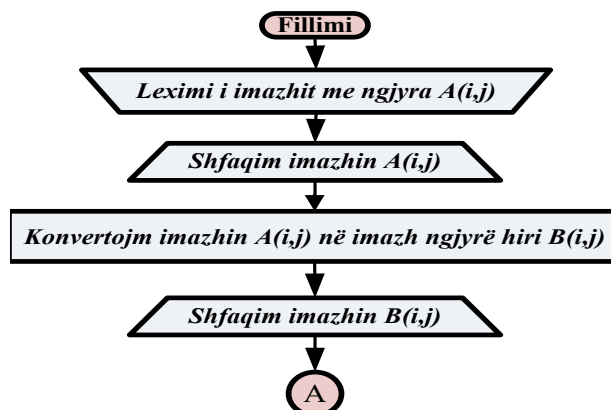
Hapi 13: Sortojmë vlerat e pikseleve brenda maskës së aplikuar nga pikëseli me vlerë më të vogël deri të pikëseli me vlerë më të madhe;

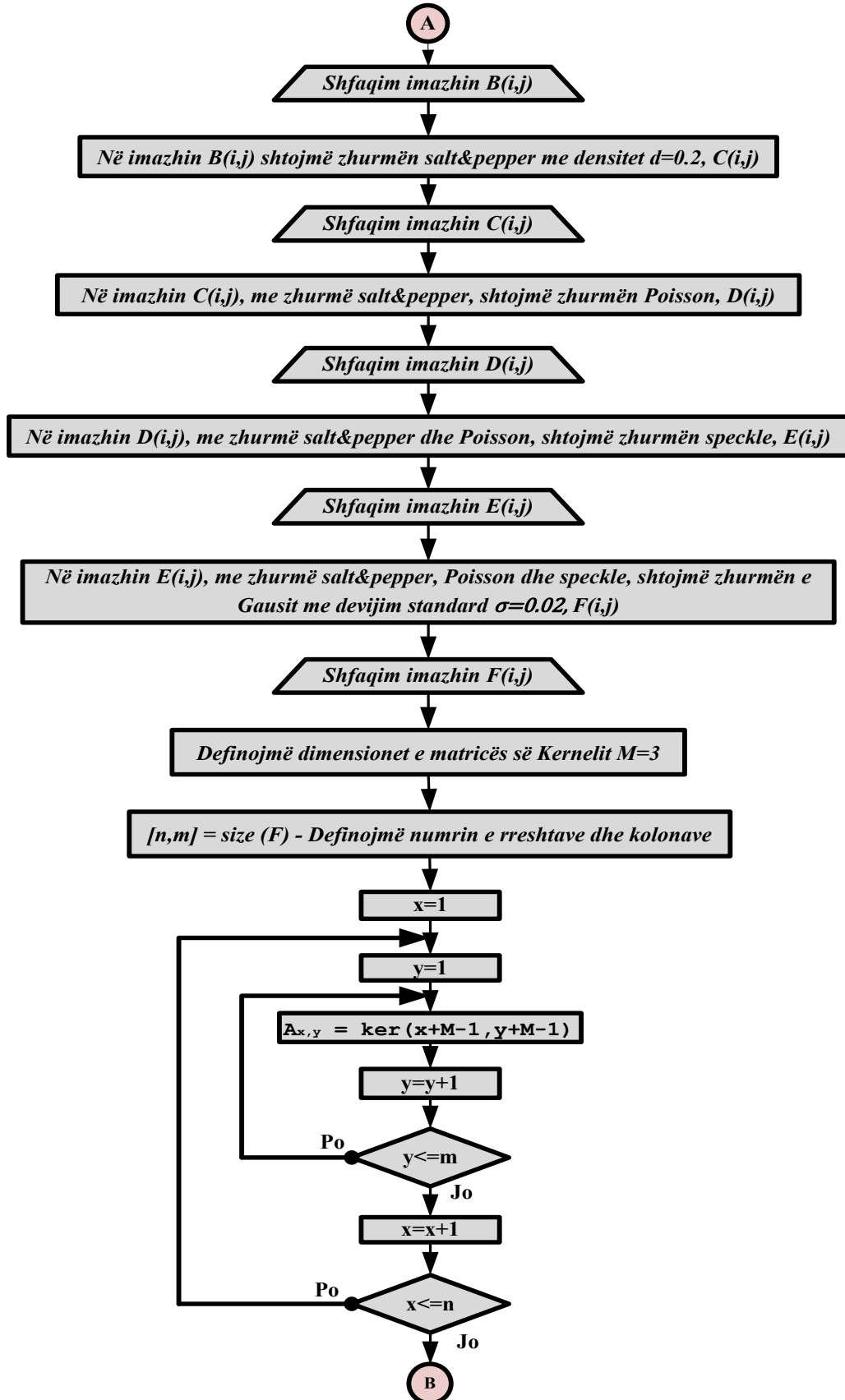
Hapi 14: Pas sortimit të pikseleve (hapi 13), zgjedhim pikëselin me vlerë të mesëm (pikëseli i pestë) dhe zëvendësohet pikëseli paraprak me pikëselin e zgjedhur;

Hapi 15: Paraqitja e imazhit pas largimit të zhurmës;

Hapi 16: Paraqitja e imazhit në koordinata (x,y,z) , pas largimit të zhurmës.

Që të jetë më e qartë se si funksionon ky algoritëm, në figurën 6.9, do të prezantohet bllok diagrami, i cili përshkruan parimin e punës së algoritmit hap pas hapi.





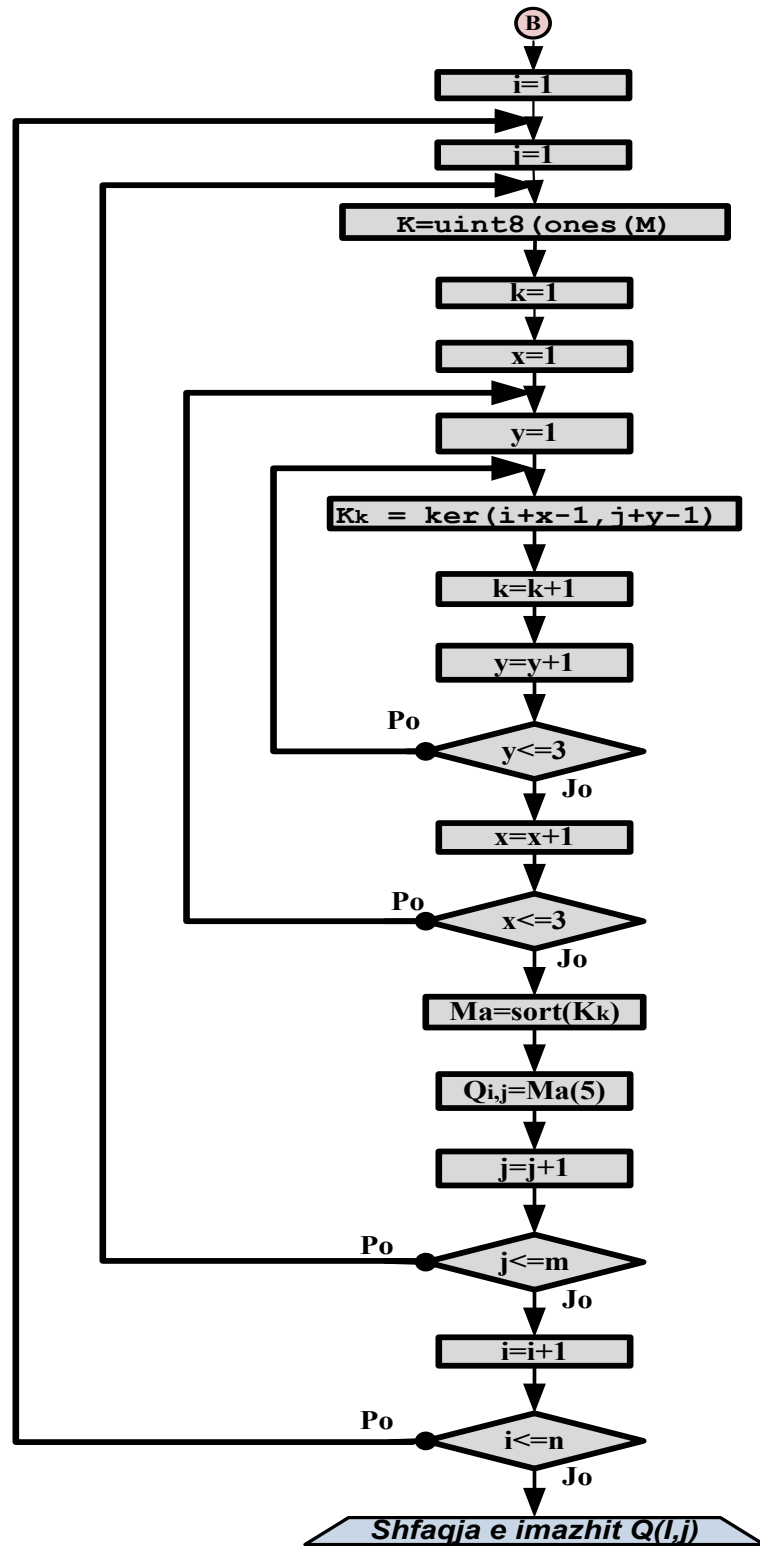


Figura 6.9. Bllok diagrami i algoritmit të propozuar për largim të zhurmave

6.5.1 Modelet matematikore te aplikuar për krahasim të rezultateve

Në këtë sektor do të prezantojmë modelet matematikore të cilat kemi përdorur me qëllim të nxjerrjes së rezultateve dhe krahasim të tyre. Një nga modelet matematike mjaft i përdorur për matjen e kualitetit të imazhit është *Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR)*. PSNR paraqet raportin midis vlerës maksimale të mundshme të pikëseli (vlera maksimale e pikëselit është 255) dhe *Mean-Square Error (MSE)*. Sa më e lartë vlera e PSNR, aq më i lartë kualiteti i imazhit. Modeli matematikorë për PSNR definohet me:

$$PSNR = 10 * \log_{10} \left(\frac{MAX_A^2}{MSE} \right) \quad (6.14)$$

Ndërsa, MSE paraqet gabimin midis imazhit të filtruar dhe atij origjinal. Sa më i vogël MSE, aq më i vogël gabimi. Vlera e MSE-së, drejtpërdrejt do të ndikoj në vlerën e PSNR-së. Modeli matematikorë për MSE është:

$$MSE = \frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} [A(i, j) - K(i, j)]^2 \quad (6.15)$$

Në disa raste (p.sh. tek filtër Mean), aplikohet korrelacioni ndërmjet imazheve. Korrelacioni llogaritet me modelin matematik:

$$\text{Korrelacioni} = \frac{\sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} (A(i, j) - \overline{A(i, j)})(K(i, j) - \overline{K(i, j)})}{\sqrt{\sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} (A(i, j) - \overline{A(i, j)})^2 \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} (K(i, j) - \overline{K(i, j)})^2}} \quad (6.16)$$

ku: $\overline{A(i, j)}$ dhe $\overline{K(i, j)}$ përfaqësojnë mesataren e pikseleve të imazhit origjinale dhe mesataren e pikseleve të restauruara të imazhit. Llogaritja e $A(i, j)$ realizohet përmes modelit matematik (6.17):

$$\overline{A(i, j)} \text{ (pikselet e imazhit origjinal)} = \frac{\sum A(i, j)}{n} \quad (6.17)$$

6.5.2 Prezantimi dhe interpretimi i rezultateve të fituara me aplikimin e filtrave tradicional për largimin e zhurmave

Në këtë sektor do të prezantojmë dhe interpretojmë rezultatet e fituara me aplikimin e filtrave tradicional që përdoren për largim ose reduktim të zhurmës, e cila mund të ketë korruptuar pikselet

e imazhit, si dhe do të realizohet interpretimi i rezultateve të fituara në varësi të filtrit të aplikuar për largim apo restaurim të pikseleve të korruptuara të imazhit të kapur nga WMSN. Rezultatet janë fituar duke përdorur MATLAB dhe një imazh me 300x600 pikësele. Korruptimi i imazhit digjital është realizuar, duke përdorur lloje të ndryshme të zhurmës, si: *salt and pepper*, *Poisson*, *Speckle and Gaussian noise*. Pas korruptimit të imazhit me zhurma të ndryshme të mundshme, kemi aplikuar veç e veç algoritmet *Wiener*, *Median*, *Mean*, *Average* dhe *Gaussian*. Rezultatet e fituara nga aplikimi i këtyre filtrave do të krahasohen me rezultatet e fituara me aplikimin e algoritmit tonë të modular. Krahasimi dhe interpretimi i rezultateve të fituara është realizuar në formë tabelore dhe përmes imazheve.



Figura 6.10. Rezultatet e fituara me aplikimin e filtrit *Wiener*

Në figurën 6.10, janë prezantuar rezultatet e fituar me aplikimin e filtrit *Wiener*. Duhet cekur se fillimisht në imazh janë shtuar të gjitha llojet e mundshme të zhurmave. Pas shtimit të zhurmave është aplikuar filtri *Wiener*. Nga rezultatet e prezantuara në figurën 6.10, mund të shihet se imazhi i fituar pas aplikimit të filtrit *Wiener* është mjaft i pa pastër nga zhurmat në krahasim me imazhin

original. Andaj, nga rezultatet e fituara mund të arrimë në përfundim se aplikimi i këtij filtri nuk ofron filtrim të mirë të zhurmave, në rastin kur imazhi është korruptuar njëkohësisht nga lloje të ndryshme të zhurmës, si: *Salt and pepper*, *Poisson*, *speckle*, *Gaussian*, etj. Ndërsa në figurën 6.11, në koordinata x, y, z, janë prezantuar rezultatet e fituara me aplikimin e filtrit *Wiener*.

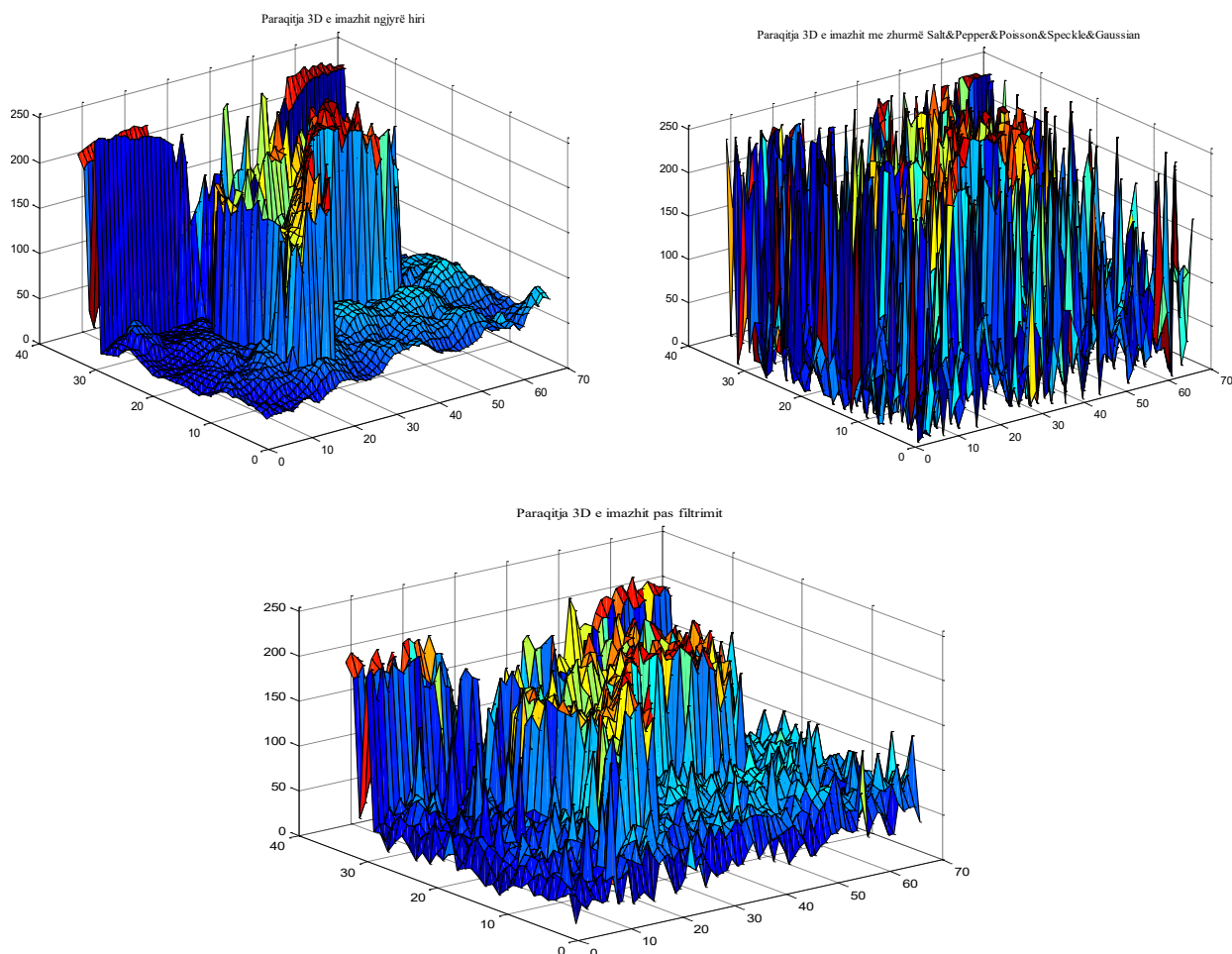


Figura 6.11. Paraqitja në koordinata x, y, z e rezultateve pas aplikimit të filtrit *Wiener*

Në figurën 6.11, pikselet me vlera më të larta përfaqësojnë përqendrimin e pikseleve që përfaqësojnë objektin brenda imazhit. Pra, pikselet me ngjyrë të kuqe, të verdhë, etj., janë pikselet që përfaqësojnë objektin brenda imazhit, ndërsa pikselet me vlerë më të ultë në figurë paraqesin pikselet që përfaqësojnë pjesën e imazhit jashtë objektit në imazh. Nga krahasimi i rezultateve të prezantuara në figurën 6.11, mund të shihet se pikselet e imazhit pas filtrimit të zhurmës, kanë vlera shumë të ndryshme në krahasim me pikselet e imazhit ngjyrë hiri. Mirëpo, për të matur efikasitetin e këtij filtri në rikonstruktimin e pikseleve të korruptuara të imazhit të kapur nga

sensori multimedial, në rastin kur imazhi është korrumpuar nga lloje të ndryshme të zhurmave, kemi gjetur PSNR dhe MSE. Gjetja e PSNR-së dhe MSE-së është realizuar para dhe pas filtrimit të imazhit. Rezultatet e fituara në këtë rast janë prezantuar në tabelën 6.1.

Tabela 6.1 Llogaritja e PSNR-së dhe MSE-së, para dhe pas aplikimit të filtrit Wiener

Wiener	MSE	PSNR (dB)
Para filtrimit	4328.8	11.77
Pas filtrimit	821.9	18.98

Nga rezultatet e prezantuara në tabelën 6.1, mund të shihet se pas aplikimit të filtrit *Wiener*, vlera e MSE-së është ende mjaft e lartë. Gjithashtu, PSNR edhe pse ka një vlerë më të lartë sesa para filtrimit, kjo vlerë është e pa mjaftueshme që të kemi një kualitet të mirë të imazhit. Nëse rezultatet e prezantuara në tabelën 6.1, i krahasojmë me rezultatet e fituara me aplikimin e algoritmit të propozuar dhe të prezantuara në tabelën 6.6, mund të shihet se algoritmi i propozuar ofron rezultate dukshëm më të mira sesa filtri *Wiener*. Andaj, bazuar në rezultatet e prezantuara në figurën 6.10 dhe 6.11, si dhe në tabelën 6.1, mund të përfundojmë se ky filtër nuk ofron rezultate të mira në rastet kur imazhi i kapur nga sensor multimedial është korrumpuar njëkohësisht nga lloje të ndryshme të zhurmave.

Në figurën 6.12, janë prezantuar rezultatet e fituar me aplikimin e filtrit *Mean*. Fillimisht, në mënyrë të njëjtë, si në rastin e aplikimit të filtrit *Wiener*, në imazh janë shtuar zhurma të llojeve të ndryshme. Pas shtimit të zhurmave është aplikuar filtri *Mean*. Nga rezultatet e prezantuara në figurën 6.12, mund të shihet se imazhi i fituar pas aplikimit të filtrit *Mean*, është njëjtë si në rastin e aplikimit të filtrit *Wiener*, mjaft i pa pastër nga zhurmat në krahasim me imazhin origjinal. Andaj, bazuar në rezultatet e fituara mund të vijmë në përfundim se aplikimi i filtrit *Mean*, njëjtë si filtri *Wiener*, nuk na ofron rezultate të mira të filtrimit të zhurmave për rastin kur imazhi është korrumpuar njëkohësisht nga lloje të ndryshme të zhurmës. Ndërsa në figurën 6.13, në koordinata x, y, z, janë prezantuar rezultatet e fituara me aplikimin e filtrit *Mean*. Në figurën 6.13, pikselet me vlera më të larta përfaqësojnë përqendrimin e pikseleve që përfaqësojnë objektin brenda imazhit. Pra, pikselet me ngjyrë të kuqe, të verdhë, etj., janë pikselet që përfaqësojnë objektin brenda imazhit, ndërsa pikselet me vlerë më të ultë (pikselet me nuanca të ngjyrës së kaltër), në figurë paraqesin pikselet që përfaqësojnë pjesën e imazhit jashtë objektit në imazh. Mirëpo, për të matur efikasitetin e këtij filtri në rikonstruktimin e pikseleve të korrumpuara të imazhit të kapur nga sensor multimedial, në rastin kur imazhi është korrumpuar nga lloje të ndryshme të zhurmave, kemi

gjetur PSNR-në dhe MSE-në. Gjetja e PSNR-së dhe MSE-së është realizuar para dhe pas filtrimit të imazhit. Rezultatet e fituara në këtë rast janë prezantuar në tabelën 6.2.



Figura 6.12. Rezultatet e fituara me aplikimin e filtrit *Mean*

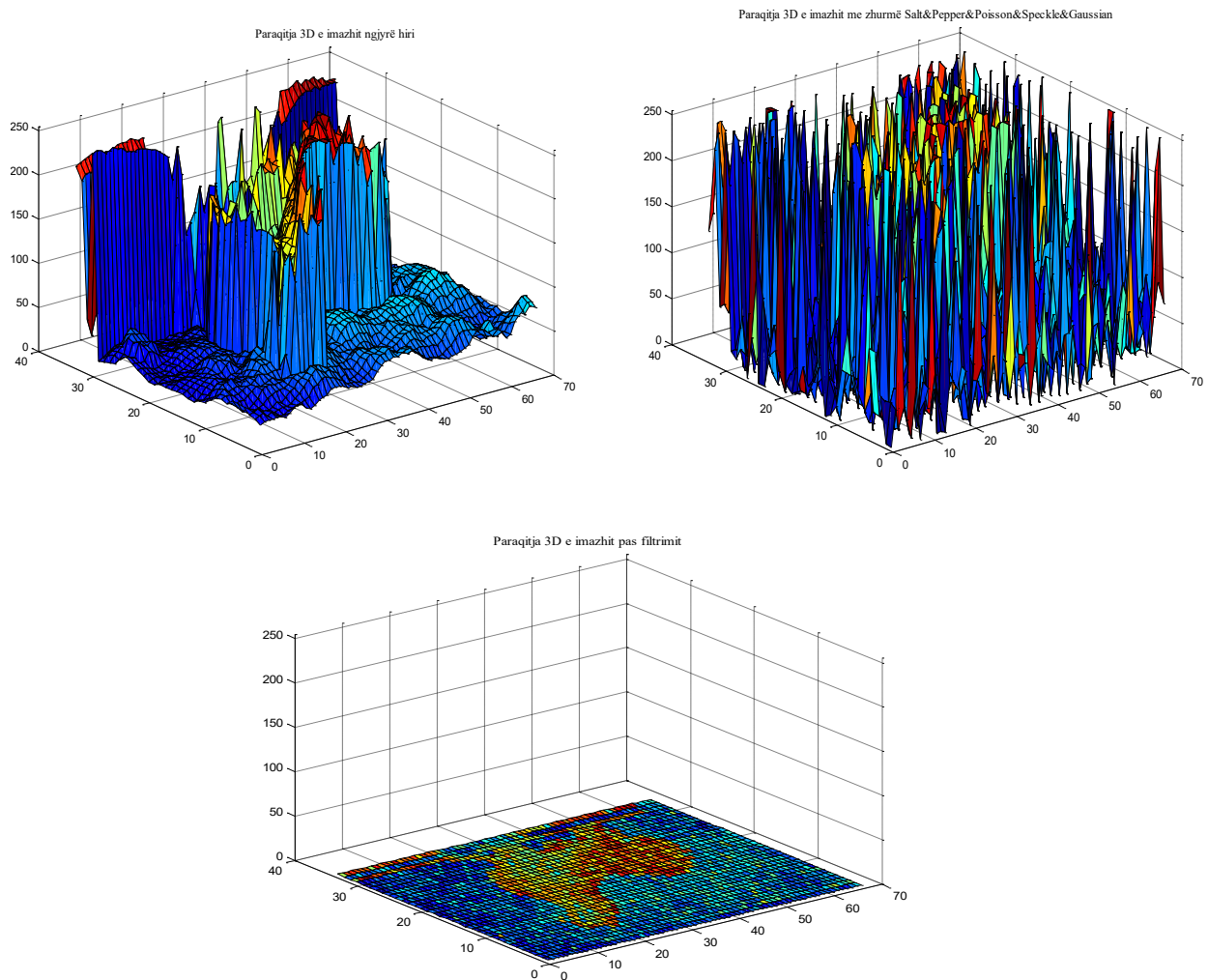


Figura 6.13. Paraqitja në koordinata x, y,z e rezultateve pas aplikimit të filtrit *Mean*

Tabela 6.2 Llogaritja e PSNR-së dhe MSE-së, para dhe pas aplikimit të filtrit Mean

Mean	MSE	PSNR (dB)
Para filtrimit	4328.8	11.77
Pas filtrimit	13533	6.82

Nga rezultatet e prezantuara në tabelën 6.2, mund të shihet se pas aplikimit të filtrit *Mean*, vlera e MSE-së është më e lartë sesa para filtrimit, që logjikisht duhet të jetë e kundërta. Mirëpo, një gjë e tillë ndodh, si rezultat i logjikës së punës që ky filter përdorë, përkatësisht korrelacionit në mesë të pikseleve të imazhit të filtruar dhe atij origjinal, ku si rezultat të gjitha pikselet e imazhit kthen me vlerë më të vogël sesa një. Meqenëse, vlera e gabimit pas filtrimit është shumë e lartë dhe nga ana tjetër PSNR është drejtpërdrejt e varur nga MSE, vlera e PSNR-së në këtë rast do të ketë vlerë më të vogël pas filtrimit sesa para filtrimit. Andaj, bazuar në rezultatet e prezantuara në figurën

6.12 dhe 6.13, si dhe në tabelën 6.2, mund të përfundojmë se ky filtër nuk ofron rezultate të mira filtrimi, në rastet kur imazhi i kapur nga sensori multimedial është korruptuar njëkohësisht nga lloje të ndryshme të zhurmave.

Në figurën 6.14, janë prezantuar rezultatet e fituar me aplikimin e filtrit *Average*. Logjika e punës në rastin e aplikimit të filtrit *Average* është përdorë e njëjtë, pra fillimisht në imazh janë shtuar llojet e ndryshme të zhurmave dhe pas shtimit është aplikuar filtri *Average*. Nga rezultatet e prezantuara në figurën 6.14, mund të shihet se imazhi i fituar pas aplikimit të filtrit *Average*, është pothuajse i njëjtë, si në rastin e aplikimit të filtrit *Wiener dhe Mean*, pra mjaft i pa pastër nga zhurmat në krahasim me imazhin origjinal. Andaj, bazuar në rezultatet e fituara, mund të arrijmë në përfundim se aplikimi i filtrit *Average*, njëjtë si filtri *Wiener dhe Mean*, nuk na ofron rezultate të mira të filtrimit të zhurmave për rastin kur imazhi është korruptuar njëkohësisht nga lloje të ndryshme të zhurmës.



Figura 6.14. Rezultatet e fituara me aplikimin e filtrit *Average*

Ndërsa në figurën 6.15, në koordinata x, y, z, janë prezantuar rezultatet e fituara me aplikimin e filtrit *Average*. Në figurën 6.15, pikselet me vlera më të larta përfaqësojnë përqendrimin e pikseleve që përfaqësojnë objektin brenda imazhit. Pra, pikselet me ngjyrë të kuqe, të verdhë, etj., janë pikselet që përfaqësojnë objektin brenda imazhit, ndërsa pikselet me vlerë më të ultë (pikselet me nuanca të ngjyrës së kaltër), në figurë paraqesin pikselet që përfaqësojnë pjesën e imazhit jashtë objektit në imazh.

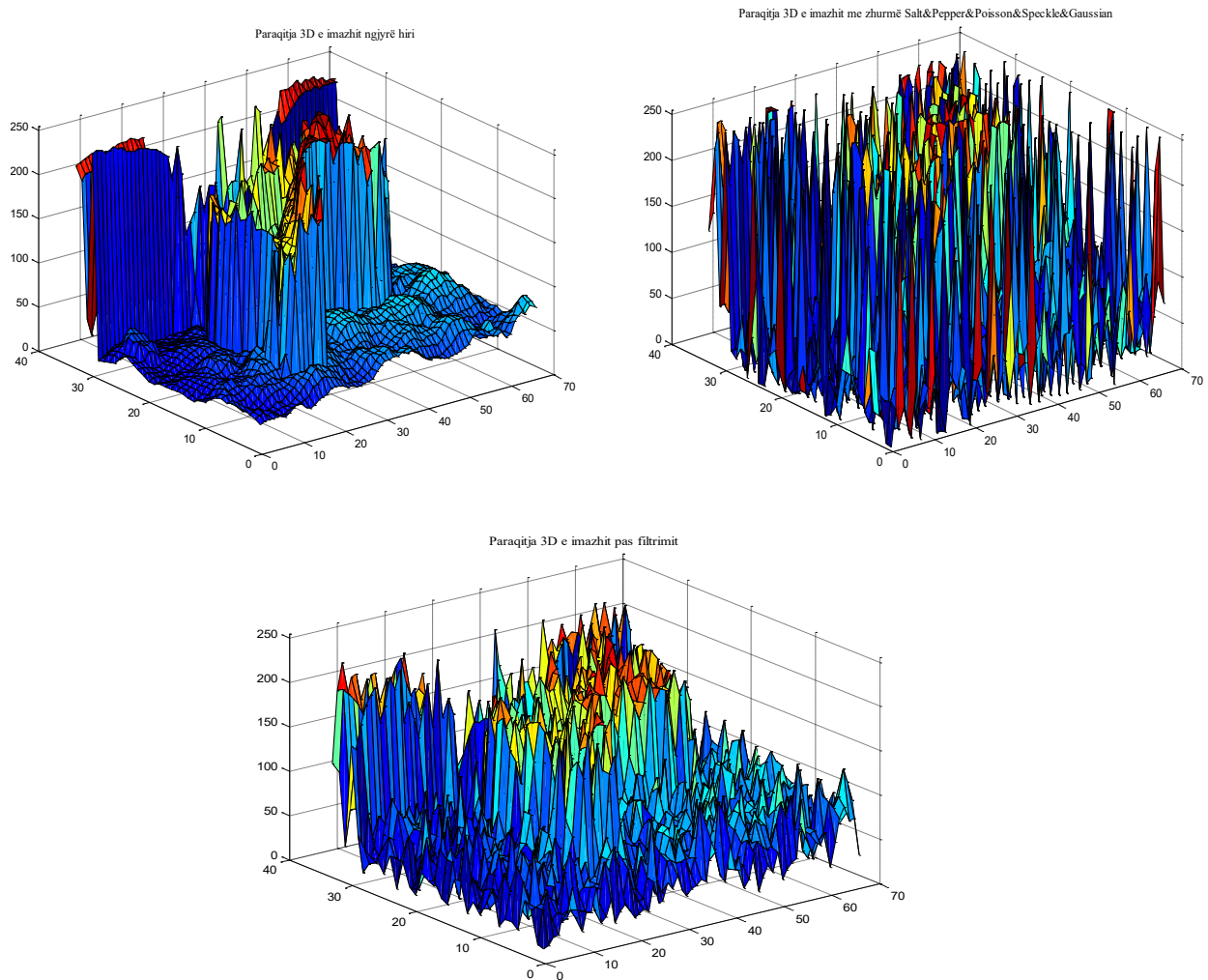


Figura 6.15. Paraqitja në koordinata x, y, z e rezultateve pas aplikimit të filtrit *Average*

Mirëpo, për të matur efikasitetin e këtij filtri në rikonstruktimin e pikseleve të korruptuara të imazhit të kapur nga sensori multimedial, në rastin kur imazhi është korruptuar nga lloje të ndryshme të zhurmave, është gjetur PSNR-ja dhe MSE-ja. Gjetja e PSNR-së dhe MSE-së është

realizuar para dhe pas filtrimit të imazhit. Rezultatet e fituara në këtë rast janë prezantuar në tabelën 6.3.

Tabela 6.3 Llogaritja e PSNR-së dhe MSE-së, para dhe pas aplikimit të filtrit Average

Average	MSE	PSNR (dB)
Para filtrimit	4328.8	11.77
Pas filtrimit	866.05	18.76

Nga rezultatet e prezantuara në tabelën 6.3, mund të shihet se pas aplikimit të filtrit *Average*, vlera e MSE-së dhe PSNR është përafërsisht e njëjtë me ato të filtrit *Wiener*. Andaj, edhe në këtë rast, bazuar në rezultatet e prezantuara në figurën 6.14 dhe 6.15, si dhe në tabelën 6.3, mund të përfundojmë se ky filtër nuk ofron rezultate të mira në rastet kur imazhi i kapur nga sensori multimedial është korruptuar njëkohësisht nga lloje të ndryshme të zhurmave.



Figura 6.16. Rezultatet e fituara me aplikimin e filtrit të Gausit

Në figurën 6.16, janë prezantuar rezultatet e fituar me aplikimin e filtrit të **Gausit**. Edhe në rastin e aplikimit të këtij filtri, logjika e punës është përdorë e njëjtë, pra fillimisht në imazh janë shtuar llojet e ndryshme të zhurmave dhe pas shtimit të zhurmave është aplikuar filtri i Gausit. Nga rezultatet e prezantuara në figurën 6.16, mund të shihet se kualiteti i imazhit të fituar pas aplikimit të filtrit të Gausit, njëjtë si në rastin e aplikimit të filtrit *Wiener*, *Mean*, dhe *Average*, është jo i mirë në krahasim me imazhin origjinal. Andaj, bazuar në rezultatet e fituara, mund të arrijmë në përfundim se aplikimi i filtrit të Gausit, njëjtë si filtri *Wiener*, *Mean* dhe *Average*, nuk ofron rezultate të mira të filtrimit të zhurmave për rastin kur imazhi është korruptuar njëkohësisht nga lloje të ndryshme të zhurmës. Ndërsa në figurën 6.17, në koordinata x, y, z, janë prezantuar rezultatet e fituara me aplikimin e filtrit të Gausit.

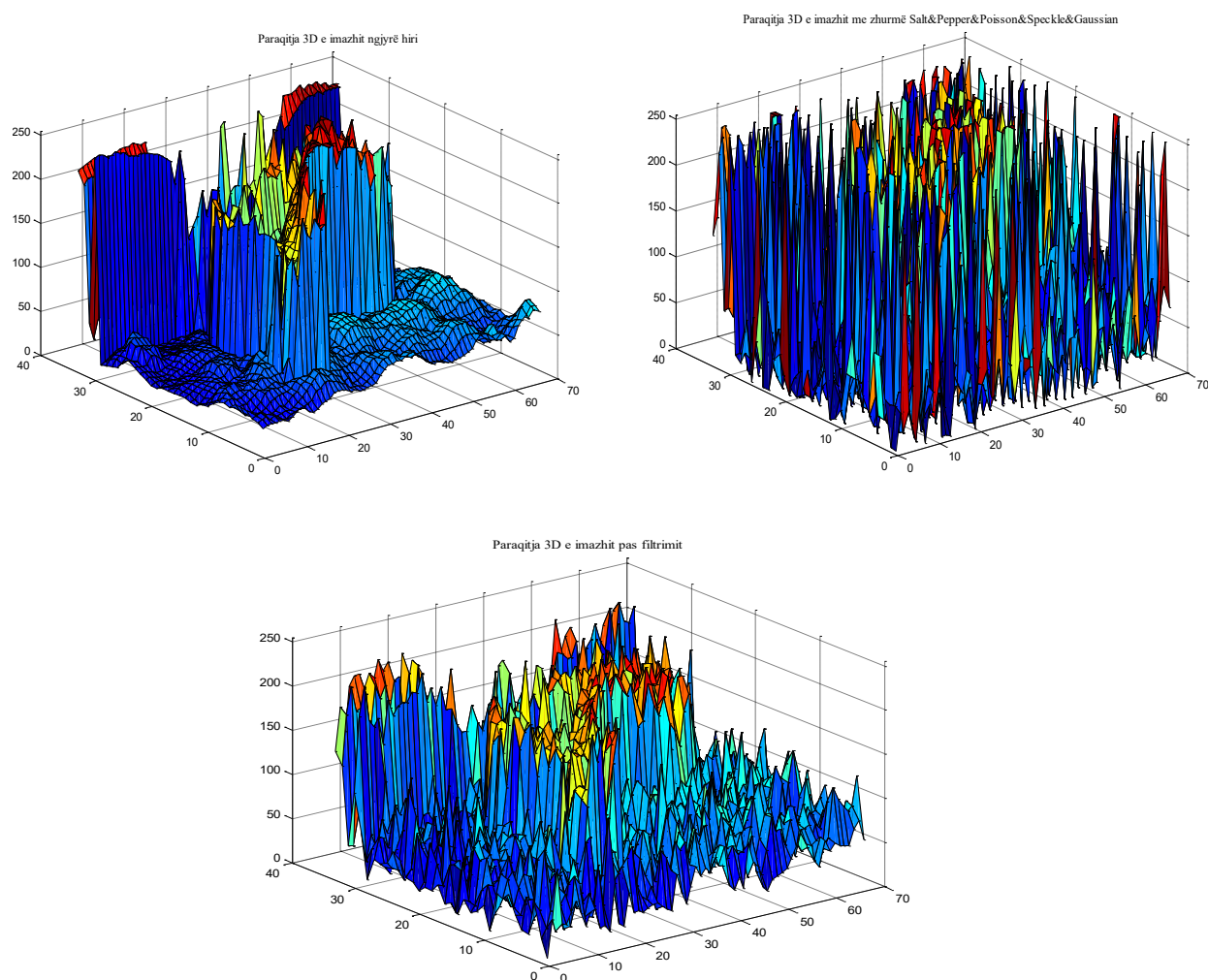


Figura 6.17. Paraqitja në koordinata x, y, z e rezultateve pas aplikimit të filtrit *Gaussian*

Në figurën 6.17, njëjtë si në rastet e aplikimit të filtrave tjerë, pikselet me vlera më të larta përfaqësojnë përqendrimin e pikseleve që përfaqësojnë objektin brenda imazhit. Pra, pikselet me ngjyrë të kuqe, të verdhë, etj., janë pikselet që përfaqësojnë objektin brenda imazhit, ndërsa pikselet me vlerë me të ultë (pikselet me nuanca të ngjyrës së kaltër), në figurë paraqesin pikselet që përfaqësojnë pjesën e imazhit jashtë objektit në imazh. Mirëpo, për të matur efikasitetin e këtij filtri në rikonstruktimin e pikseleve të korruptuara të imazhit të kapur nga sensori multimedial, në rastin kur imazhi është korruptuar nga lloje të ndryshme të zhurmave, është gjetur PSNR-ja dhe MSE-ja. Gjetja e PSNR-së dhe MSE-së, njëjtë si në rastet tjera është realizuar para dhe pas filtrimit të imazhit. Rezultatet e fituara në këtë rast janë prezantuar në tabelën 6.4.

Tabela 6.4 Llogaritja e PSNR-së dhe MSE-së, para dhe pas aplikimit të filtrit të Gausit

Gaussian	MSE	PSNR (dB)
Para filtrimit	4328.8	11.77
Pas filtrimit	877.6122	18.6970

Nga rezultatet e prezantuara në tabelën 6.4, mund të shihet se pas aplikimit të filtrit të Gausit, vlera e MSE-së dhe PSNR është përafërsisht e njëjtë me ato të filtrit *Wiener dhe Average*. Andaj, edhe në këtë rast, bazuar në rezultatet e prezantuara në figurën 6.16 dhe 6.17, si dhe në tabelën 6.4, mund të përfundojmë se ky filtër nuk ofron rezultate të mira në rastet kur imazhi i kapur nga sensori multimedial është korruptuar njëkohësisht nga lloje të ndryshme të zhurmave.

Në figurën 6.18, janë prezantuar rezultatet e fituar me aplikimin e filtrit **Median**. Edhe në rastin e aplikimit të këtij filtri, logjika e punës është përdorë e njëjtë, pra fillimisht në imazh janë shtuar llojet e ndryshme të zhurmave dhe pas shtimit të zhurmave është aplikuar filtri *Median*. Nga rezultatet e prezantuara në figurën 6.18, mund të shihet se imazhi i fituar pas aplikimit të filtrit *Median*, edhe pse është pak më i mirë sesa në rastin e aplikimit të filtrit *Wiener, Mean, Average, dhe Gaussian*, prapëseprapë kualiteti i imazhit është jo i mirë në krahasim me imazhin origjinal. Andaj, bazuar në rezultatet e fituara, mund të arrijmë në përfundim se aplikimi i filtrit *Median*, njëjtë si filtri *Wiener, Mean, Gaussian dhe Average*, nuk na ofron rezultate të mira të filtrimit të zhurmave për rastin kur imazhi është korruptuar njëkohësisht nga lloje të ndryshme të zhurmës.



Figura 6.18. Rezultatet e fituara me aplikimin e filtrit *Median*

Ndërsa në figurën 6.19, në koordinata x , y , z , janë prezantuar rezultatet e fituara me aplikimin e filtrit *Median*. Në figurën 6.19, pikselet me vlera më të larta përfaqësojnë përqendrimin e pikseleve që përfaqësojnë objektin brenda imazhit. Pra, pikselet me ngjyrë të kuqe, të verdhë, etj., janë pikselet që përfaqësojnë objektin brenda imazhit, ndërsa pikselet me vlerë më të ultë (pikselet me nuanca të ngjyrës së kaltër), në figurë paraqesin pikselet që përfaqësojnë pjesën e imazhit jashtë objektit në imazh. Mirëpo, për të matur efikasitetin e këtij filtri në rikonstruktimin e pikseleve të korruptuara të imazhit të kapur nga sensori multimedial, në rastin kur imazhi është korruptuar nga lloje të ndryshme të zhurmave, është gjetur PSNR-ja dhe MSE-ja. Gjetja e PSNR-së dhe MSE-së, njëjtë si në rastet tjera është realizuar para dhe pas filtrimit të imazhit. Rezultatet e fituara në këtë rast janë prezantuar në tabelën 6.5.

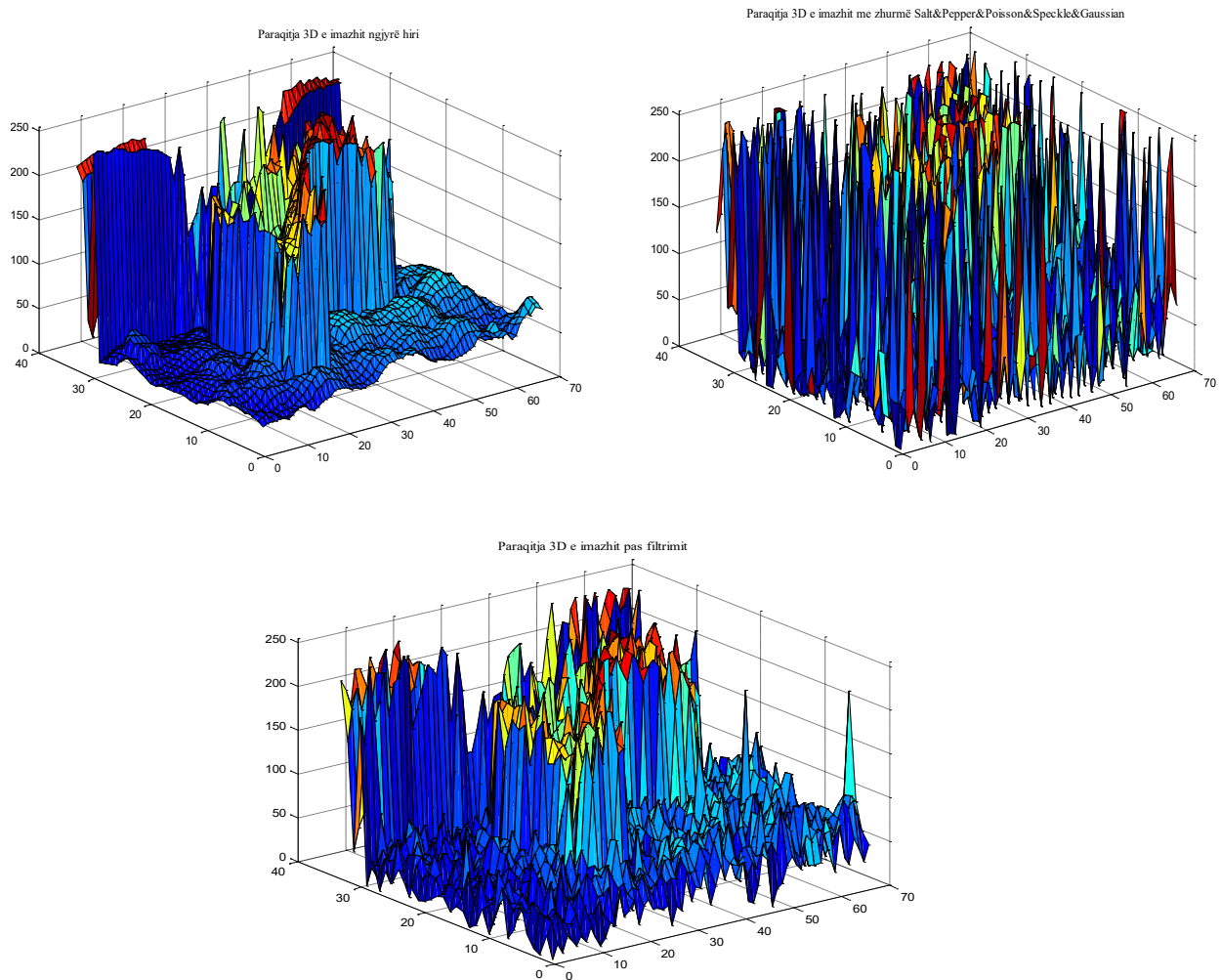


Figura 6.19. Paraqitja në koordinata x, y, z e rezultateve pas aplikimit të filtrit *Median*

Tabela 6.5 Llogaritja e PSNR-së dhe MSE-së, para dhe pas aplikimit të filtrit Median

Median	MSE	PSNR (dB)
Para filtrimit	4328.8	11.77
Pas filtrimit	480.859	20.31

Nga rezultatet e prezantuara në tabelën 6.5, mund të shihet se pas aplikimit të filtrit *Median*, vlera e MSE-së dhe PSNR janë më të mira sesa në rastet e filtrave *Wiener*, *Mean*, *Average* dhe *Gaussian*, mirëpo ende vlerat e MSE-së dhe PSNR-së janë larg vlerave që të ofrojnë një kualitet të mirë të imazhit. Andaj, edhe në këtë rast, bazuar në rezultatet e prezantuara në figurën 6.18 dhe 6.19, si dhe në tabelën 6.5, mund të përfundojmë se ky filtër nuk ofron rezultate të mira në rastet kur imazhi i kapur nga sensori multimedial është korruptuar njëkohësisht nga lloje të ndryshme të zhurmave.

6.5.3 Prezantimi, krahasimi dhe interpretimi i rezultateve të fituara me aplikimin e algoritmit të propozuar për largim të zhurmave

Në këtë sektor do të paraqesim, rezultatet e fituara me aplikimin e algoritmit të ri, i modeluar nga ana jonë për detektim dhe restaurim të pikseleve të korruptuara të imazhit nga llojet e ndryshme të zhurmave. Rezultatet e fituara me aplikimin e këtij algoritmi do të krahasohen me rezultatet e fituara me aplikimin e filtrave tradicional për largim të zhurmave, si dhe do të realizohet interpretimi i rezultateve të fituara.

Në figurën 6.20, janë prezantuar rezultatet e fituar me aplikimin e algoritmit të ri, i projektuar dhe dizajnuar nga ne. Në mënyrë të njëjtë, si në rastet e aplikimit të filtrave ekzistues për largim të zhurmave nga imazhi, fillimisht në imazh janë shtuar të gjitha llojet e mundshme të zhurmave si: *Salt & Pepper, Poisson, Speckle, dhe Gaussian*. Pas shtimit të zhurmave është aplikuar algoritmi i projektuar për restaurim të pikseleve të korruptuara. Nga rezultatet e prezantuara në figurën 6.20, mund të shihet se imazhi i fituar pas aplikimit të këtij algoritmi është mjaft i pastruar nga zhurmat [60].

Me fjalë tjera, nga rezultatet e prezantuara në figurën 6.10 deri në figurën 6.19, mund të shihet se aplikimi i filtrave si, *Wiener, Median, Mean, Average and Gaussian*, nuk ofrojnë zgjidhje të përshtatshme për rastin kur imazhi është korruptuar njëkohësisht nga shumë lloje të zhurmave, si: *Salt and pepper, Poisson, speckle, Gaussian*, etj. Megjithatë, duhet të theksojmë se këta filtra mund të ofrojnë rezultate mjaft të mira për rastet kur kemi të bëjë me restaurimin e pikseleve të korruptuara të imazhit, kur ato janë të korruptuara nga një lloji i veçantë i zhurmës. Me fjalë tjera, për largimin e zhurmës së Gausit nga imazhi është mjaftë efikas aplikimi i filtrit të Gausit, për largim të zhurmës *Salt&Pepper* nga imazhi, p.sh. është mjaft i përshtatshëm përdorimi i filtrit Median, etj. Në lidhje me këta filtra dhe aplikimin e tyre, sot mund të gjinden një numër publikimesh.



Figura 6.20. Rezultatet e arritura me aplikimin e algoritmit të projektuar

Krahasuar me rezultatet e fituara nga aplikimi i filtrave tradicional, rezultatet e fituara me aplikimin e algoritmit të propozuar për filtrim të zhurmave dhe të prezantuara në figurën 6.20, janë dukshëm më të përmirësuar. Me fjalë tjera ky algoritëm, jep rezultate mjaft të mira në krahasim me filtrat tradicional. Ky algoritëm mundëson që në mënyrë mjaft të suksesshme t'i restauroj pikselet e korruptuara njëkohësisht nga llojet e shumta të zhurmave. Me fjalë tjera, rezultatet e fituara me aplikimin e këtij algoritmi janë mjaftë mbresëlënëse që ky algoritëm të testohet edhe praktikisht. Mirëpo, duhet cekur se ky algoritëm i propozuar, jap rezultate mjaft të mira edhe në largimin e secilës zhurmë veç e veç të përfshirë në imazh edhe pse rezultatet nuk janë publikuar në këtë punim.

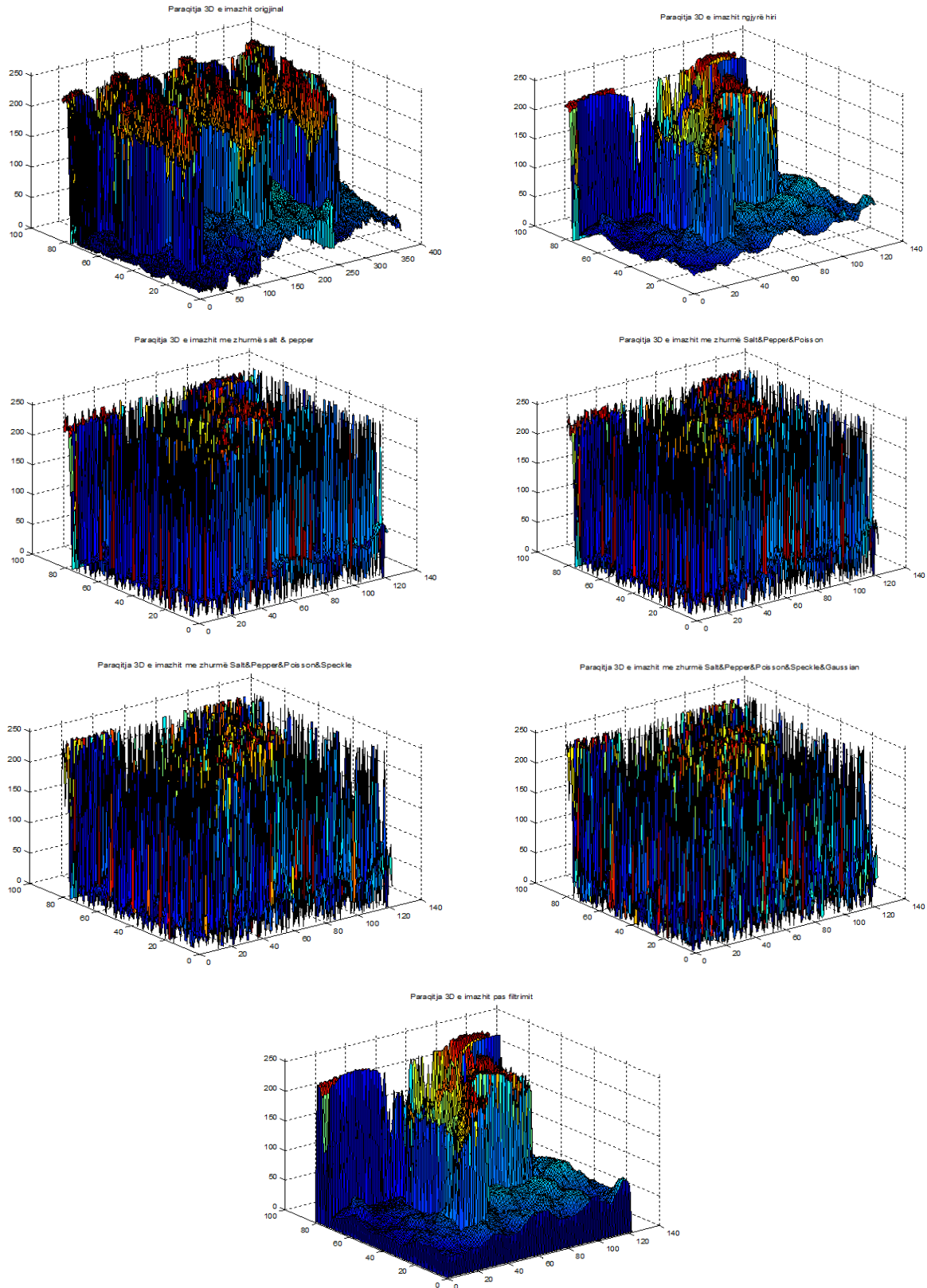


Figura 6.21. Paraqitja në koordinata x, y, z e rezultateve me aplikimin e algoritmit të parë të propozuar

Ndërsa në figurën 6.21, janë prezantuar rezultatet në koordinata x, y, z, të fituara pas aplikimit të këtij algoritmi. Me fjalë tjera, janë prezantuar rezultatet e arritura në lidhje me rikuperimin e pikseleve të korruptuara nga zhurmat e ndryshme pas aplikimit të algoritmit të propozuar. Në figurën 6.21, janë prezantuar rezultatet në koordinata x, y, z për secilin imazh, duke përfshirë imazhin origjinal, imazhin ngjyrë hiri, imazhet në varësi të zhurmës dhe në fund rezultatet për imazhin pas aplikimit të algoritmit. Në figurë pikselet me vlera më të larta përfaqësojnë përqendrimin e pikseleve që përfaqësojnë objektin brenda imazhit. Pra pikselet me ngjyrë të kuqe, verdhë, etj., përfaqësojnë përqendrimin e pikseleve që përfaqësojnë objektin brenda imazhit, ndërsa pikselet me vlera më të ulëta në figurë (pikselet me nuanca të ngjyrës së kaltër), paraqesin pikselet që përfaqësojnë pjesën e imazhit jashtë objektit në imazh [60]. Nga rezultatet e prezantuara në figurën 6.21, mund të shihet se intensiteti i pikseleve të imazhit pas filtrimit është shumë i përafërt me intensitetin e pikseleve të imazhit ngjyrë hiri. Mirëpo, si në rastet e aplikimit të filtrave tradicional edhe në këtë rast për të matur efikasitetin e këtij algoritmi në rikonstruktimin e pikseleve të korruptuara të imazhit të kapur nga sensori multimedial, në rastin kur imazhi është korruptuar nga lloje të ndryshme të zhurmave, është gjetur PSNR-ja dhe MSE-ja. Gjetja e PSNR-së dhe MSE-së, njëjtë si në rastet tjera është realizuar para dhe pas filtrimit të imazhit. Rezultatet e fituara në këtë rast janë prezantuar në tabelën 6.6.

Tabela 6.6 Llogaritja e PSNR-së dhe MSE-së, para dhe pas aplikimit të algoritmi të propozuar

A.Propozuar	MSE	PSNR (dB)
Para filtrimit	4328.8	11.77
Pas filtrimit	217.21	24.76

Nga rezultatet e prezantuara në tabelën 6.6, mund të shihet se pas aplikimit të algoritmit të propozuar, MSE ka një vlerë shumë të vogël, sidomos nëse krahasohet me rastet e aplikimit të filtrave tradicional. Gjithashtu, vlera e PSNR është 24.76 dB, e cila vlerë është dukshëm më e lartë se në rastet e aplikimit të filtrave tradicional. Andaj, bazuar në rezultatet e prezantuar në figurën 6.20 dhe 6.21, si dhe në tabelën 6.6, mund të përfundojmë se algoritmi i propozuar është mjaft efikas dhe i përshtatshëm për largim të llojeve të ndryshme të zhurmave që mund të kenë korruptuar njëkohësisht imazhin e kapur nga sensori multimedial. Me fjalë tjera, algoritmi i propozuar mundëson restaurimin e pikseleve të korruptuara të imazhit me një përqindje të lartë të efikasitetit, duke mundësuar që imazhi pas filtrimit të jetë pothuaj identik me imazhin origjinal.

6.5.4 Krahasim i rezultateve të algoritmit të propozuar me filtrat ekzistues

Me qëllim që të shohim efikasitetin e algoritmit të propozuar në largimin e çfarëdo lloji zhurme që ka korruptuar imazhin e kapur nga sensori multimedial, në këtë sektor do të realizojmë krahasimin e rezultateve të fituara me aplikimin e këtij algoritmi, me ato të filtrave ekzistues për largim të zhurmave. Rezultatet e fituara nga simulimet e realizuara në formë të përmbledhur janë prezantuar në formë tabelore. Në tabelën 6.7, janë prezantuar rezultatet e fituara bazuar në PSNR-në. Duhet të theksojmë se, nëse PSNR ka vlerë të lartë, kualiteti i imazhit të kapur nga sensori multimedial do të jetë më i mirë dhe anasjelltas.

Tabela 6.7 Krahasimi i rezultateve bazuar në PSNR-në

PSNR (dB)	Median	Mean	Gaussian	Wiener	Average
Algoritmi i propozuar	24.76	24.76	24.76	24.76	24.76
Filtrat ekzistues	20.31	6.82	18.7	18.98	18.76
Diferenca	4.45	17.94	6.06	5.78	6

Në tabelën 6.8, janë prezantuar rezultatet e fituara bazuar në MSE-në. Duhet të theksojmë se vlera e PSNR-së është e varur drejtpërdrejt nga vlera e MSE-së. Nëse vlera e MSE-së është e lartë, atëherë vlera e PSNR-së do të jetë e vogël dhe anasjelltas. Nga rezultatet e prezantuara në tabelën 6.8, mund të shihet se për rastin e algoritmit të propozuar, vlera e MSE-së është vetëm 217.21, vlerë e cila është mjaft e vogël krahasuar me verën e MSE-së për filtrat ekzistues.

Tabela 6.8 Krahasimi i rezultateve bazuar në MSE-në

MSE	Median	Mean	Gaussian	Wiener	Average
Algoritmi i propozuar	217.21	217.21	217.21	217.21	217.21
Filtrat ekzistues	480.86	13533	877.6	821.9	866.1
Diferenca %	23	99	38	37	37

Nga rezultatet e prezantuara në tabelën 6.7, mund të shihet se PSNR në rastin e algoritmit të propozuar ka një vlerë prej 24.76 dB, vlerë e cila është më e lartë për:

- 4.45dB, krahasuar me filtrin *Median*;
- 17.94dB, krahasuar me filtrin *Mean*;
- 6.06dB, krahasuar me filtrin *Gaussian*;
- 5.78dB, krahasuar me filtrin *Wiener*;
- 6dB, krahasuar me filtrin *Average*.

Ndërsa në tabelën 6.8, janë prezantuar rezultatet e fituara në lidhje me kohën e nevojshme që i nevojitet secilit filtër ekzistues për përpunim të imazhit dhe këto rezultate janë krahasuar me rezultatet e fituara me aplikimin e algoritmit të propozuar. Në këtë rast kemi përdorur një imazh me një madhësi 300x600 piksel.

Tabela 6.9 Krahasimi i rezultateve bazuar në kohën e nevojshme për largim të zhurmave

Koha e përpunimit (s)	Median	Mean	Gaussian	Wiener	Average	Totali
Algoritmi i propozuar	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
Filtrat ekzistues	0.68	0.71	0.70	0.68	0.69	3.46
Diferenca						2.41

Nga rezultatet e prezantuara në tabelën 6.9, mund të shihet se algoritmi i propozuar ofron një përmirësim të kohës së nevojshme për largim të zhurmave të ndryshme prej 2.41 sekondash, në krahasim me rastin kur për largim të zhurmave të veçanta janë aplikuar filtra të veçantë.

Bazuar në rezultatet e prezantuar në tabelat 6.7, 6.8 dhe 6.9, mund të përfundojmë se algoritmi i propozuar ofron rezultate mjaft të mira, krahasuar me filtrat ekzistues. Ky algoritëm është mjaft efikas për largimin e llojeve të ndryshme të zhurmave që mund të kenë korruptuar njëkohësisht imazhin e kapur nga sensori multimedial, si dhe mjaft efikas sa i përket kohës së nevojshme për përpunim të imazhit. Kualiteti i imazhit të fituar pas filtrimit është përafërsisht i njëjtë me kualitetin e imazhit origjinal (kjo mund të shihet në rezultatet e paraqitura në figurën 6.19).

6.6 Filtrat tradicional për detektim të skajeve të objekteve në imazh

Konvertimi i imazhit në imazh bardh e zi është një faktor mjaft i rëndësishëm në rastin e WMSN. Ky konvertim, ndikon në zvogëlimin e madhësisë së imazhit, si dhe në zvogëlimin e kohës së nevojshme për përpunim dhe transmetim të imazhit nga sensori multimedial. Kjo do të ndikoj drejtpërdrejt në kursimin e energjisë nga sensori multimedial. Kursimi i energjisë do të ndikoj drejtpërdrejt në jetëgjatësinë e sensorit. Mirëpo, siç kemi cekur edhe më lartë në këtë rast, mund të kemi humbje të detajeve të karakteristikave të imazhit. Me qëllim të ruajtjes së karakteristikave të përgjithshme të imazhi, detektimi i skajeve në mënyrë sa më të saktë është një faktor kyç.

Në rastin e imazheve, informacioni më i rëndësishëm është në skajet e imazhit. Skajet e imazhit korrespondojnë me kufijtë e objektit. Kufijtë, zakonisht korrespondojnë në pikat në imazh, ku vlera ngjyrë hiri ndryshon në mënyrë të konsiderueshme nga një piksel në tjetrin. Prandaj, zbulimi i

skajeve ka një rol të rëndësishëm në nxjerrjen karakteristikave të dobishme të informacionit të imazhit, në mënyrë që të identifikohen ndryshimet e menjëhershme në kuadër të imazhit [40].

Zbulimi i skajit është një proces i gjetjes së vendndodhjes së pikseleve që korrespondojnë me skajin e imazhit. Detektimi i skajeve ndikon në uljen e madhësisë së imazhit dhe filtron informacionin që mund të konsiderohet si më pak i rëndësishëm, por duke ruajtur vetitë e rëndësishme strukturore të imazhit. Me zbulim të skajeve, kuptojmë çdo metodë matematikore e cila është përdor për identifikim të pikave në një imazh digjital në të cilat shkëlqimi i imazhit ndryshon ndjeshëm ose më zyrtarisht ku ka ndërprerje. Zakonisht, skajet janë paraqitur në kufirin midis dy rajoneve të ndryshme në një imazh. Pikat në të cilat intensiteti ndryshon në mënyrë rapide organizohen përmes vijave të cilat paraqesin skajet e imazhit. Sot ekzistojnë disa lloje filtrash që mundësojnë detektimin e skajeve në një imazh digjital. Ndër filtrat më tradicional që aplikohen për detektim të skajeve të objekteve brenda imazhit janë:

- *Sobel*
- *Prewitt*
- *Roberts*
- *Laplacian of Gaussian*
- *Canny*, etj.

Filtri Sobel, Prewitt dhe Robert, janë filtra që përdorin derivatin e rendit të parë. Ndërsa, filtrat Canny dhe Laplacian of Gaussian, janë filtra që përdorin derivatin e rendit të dytë. Parimi i punës së secilit nga këta filtra do të prezantohet në vijim.

6.6.1 Filtri Sobel

Filtri *Sobel* është një filtër që është përdorur për zbulimin e skajeve. Zbulimin e skajeve e realizon përmes llogaritjes së gradientit të intensitetit të imazhit në çdo piksel brenda imazhit. Ky filtër gjen drejtimin e rritjes së intensitetit nga vlerat më të ndriçuara tek ato më të errësuar, si dhe shkallën apo raportin e ndryshimit në këtë drejtim [61]. Filtri *Sobel* përbëhet nga një palë e matricave të kernelit 3×3 të konvoluara. Njëra është e ndjeshme për ndryshimet e mundshme në drejtimin horizontal (është i ndjeshëm ndaj ndryshimeve në drejtimin e boshtit x) dhe tjetri për ndryshimet e mundshme në drejtimin vertikal (është i ndjeshëm ndaj ndryshimeve në drejtimin e boshtit y). Njëra matricë e kernelit është thjesht e rrotulluar ndaj tjetrës për 90° [61]. Këto matrica kernel janë paraqitur në figurën 6.22, respektivisht në 6.22a dhe 6.22b.

-1	0	+1
-2	0	+2
-1	0	+1

G_x
a)

+1	+2	+1
0	0	0
-1	-2	-1

G_y
b)

Figura 6.22. Matricat e kernel-it për filtrin Sobel a) drejtimin vertikal, b) drejtimin horizontal

Këto matrica të *kernel*-it mund të aplikohen në mënyrë të pavarur në imazh. Si rezultat do të kemi matje të ndara për gradientin G_x (drejtimi vertikal) dhe G_y (drejtimi horizontal). Këto pastaj mund të kombinohen së bashku për të gjetur madhësinë absolute të gradientit në çdo pikë dhe orientimin e atij gradienti [62].

Nga figura 6.22a, mund të shihet se matricat e *kernel*-it përmbajnë koeficient me vlerë pozitive dhe negative. Si rezultat gradienti do të përmbajë vlera pozitive dhe negative. Kjo e bënë që gradienti me vlerë negative të duket i errët, ndërsa gradienti me vlerë pozitive të duket i ndritshëm. Në mënyrë që të eliminojmë këtë, duhet të aplikojmë vlerën absolute dhe si rezultat do të kemi që gradientët negativ dhe ata pozitiv të paraqitën si të ndritshëm. Matja e një skaji të imazhi është amplituda dhe këndi i tij. Kjo realizohet përmes gjetjes së magnitudës së gradientit dhe drejtimit të tij. Në këtë rast, me qëllim që të kuptojmë se si funksionon ky filtër, në vijim do të përshkruajmë aspektin matematikorë të këtij filtri.

Rasti më i thjeshtë për të kuptuar se si funksionon ky filtër është të konvertohet imazhi në imazh bardh e zi. Një rast të këtillë kemi paraqitur në figurën 6.23.

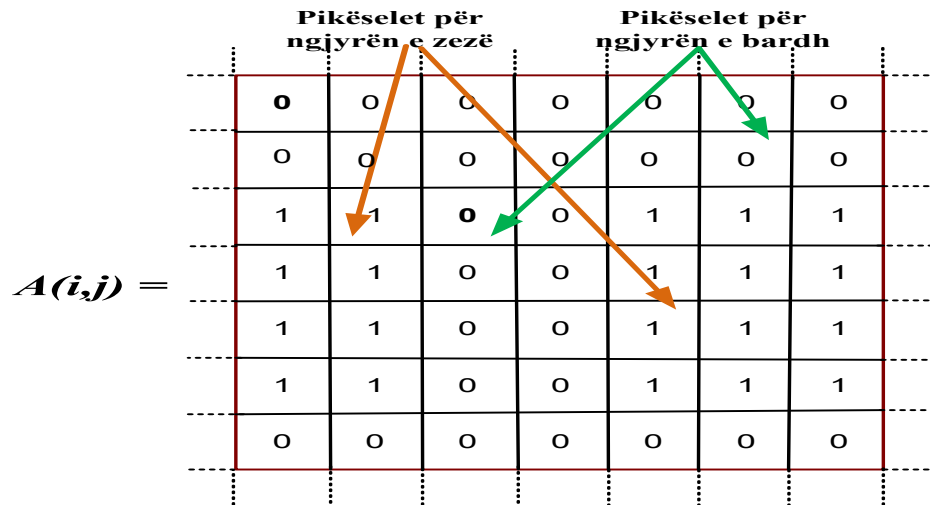


Figura 6.23. Konvertimi i imazhit $A(i,j)$ në imazh bardh – zi

Filtri vepron duke filluar nga njëri skaji i imazhit në drejtim të skajit tjetër të imazhit, duke realizuar krahasimin e secilit piksel për të shikuar nëse ka kontrast të madh me pikselin fqinjë. Në momentin që haset në kontrast në mes të pikseleve (kalimi nga 0 në 1 dhe anasjelltas), atëherë konsiderohet se pikseli i tillë korrespondon me skaj të imazhit. Duke pasur parasysh se ky filtër vepron në drejtimin horizontal dhe në atë vertikal, atëherë skaji gjendet si kombinim i tyre. Një rast i tillë është paraqitur në figurën 6.24.

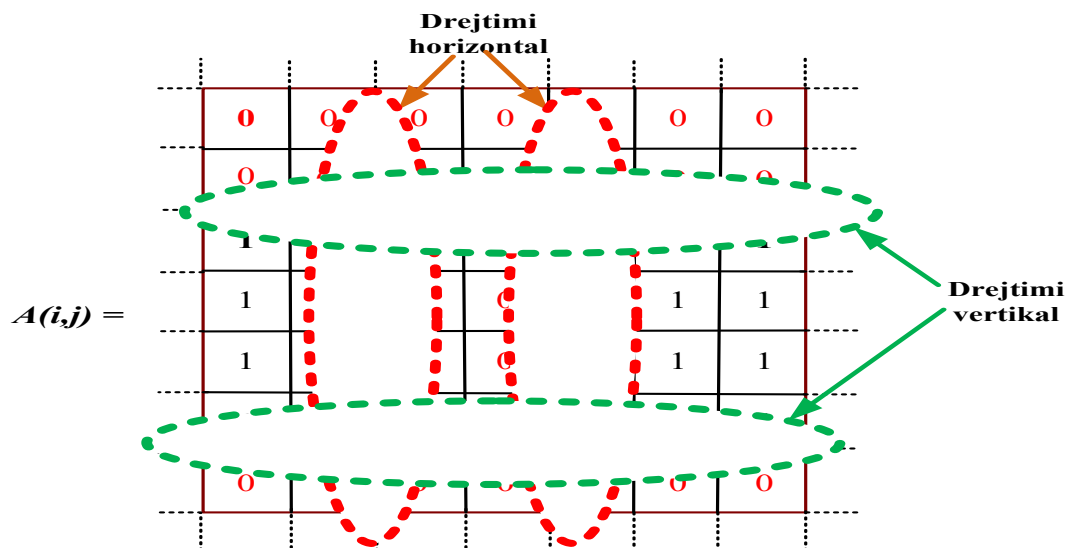


Figura 6.24. Logjika e gjetjes së skajeve në drejtimin horizontal dhe vertikal

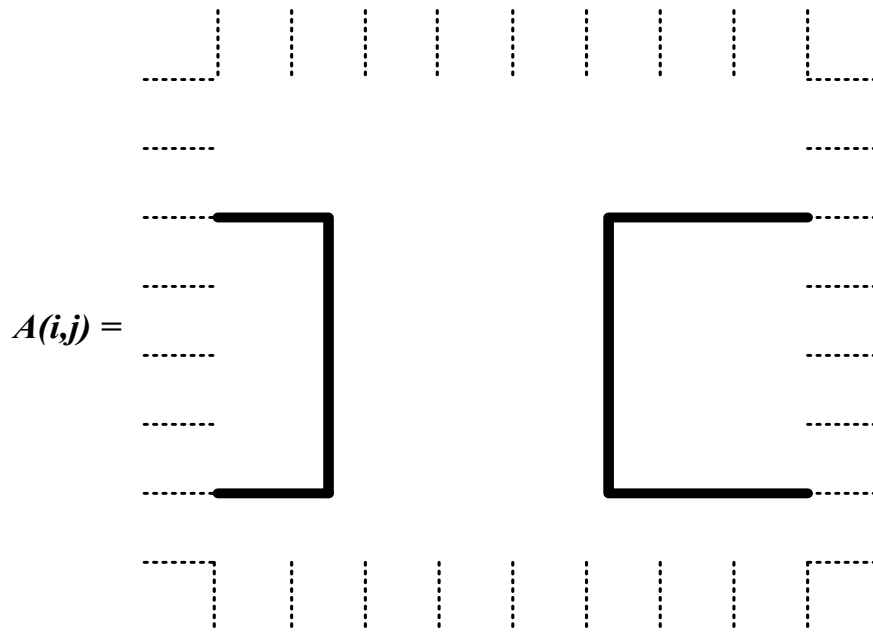


Figura 6.25. Gjetja e skajeve në drejtimin horizontal dhe vertikal

Gjetja e skajeve realizohet duke bërë aplikimin e matricave të *kernel*-it, të paraqitura në figurën 6.22, përgjatë imazhit origjinal. Aplikimi realizohet duke filluar nga pikseli i parë e duke vazhduar me zhvendosje në drejtimin vertikal dhe horizontal. Gjetja e skajeve, pas një aplikimi të matricave të *kerne*-it, si në figurën 6.24, është paraqitur në figurën 6.25. Në figurën 6.26 është paraqitur aspekti i orientimit të gradientit prej ngjyrës së zezë ka ngjyra e bardhë.

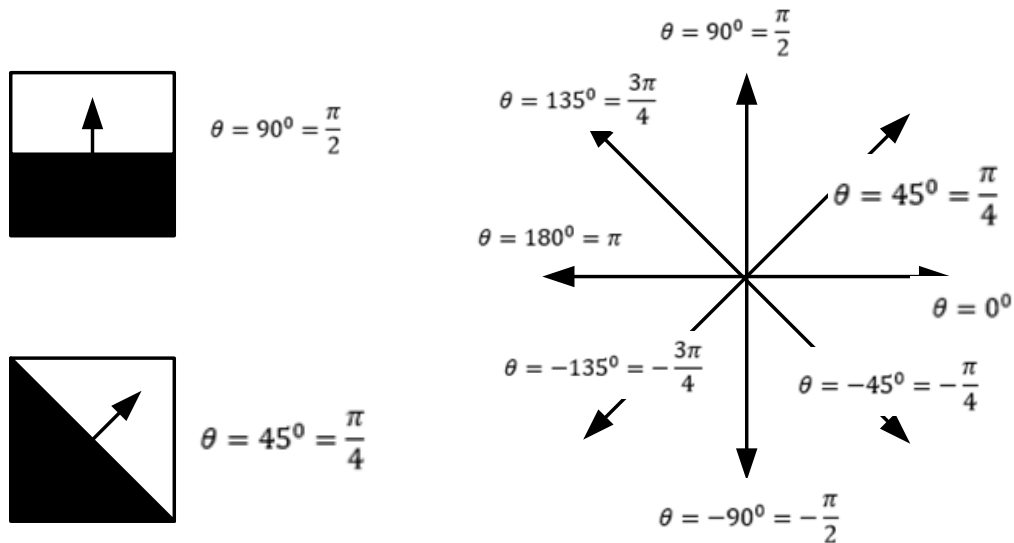


Figura 6.26. Paraqitja e orientimit të gradientit

Tani do të tregojmë se si llogaritet orientimi i gradientit dhe magnituda e gradientit. Llogaritja e magnitudës dhe gradientit do të realizohet duke u bazuar në figurën 6.27.

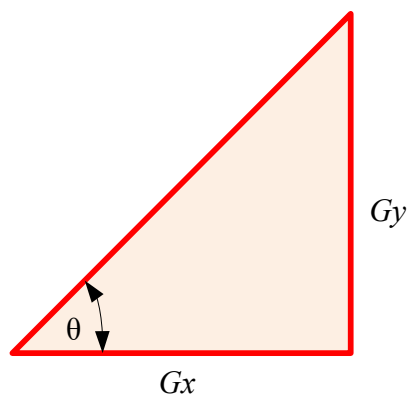


Figura 6.27. Llogaritja e magnitudës dhe gradientit

Magnituda e gradientit gjendet përmes ekuacionit matematik (6.18):

$$|G| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (6.18)$$

Megjithëse, magnituda e përafërt llogaritet duke përdorur ekuacionin matematik (6.19):

$$|G| = |G_x| + |G_y| \quad (6.19)$$

Ndërsa, drejtimi i gradientit është llogaritur përmes ekuacionit matematik (6.20):

$$\theta = \arctan\left(\frac{G_y}{G_x}\right) \quad (6.20)$$

Edhe pse operimi i filtrit *Sobel* është i shpejtë, ky filtër është shumë i ndjeshëm ndaj zhurmës së përfshirë në imazh. Prania e zhurmës në imazh do të ndikojë që magnituda apo madhësia e gradientëve të degradohet. Si rezultat, filtri *Sobel* nuk mund të ofrojë një zbulim shumë të mirë të skajeve në imazh.

6.6.2 Filtri *Prewitt*

Filtri *Prewitt* gjithashtu përdoret për zbulimin e skajeve. Parimi i punës së filtrit *Prewitt* dhe aspekti matematik është i ngjashëm me filtrin *Sobel*. Matematikisht, filtri *Prewitt* gjithashtu përbëhet nga një çift matricash të *kernel*-it 3×3 të konvoluara. Njëra përdoret për ndryshimet e mundshme në drejtimin horizontal (është e ndjeshme për ndryshimet në drejtim të boshtit x) dhe tjetra për ndryshimet e mundshme në drejtimin vertikal (është e ndjeshme për ndryshimet në drejtim të boshtit y). Një matricë e *kernel*-it thjeshtë e rrotulluara me tjetrën për 90° . Mirëpo, për dallim nga

filtri *Sobel*, filtri *Prewitt*, përdor matrica tjera të *kernel*-it. Këto dy matrica të *kernel*-it janë paraqitur në figurën 6.28, përkatësisht 6.28a dhe 6.28b. Gjithashtu, duhet të ceket që gradienti diferencial i zbulimit të skajit merr më tepër kohë gjatë llogaritjes dhe vlerësimit të orientimit të madhësive në drejtimin x dhe y sesa filtri *Sobel*.

-1	0	+1
-1	0	+1
-1	0	+1

G_x
a)

+1	+1	+1
0	0	0
-1	-1	-1

G_y
b)

Figura 6.28. Matricat e *kernel*-it për filtrin *Prewitt* a) drejtimi vertikal, b) drejtimi horizontal

Ky filtër përdor derivatin e rendit të parë për llogaritjen e diferencës së intensiteteve të pikseleve në një region që përfaqësojnë skajin. Nga figura 6.28 mund të shihet se, kolona qendrore e maskës G_x është zero dhe rreshti qendror i maskës G_y është zero. Si rezultat i kësaj, gjatë aplikimit të këtyre maskave nuk përfshihen në llogaritje vlerat origjinale të imazhit, por mundëson llogaritjen e vlerave të pikseleve djathtas dhe majtas rreth atij skaj. Kjo ndikon në rritjen e intensitetit të skajit dhe kjo ndodhë relativisht me rritjen e vlerës së imazhit origjinal.

6.6.3 Filtri *Roberts*

Filtri *Roberts*, sikur filtri *Sobel* dhe *Prewitt*, përdor derivatin e rendit të parë për zbulimin e skajeve. Gjithashtu, logjika e aplikimit është e ngjashme me atë të filtrit *Sobel* dhe *Prewitt*. Filtri *Roberts* përdor dy palë maska të konvoluara 2x2. Këto maska janë të dizajnuara për t'iu përgjigjur maksimalisht skajeve që shkojnë në 45° në rrjetin e pikselëve, një maskë për secilën prej dy orientimeve pingule [66]. Maska mund të aplikohen ndaras në imazhin hyrës, për të fituar matje të ndara për komponentin e gradientit në secilin orientim (G_x dhe G_y). Këto mund të kombinohen së bashku për të gjetur madhësinë absolute të gradientit në secilën pikë dhe orientimin e atij gradienti [61] [63] [64]. Këto matrica janë rrotulluar njëra me tjetrën për 90°. Këto maska që përdoren nga filtri *Roberts* për detektim të skajeve të imazhit janë paraqitur në figurën 6.29, respektivisht në 6.29a dhe 6.29b.

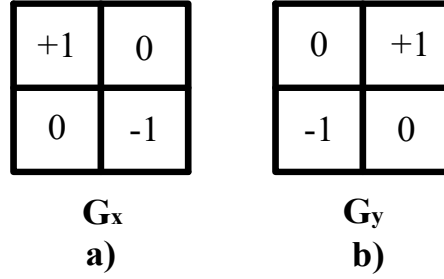


Figura 6.29. Maskat e konvoluara për filtrin *Roberts*

Për rastin e filtrit *Roberts* llogaritja e magnitudes së gradientit, realizohet duke aplikuar modelin matematik (6.21):

$$|G| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (6.21)$$

Megjithëse, magnituda e përafërt mund të llogaritet duke përdorur modelin matematik (6.22):

$$|G| = |G_x| + |G_y| \quad (6.22)$$

Ndërsa, këndi i drejtimit të gradientit që definojnë skajin është llogaritur përmes modelit matematik (6.23):

$$\theta = \arctan\left(\frac{G_y}{G_x}\right) - \frac{3\pi}{4} \quad (6.23)$$

Operatori tërthor i *Robert-it* është i shpejtë për të realizuar llogaritjen (për shkak të madhësisë minimale të matricave të *kernel-it*), por është shumë i ndjeshëm ndaj zhurmës [55] e cila është e pranishme në kuadër të pikseleve të imazhit.

6.6.4 Filtri *Laplacian of Gaussian*

Filtri *Laplacian* në një imazh thekson regjionet me ndryshim të shpejtë të intensitetit. Prandaj ky filtër shpesh përdoret për zbulimin e skajeve [63]. Filtri *Laplacian* është aplikuar shpesh në një imazh që fillimisht është zbutur me diçka të tillë që përafrohet me një filtër të zbutjes *Gaussian* në mënyrë që të zvogëlojë ndjeshmërinë e tij ndaj zhurmës. Filtri *Laplacian* është një operator i derivatit të rendit të dytë. Për gjetjen e skajeve, filtri *Laplacian* bazohet në metodën e gjetjes së kalimeve zero në derivatin e rendit të dytë [63]. Filtri *Laplacian of Gaussian* zakonisht merr një imazh të vetëm të nivelit gri në hyrje dhe prodhon një tjetër imazh të nivelit gri në dalje.

Në veçanti, ne jemi të interesuar në sjelljen e këtyre derivateve në zonat ku niveli i ngjyrës gri është konstant (segmentet e sheshta), në fillim dhe në fund të ndërprerjes (ndërprerjet me hap dhe të vrullshme), dhe gjatë ndryshimeve të ashpra të nivelit gri. Këto lloje të ndërprerjes mund të përdoren për të modeluar pikat e zhurmës, linjat dhe skajet në një imazh. Sjellja e derivateve gjatë tranzicionit brenda dhe jashtë karakteristikave të këtij imazhi është gjithashtu me interes [61].

Derivatet e një funksioni digjital ose imazhi janë përcaktuar në terma të dallimeve (*differences*). Ka mënyra të ndryshme për të përcaktuar këto dallime. Megjithatë, për derivatin e parë dhe të dytë përdoren këto përcaktime [65]:

1. Duhet të jetë zero në zonat e sheshta (zonat me vlera konstante të nivelit gri);
2. Duhet të jetë jo-zero në fillimin dhe fundin e një hapi ose devijimi të nivelit gri dhe
3. Duhet të jetë jo-zero përgjatë devijimeve të pjerrësisë së vazhdueshme.

Ekuacioni matematik për derivatin e rendit të parë të funksionit $f(x)$ është:

$$\frac{\partial f}{\partial x} = f(x+1) - f(x) \quad (6.24)$$

Derivati i parë përfaqëson vetëm ndryshimin midis vlerës pasuese dhe vlerës aktuale të funksionit. Ndërsa, ekuacioni matematik për derivatin e rendit të dytë për funksionin $f(x)$ është:

$$\frac{\partial^2 f}{\partial^2 x} = f(x+1) + f(x-1) - 2f(x) \quad (6.25)$$

Siç shihet nga ekuacioni matematik 6.25, derivativi i dytë, thjesht, merr parasysh të dyja vlerat, pra vlerën para dhe pas vlerës aktuale. Ndërsa filtri *Laplace*-në për një imazh me vlera të intensitetit $f(x, y)$ është dhënë me modelin matematik:

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial^2 x} + \frac{\partial^2 f}{\partial^2 y} \quad (6.26)$$

Për shkak se derivatet në çdo mënyrë janë operacione lineare, filtri i Laplasit është një filtër linear. Pjesa e parë në ekuacionin (6.26) aplikohet për detektim të skajeve në drejtim të boshtit x . Ndërsa, pjesa e dytë në ekuacionin (6.26) aplikohet për detektim të skajeve në drejtim të boshtit y . Kur e kemi parasysh pjesën e parë të ekuacionit (6.26) dhe derivojmë në drejtim të boshtit x , fitohet modeli matematik (6.27):

$$\frac{\partial^2 f}{\partial^2 x} = f(x+1, y) + f(x-1, y) - 2f(x, y) \quad (6.27)$$

Ndërsa, kur derivojmë në drejtim të boshtit x, fitohet modeli matematik (6.28):

$$\frac{\partial^2 f}{\partial^2 y} = f(x, y+1) + f(x, y-1) - 2f(x, y) \quad (6.28)$$

Kështu që, pas zëvendësimit të ekuacioneve 6.27 dhe 6.28 në ekuacionin 6.26, do të fitohet modeli matematik (6.29):

$$\nabla^2 f = [f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1)] - 4f(x, y) \quad (6.29)$$

Modeli matematik (6.29) mund të implementohet, duke përdorur një mask 3x3, e cila është paraqitur në figurën 6.30:

0	+1	0
+1	-4	+1
0	+1	0

Figura 6.30. Maska 3x3 e filtrit Laplacian

Me aplikimin e këtij filtri në një imazh, do të kemi vlera më të mëdha në ato pika në imazh ku gradienti lokal ndryshon më shpejt. Një nga të metat e aplikimit të kësaj maske është pandjeshmëria relative në lidhje me karakteristikat e rreme në drejtimet përafërsisht diagonale në lidhje me akset e imazhit [55].

Filtri *Laplacian* është shumë i ndjeshëm ndaj zhurmës. *Laplacian* është aplikuar shpesh në një imazh i cili fillimisht është zbutur me diçka që përafron me një filtër zbutës *Gaussian* në mënyrë që të zvogëlojë ndjeshmërinë e tij ndaj zhurmës përpara se të aplikohet filtri *Laplacian* [55]. Ky hap paraprak përpunon komponentët e zhurmës së frekuencës së lartë përpara hapit të diferencimit [55], [61]. Në fakt, meqë operacioni i konvolucionit është asociativ, mund të bashkojmë filtrin *Gaussian* për zbutje me filtrin *Laplacian* dhe pastaj te aplikojmë këtë filtër hibrid në imazh për të

arritur rezultatet e kërkuara [55], [67], [66], [68]. Modeli matematik për filtrin *Laplacian of Gaussian* është:

$$LoG(x, y) = -\frac{1}{\pi\sigma^4} \left[1 - \frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2} \right] e^{-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}} \quad (6.30)$$

6.6.5 Filtri *Canny*

Filtri *Canny* është një filtër mjaft i rëndësishëm për zbulimin e skajeve në një imazh. Ky operator izolon zhurmën nga një imazh përpara gjetjes së skajeve të imazhit, pa ndikuar në veçoritë e imazhit dhe pastaj aplikon tendencën për të gjetur skajet dhe vlerën kritike për pragun [68]. Filtri *Canny* me qëllim të zbulimit të skajit është bazuar në tri kritere [67].

- Kriteri i parë dhe më evident është shkalla e ulët e gabimit. Është e rëndësishme që në pjesët ku ka skaje në kuadër të imazhit të kemi përgjigje, pra të mos kemi humbje të skajeve, ndërsa në pjesët ku nuk ka skaje në kuadër të imazhit të mos ketë përgjigje.
- Kriteri i dytë është që pikselet që përfaqësojnë skajin të jenë të lokalizuara mirë. Me fjalë të tjera, distanca në mes të pikseleve të skajit të gjetura nga detektori dhe skajit aktual duhet të jetë në minimum.
- Kriteri i tretë është që të ketë vetëm një përgjigje në një pikë të vetme. Kjo u zbatua sepse dy të parat nuk ishin mjaft të konsiderueshme për të eliminuar plotësisht mundësinë e përgjigjeve të shumëfishta për një skaji.

Bazuar në këto kritere, filtri *Canny* për detektim të skajit fillimisht bënë zbutjen e imazhit me qëllim të eliminimit të zhurmës. Më pas, gjen gradientin për të nxjerrë në pah rajonet me derivate të larta hapësinore. Algoritmi pastaj ndjek gjurmët përgjatë këtyre rajoneve, duke mos marr në konsideratë, çdo piksel që nuk është në këto maksimume. Gradienti pastaj është reduktuar duke përdorur *hysteresis*. *Hysteresis* përdoret për të gjurmuar përgjatë pikseleve të mbetura të pa shtypura [64]. *Hysteresis* përdor dy pragje të ndryshme T1 dhe T2. Nëse magnituda është nën T1, ajo është vendosur në zero (përfaqëson një jo skaji). Nëse magnituda është mbi T2, ajo përfaqëson një skaji. Dhe nëse madhësia është në mes të 2 pragjeve, atëherë ajo është vendosur në zero, në përjashtim kur kemi një shteg nga ky piksel në një piksel me një gradient mbi T2 [64].

6.7 Modelimi i algoritmit për detektim të skajeve të imazhit

Deri tani, shumë metoda janë aplikuar për detektimin e pikseleve që korrespondojnë me skajet e imazh. Në sektorin 6.6, analizuam filtrat tradicional që përdoren për detektim të skajeve të imazhi. Mirëpo, në këtë sektor, do të paraqesim një algoritëm të ri i cili do të mundësojë zbulimin në mënyrë mjaft efikase të pikseleve që korrespondojnë me skajet e imazhit. Pseudo-kodi dhe bllok diagrami i këtij algoritmi është paraqitur në vijim.

Le të marrim një imazh $A(i, j)$ si imazh i hyrjes me dimensione $m \times n$. Ku i merr vlera $i \in (1 \dots m)$ dhe j merr vlera $j \in (1 \dots n)$.

Algoritmi 2: Ky algoritëm kalon nëpër këta hapa:

Hapi 1: Leximi i imazhit origjinal $A(i, j)$;

Hapi 2: Jepja e vlerës për pragun $P=16$;

Hapi 3: Konvertimi i imazhit origjinal $A(i, j)$ në imazh ngjyrë hiri $B(i, j)$;

Hapi 4: Kthejmë numrin e rreshtave dhe kolonave të matricës $B(i, j)$
në variabla të ndara në dalje (m, n) ;

Hapi 5: Aplikojmë unazën për dizajnim të filtrit për detektim të pikseleve të imazhit $B(i, j)$, ku i dhe j marrin vlera $i \in (1 \dots n-2)$ dhe $j \in (1 \dots m-2)$;

$$B1(i, j) = \sum_{i=1}^{n-2} \sum_{j=1}^{m-2} B((i: i+2, j: j+2))$$

Hapi 6: Aplikohet maska 3×3 brenda unazës:

$$B2(x, y) = \sum_{x=1}^3 \sum_{y=1}^3 B1(x, y)$$

Hapi 7: Llogaritja e gradientit;

Hapi 8: Aplikimi i kushtit në qoftë se vlera e gradientit është më e madhe se vlera e pragut $P=16$;

Hapi 9: Nëse kushti plotësohet pikseli korrespondon me skaji të imazhit;

Hapi 10: Nëse kushti nuk plotësohet atëherë pikseli nuk korrespondon me skaj;

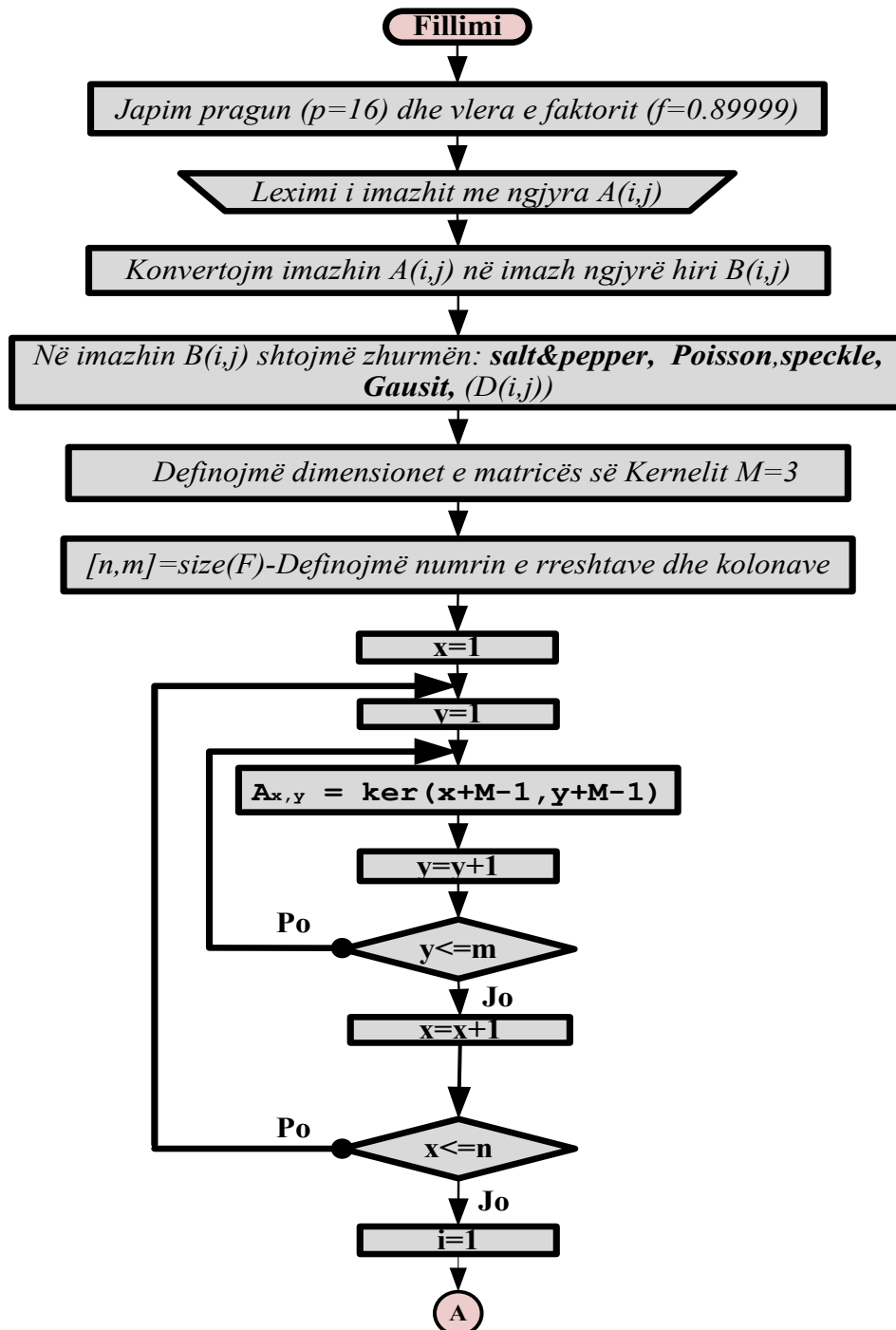
Hapi 11: Jepja e vlerës së faktorit $F=0.8$;

Hapi 12: Gjetja e skajeve të imazhit duke marr në konsideratë vlerën e pragut dhe faktorit;

Hapi 13. Paraqitja e imazhit pas zbulimit të skajeve;

Hapi 14: Paraqitja e imazhit në koordinata (x,y,z) , pas zbulimit të skajeve.

Që të jetë më e qartë se si funksionon ky algoritëm, në figurën 6.31, do të prezantohet bllok diagrami, i cili përshkruan parimin e punës së algoritmit hap pas hapi.



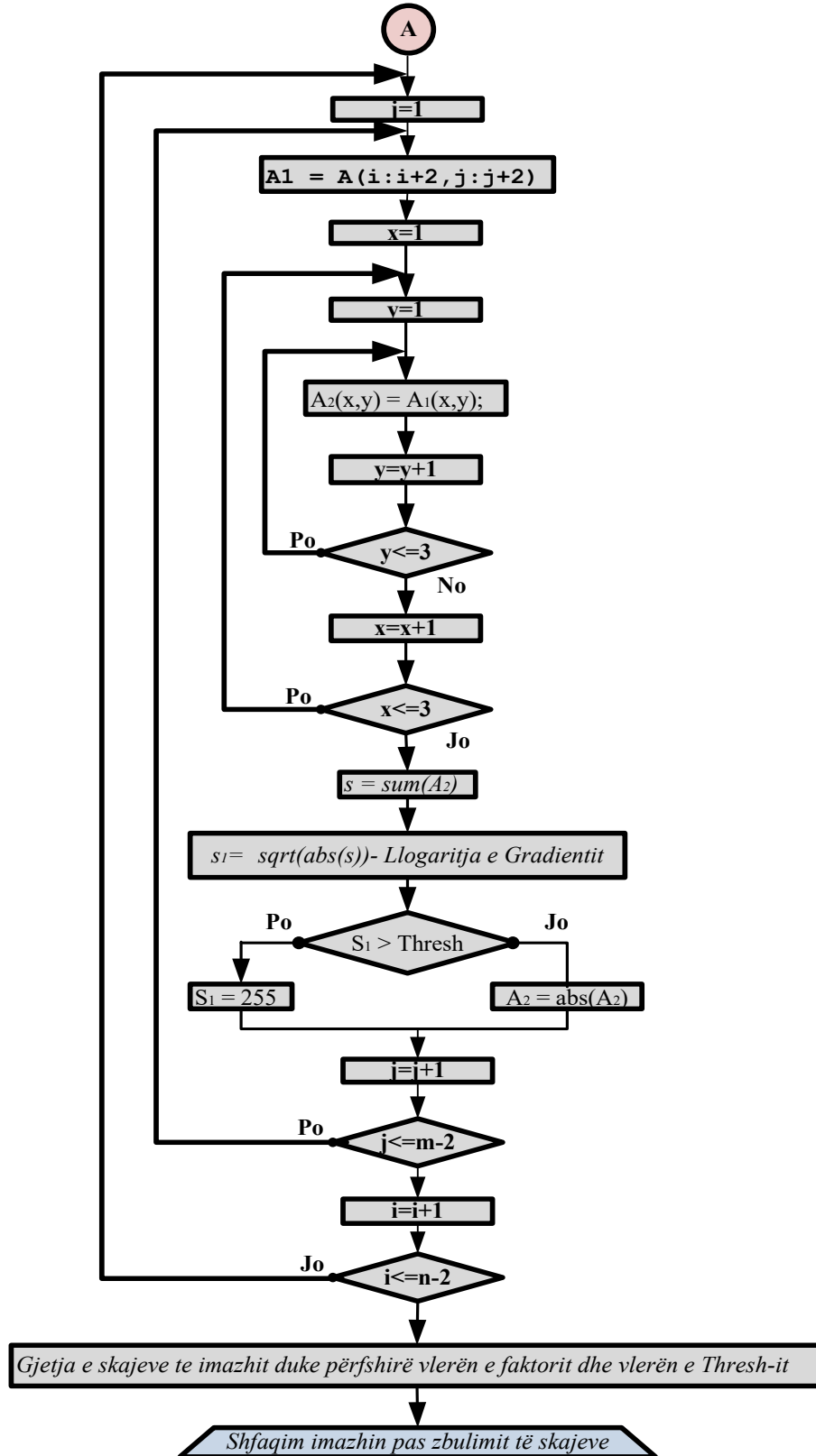


Figura 6.31. Bllok diagrami i algoritmit të propozuar për detektim të skajeve

6.7.1 Prezantimi dhe interpretimi i rezultateve të fituara me aplikimin e filtrave tradicional për detektim të skajeve

Në këtë sektor do të paraqesim, rezultatet e fituara me aplikimin e filtrave tradicional për detektim të pikseleve që përfaqësojnë skajet e imazhit të kapur nga sensorët multimedial, si dhe do të realizohet interpretimi i rezultateve të fituara në varësi të filtrit të aplikuar. Rezultatet edhe në këtë rast, si në rastin e largimit të zhurmave nga imazhi janë ftuar duke përdorur MATLAB 2016b dhe një imazh me 153x329 piksele [48] [60].

Rezultatet e fituara nga aplikimi i filtrave tradicional për detektim të skajeve dhe rezultatet e fituara me aplikimin e algoritmit të propozuar për detektim të skajeve, do të prezantohen në vijim. Në figurën 6.32 janë prezantuar rezultatet e fituar me aplikimin e filtrit *Roberts*. Duhet cekur se fillimisht imazhi hyrës është konvertuar në imazh ngjyrë hiri dhe pastaj në imazh bardh e zi. Pas konvertimit të imazhit në imazh bardh e zi, për të detektuar pikselet që korrespondojnë me skajet e imazhit është aplikuar filtri *Roberts*.

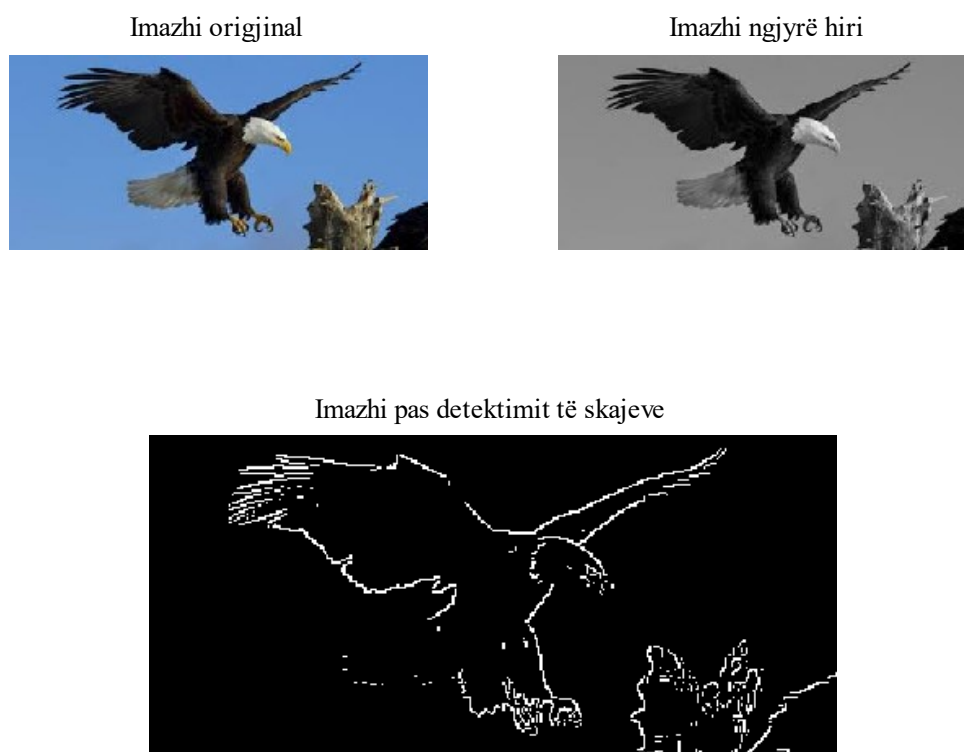


Figura 6.32. Rezultatet e fituara me aplikimin e filtrit *Roberts*

Nga rezultatet e paraqitura në figurën 6.32, mund të shihet se aplikimi i filtrit *Roberts* për detektim të skajeve të imazhit nuk siguron detektim të mirë të pikseleve. Siç mund të shihet nga figura 6.32

me aplikimin e këtij filtri kemi humbje të një numri të konsiderueshëm të pikseleve që korrespondojnë me skajet e imazhit. Me fjalë tjera, kemi humbje të shumë karakteristikave të dobishme të informacionit në kuadër të imazhit. Kjo është më e theksuar, sidomos në zonat në të cilat rritet vështirësia e detektimit të pikseleve që përfaqësojnë skajet e imazhit me pikselet që përfaqësojnë prapavijën (në këtë rast bishti i Shqiponjës).

Ndërsa në figurën 6.33, janë prezantuar rezultatet në koordinata x, y, z, të fituara pas aplikimit të filtrit *Roberts*.

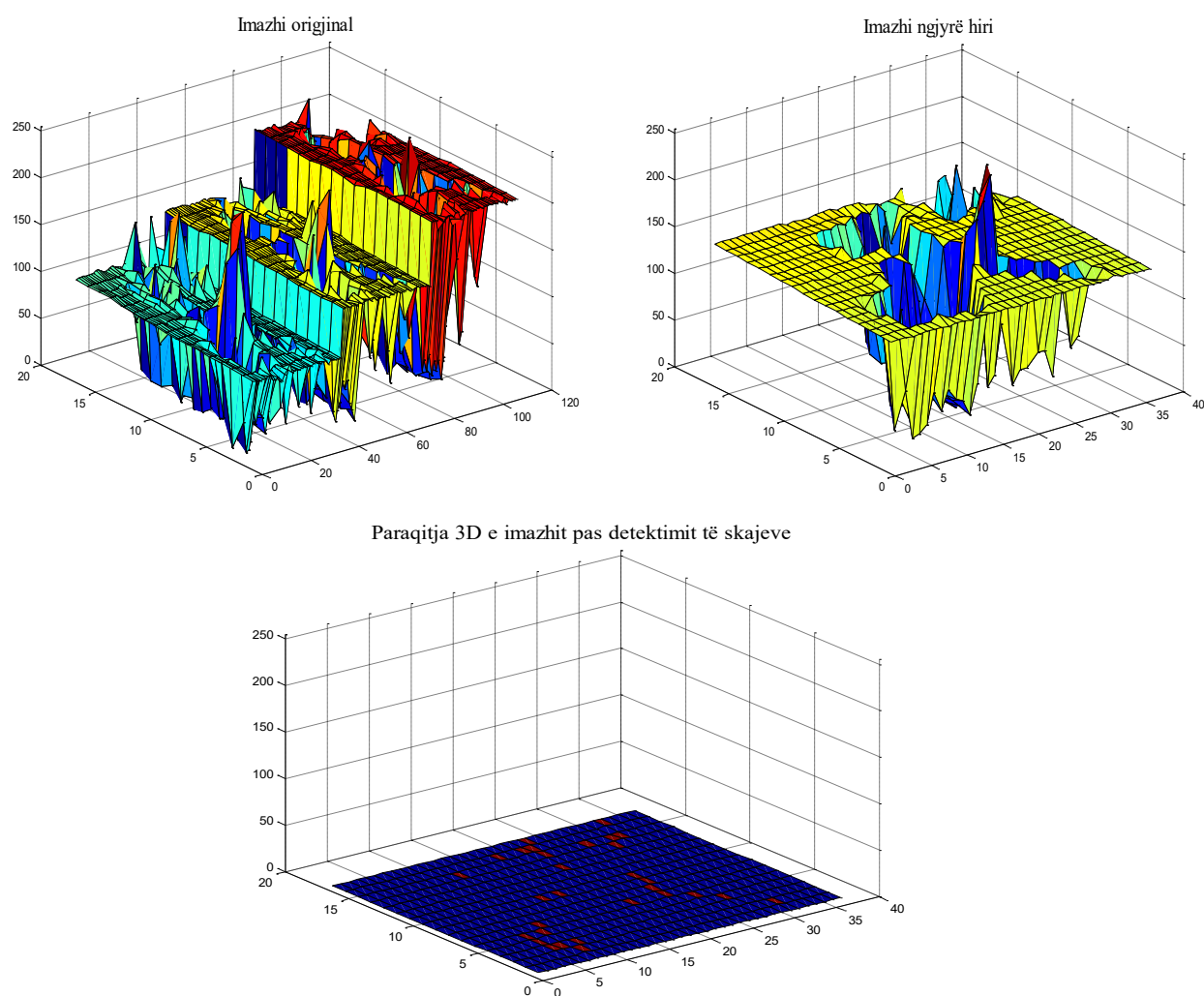


Figura 6.33. Paraqitja 3D e rezultateve pas aplikimit të filtrit *Roberts*

Për të pasur më të qartë efikasitetin e filtrit *Roberts* në detektimin e pikseleve që korrespondojnë me skajet e objekteve brenda imazhit, në tabelën 6.9, kemi paraqitur rezultatet me rastin e aplikimit të këtij filtri. Nga rezultatet e prezantuara në tabelën 6.9, mund të shihet se numri i pikseleve njësha

të detektuar me aplikimin e filtrit *Roberts* është vetëm 1761, numër i cili është dukshëm më i vogël krahasuar me algoritmin e propozuar. Prandaj, bazuar në rezultatet e prezantuara në figurën 6.32 dhe 6.33, si dhe në tabelën 6.10, mund të përfundojmë se aplikimi i filtrit *Roberts* për rastet kur vështirësia e detektimit të skajeve është e lartë, nuk ofron rezultate të mira.

Tabela 6.10 Rezultatet e fituara pas aplikimit të filtrit Roberts

Filtrit <i>Roberts</i>	Numri i pikseleve
Totali i pikseleve	50337
Totali i pikseleve zero	48576
Totali i pikseleve njësha	1761

Në figurën 6.34, janë prezantuar rezultatet e fituar me aplikimin e filtrit *Prewitt* [48]. Pra edhe në këtë rast, fillimisht imazhi hyrës është konvertuar në imazh ngjyrë hiri dhe pastaj në imazh bardh e zi. Pas konvertimit të imazhit në imazh bardh e zi, për detektim të pikseleve që korrespondojnë me skajet e imazhit është aplikuar filtri *Prewitt*.

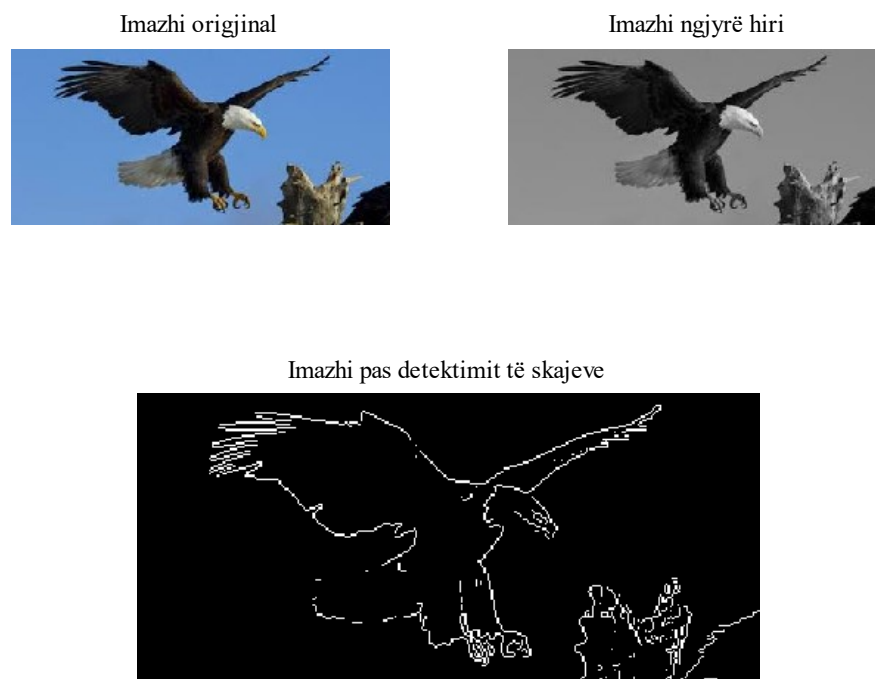


Figura 6.34. Rezultatet e fituara me aplikimin e filtrit *Prewitt*

Nga rezultatet e paraqitura në figurën 6.34, mund të shihet se njëjtë, si në rastin e aplikimit të filtrit *Roberts* edhe aplikimi i filtrit *Prewitt* për detektim të skajeve të imazhit nuk siguron detektim të mirë të skajeve të imazhit. Siç mund të shihet nga figura 6.34 me aplikimin e këtij filtri, gjithashtu si në rastin e filtrit *Roberts*, kemi humbje të një numër të konsiderueshëm të pikseleve që

korrespondojnë me skajet e imazhit. Me fjalë tjera, kemi humbje të shumë karakteristikave të dobishme të informacionit në kuadër të imazhit. Kjo është më e theksuar, sidomos në zonat në të cilat rritet vështirësia e detektimit të pikseleve që përfaqësojnë skajet e imazhit me pikselet që përfaqësojnë prapavijën (në këtë rast bishti i Shqiponjës).

Ndërsa në figurën 6.35, janë prezantuar rezultatet në koordinata x, y, z, të fituara pas aplikimit të filtrit *Prewitt*.

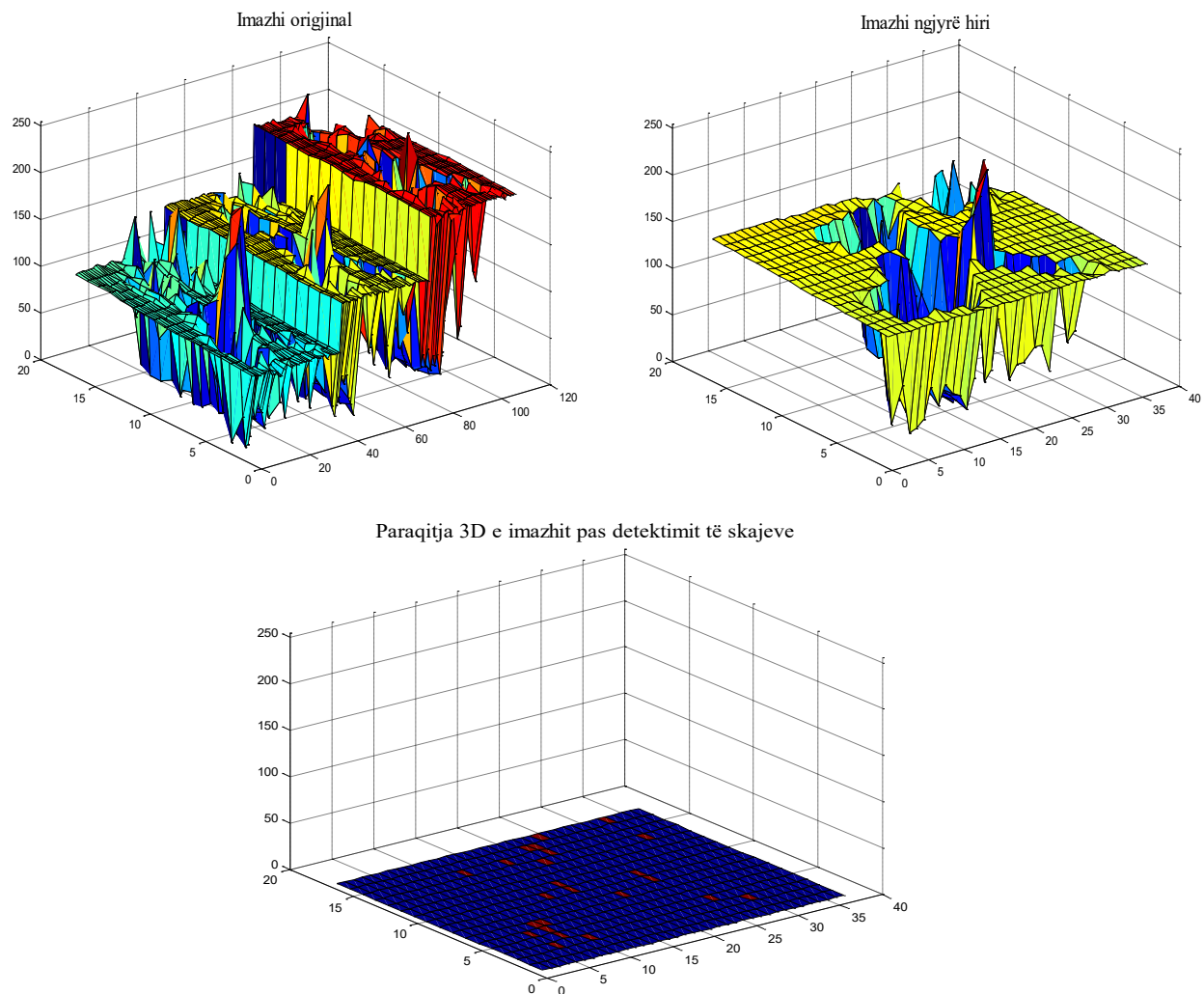


Figura 6.35. Paraqitja në koordinata x, y, z e rezultateve pas aplikimit të filtrit *Prewitt*

Për të pasur më të qartë efikasitetin e filtrit *Prewitt* në detektimin e pikseleve që korrespondojnë me skajet e objekteve brenda imazhit, në tabelën 6.11, kemi paraqitur rezultatet me rastin e aplikimit të këtij filtri. Nga rezultatet e prezantuara në tabelën 6.11 mund të shihet se numri i pikseleve njësha të detektuar me aplikimin e filtrit *Prewitt* është vetëm 1680, numër i cili është dukshëm më i vogël krahasuar me algoritmin e propozuar. Prandaj, bazuar në rezultatet e

prezantuar në figurën 6.34 dhe 6.35, si dhe në tabelën 6.11, mund të përfundojmë se aplikimi i filtrit *Prewitt*, për rastet kur vështirësia e detektimit të skajeve është e lartë, njëjtë si filtri *Roberts*, nuk ofron rezultate të mira.

Tabela 6.11 Rezultatet e fituara pas aplikimit të filtrit Prewitt

Filtrit <i>Prewitt</i>	Numri i pikseleve
Totali i pikseleve	50337
Totali i pikseleve zero	48657
Totali i pikseleve njësha	1680

Në figurën 6.36, janë prezantuar rezultatet e fituar me aplikimin e filtrit *Sobel*. Pra edhe në këtë rast, si në rastin e filtrit *Roberts* dhe *Prewitt*, fillimisht imazhi hyrës është konvertuar në imazh ngjyrë hiri dhe pastaj në imazh bardh e zi. Pas konvertimit të imazhit në imazh bardh e zi, për detektim të pikseleve që korrespondojnë me skajet e imazhit është aplikuar filtri *Sobel*.

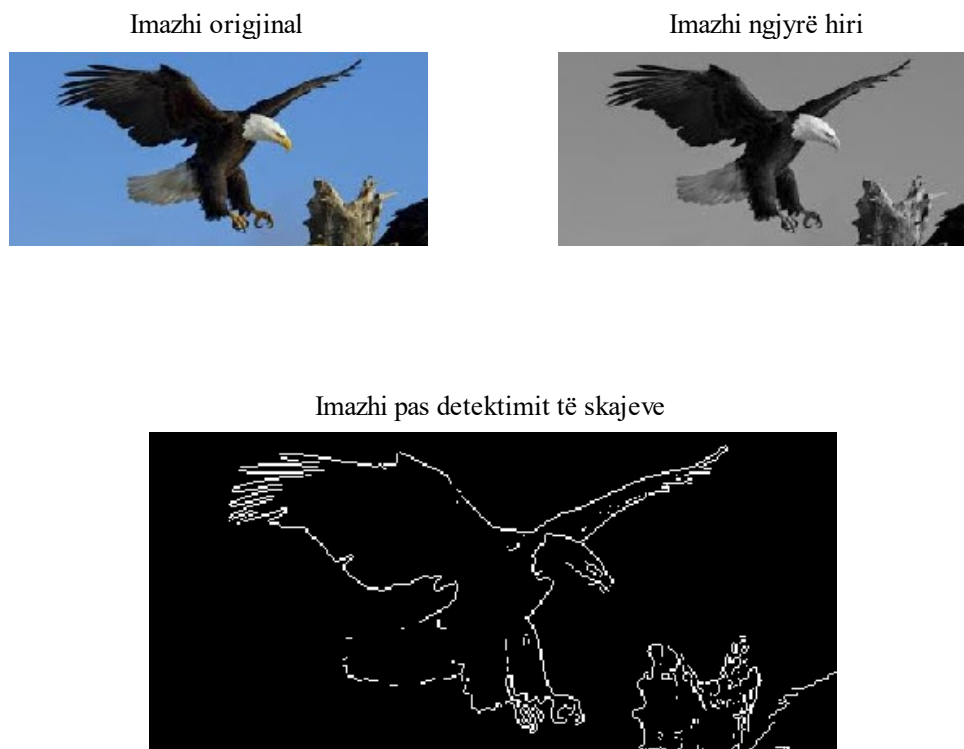


Figura 6.36. Rezultatet e fituara me aplikimin e filtrit *Sobel*

Nga rezultatet e paraqitura në figurën 6.36, mund të shihet se pothuajse, si në rastin e aplikimit të filtrit *Roberts* dhe *Prewitt* edhe aplikimi i filtrit *Sobel* për detektim të skajeve të imazhit nuk siguron detektim të mirë të skajeve të imazhit. Siç mund të shihet nga figura 6.36 me aplikimin e

këtij filtri, gjithashtu kemi humbje të një numër të konsiderueshëm të pikseleve që korrespondojnë me skajet e imazhit. Kjo është më e theksuar, sidomos në zonat në të cilat rritet vështirësia e detektimit të pikseleve që përfaqësojnë skajet e imazhit me pikselet që përfaqësojnë prapavijën (në këtë rast bishti i Shqiponjës).

Ndërsa në figurën 6.37, janë prezantuar rezultatet në koordinata x, y, z, të fituara pas aplikimit të filtrit *Sobel*.

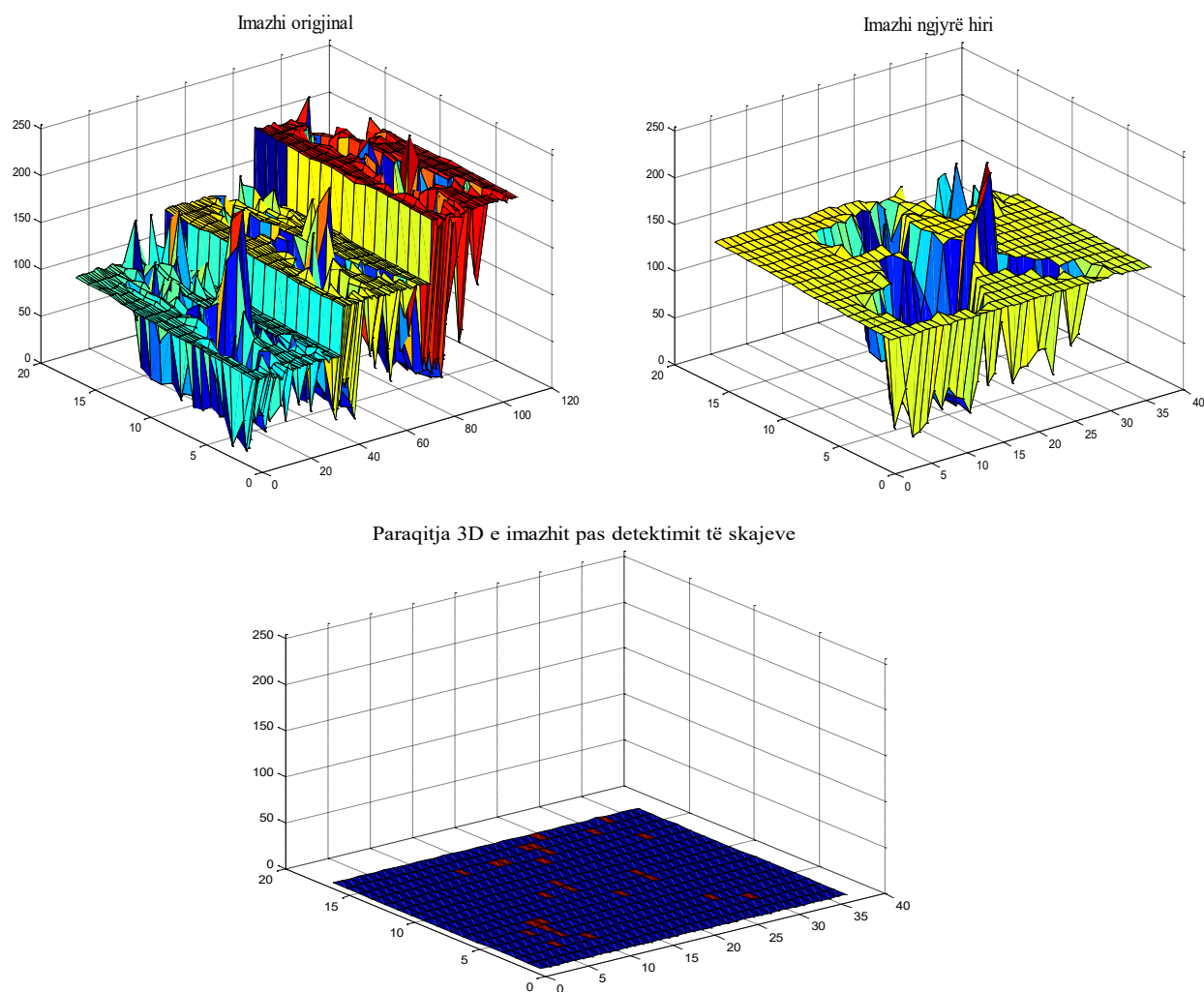


Figura 6.37. Paraqitja në koordinata x, y, z e rezultateve pas aplikimit të filtrit *Sobel*

Për të pasur më të qartë efikasitetin e filtrit *Sobel* në detektimin e pikseleve që korrespondojnë me skajet e objekteve brenda imazhit, në tabelën 6.12, kemi paraqitur rezultatet me rastin e aplikimit të këtij filtri. Nga rezultatet e prezantuara në tabelën 6.12, mund të shihet se numri i pikseleve njësha të detektuar me aplikimin e filtrit *Sobel* është vetëm 1677, numër i cili është dukshëm më i

vogël krahasuar me algoritmin e propozuar. Prandaj, bazuar në rezultatet e prezantuara në figurën 6.36 dhe 6.37, si dhe në tabelën 6.12, mund të përfundojmë se aplikimi i filtrit *Sobel*, për rastet kur vështirësia e detektimit të skajeve është e lartë, njëjtë si filtri *Roberts dhe Sobel*, nuk ofron rezultate të mira.

Tabela 6.12 Rezultatet e fituara pas aplikimit të filtrit Sobel

Filtrit <i>Sobel</i>	Numri i pikseleve
Totali i pikseleve	50337
Totali i pikseleve zero	48660
Totali i pikseleve njësha	1677

Në figurën 6.38, janë prezantuar rezultatet e fituar me aplikimin e filtrit **LoG**. Edhe në këtë rast, si në rastin e filtrit *Roberts*, *Prewitt* dhe *Sobel*, fillimisht imazhi hyrës është konvertuar në imazh ngjyrë hiri dhe pastaj në imazh bardh e zi. Pas konvertimit të imazhit në imazh bardh e zi, me qëllim të detektimit të pikseleve që korrespondojnë me skajet e imazhit është aplikuar filtri LoG.

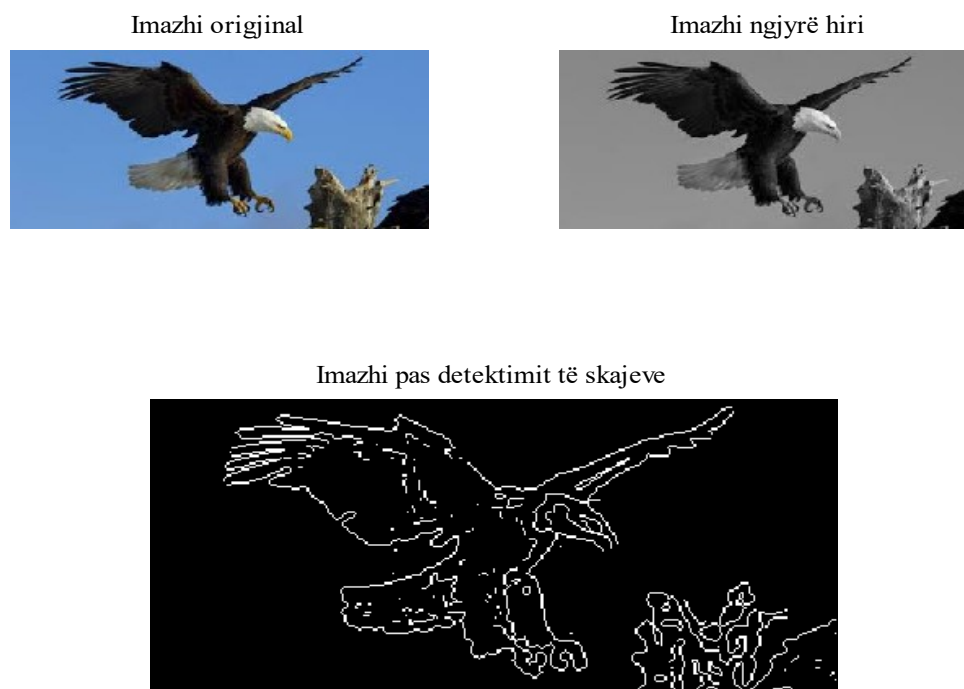


Figura 6.38. Rezultatet e fituara me aplikimin e filtrit **LoG**

Nga rezultatet e paraqitura në figurën 6.38, mund të shihet se me aplikimin e filtrit LoG për detektim të pikseleve që korrespondojnë me skajet e imazhit arrihen rezultate dukshëm më të mira se sa në rastin e aplikimit të filtrit *Roberts*, *Prewitt* dhe *Sobel*. Megjithatë, edhe pse kemi rezultate

më të mira, ende rezultatet e fituara me aplikimin e këtij filtri nuk mund të themi se kemi një nxjerrje të mirë të karakteristikave të imazhit. Prandaj, me aplikimin e këtij filtri, gjithashtu kemi humbje të një numër të pikseleve që korrespondojnë me skajet e imazhit.

Ndërsa, në figurën 6.39, janë prezantuar rezultatet në koordinata x, y, z, të fituara pas aplikimit të filtrit LoG.

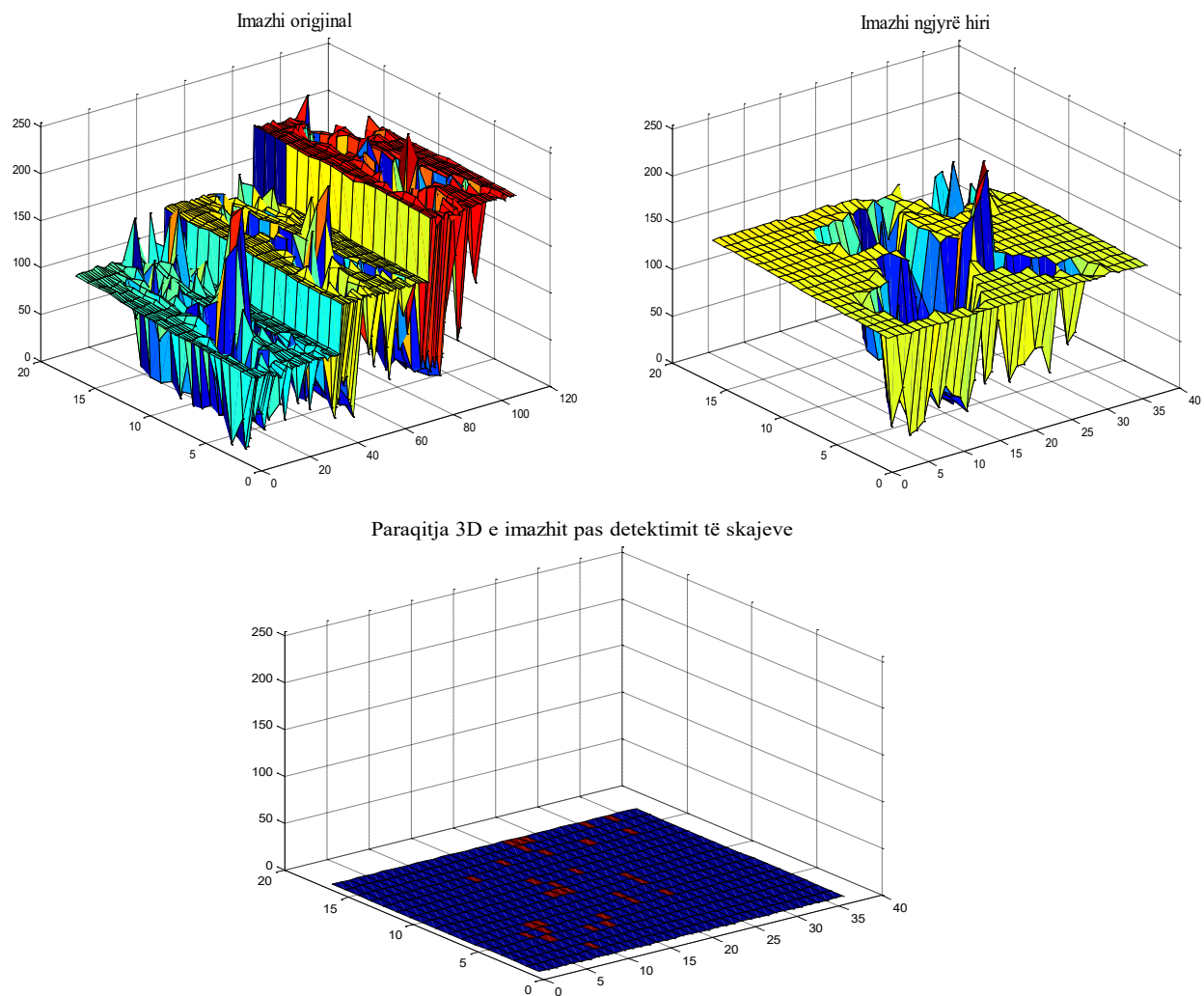


Figura 6.39. Paraqitja në koordinata x, y, z e rezultateve pas aplikimit të filtrit *LoG*

Për të kuptuar më mirë efikasitetin e filtrit *LoG* në detektimin e pikseleve që korrespondojnë me skajet e objekteve brenda imazhit, në tabelën 6.13, kemi paraqitur rezultatet me rastin e aplikimit të këtij filtri. Nga rezultatet e prezantuara në tabelën 6.13, mund të shihet se numri i pikseleve njësha të detektuar me aplikimin e filtrit *LoG* është 2364, numër i cili është dukshëm më i lartë sesa në rastin e filtrave *Roberts*, *Prewitt* dhe *Sobel*, por dukshëm më i vogël sesa në rastin e filtrit

Canny dhe algoritmit të propozuar. Prandaj, bazuar në rezultatet e prezantuara në figurën 6.38 dhe 6.39, si dhe në tabelën 6.13, mund të përfundojmë se aplikimi i filtrit *GoL*, edhe pse ofron një detektim më të mirë të pikseleve që korrespondojnë me skajet e imazhit, prapëseprapë ky filtër nuk ofron rezultate shumë të mira.

Tabela 6.13 Rezultatet e fituara pas aplikimit të filtrit *LoG*

Filtrit <i>LoG</i>	Numri i pikseleve
Totali i pikseleve	50337
Totali i pikseleve zero	47973
Totali i pikseleve njësha	2364

Në figurën 6.40, janë prezantuar rezultatet e fituar me aplikimin e filtrit *Canny*. Gjithashtu në këtë rast, si në rastin e filtrit *Roberts*, *Prewitt*, *Sobel* dhe *LoG*, fillimisht imazhi hyrës është konvertuar në imazh ngjyrë hiri dhe pastaj në imazh bardh e zi. Pas konvertimit të imazhit në imazh bardh e zi, me qëllim të detektimit të pikseleve që korrespondojnë me skajet e imazhit është aplikuar filtri *Canny*.

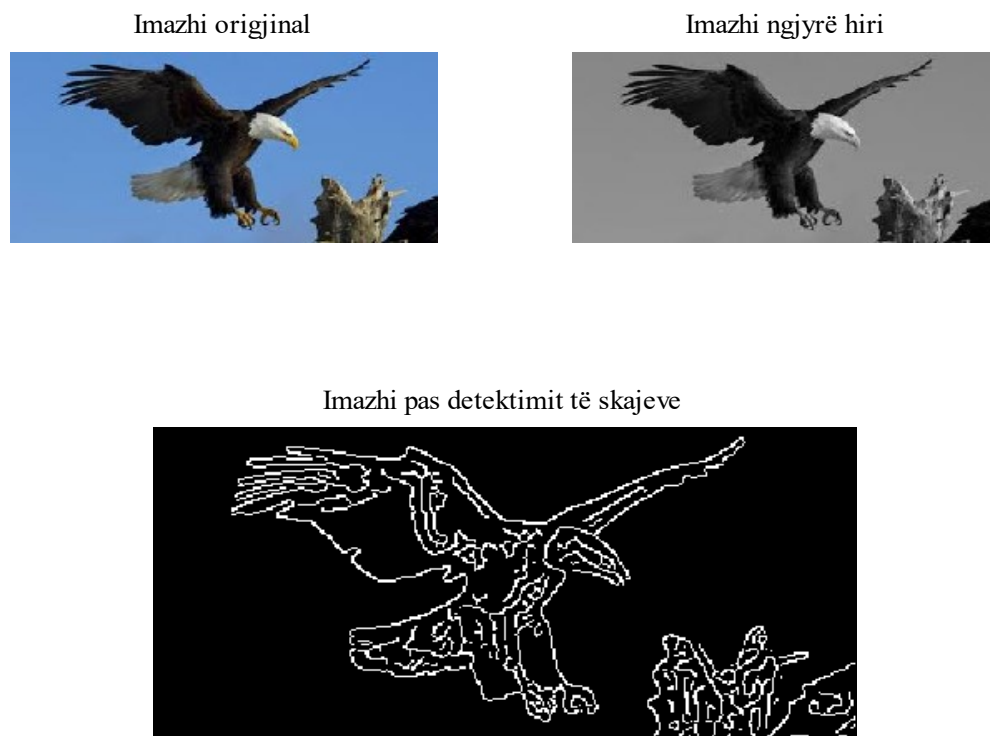


Figura 6.40. Rezultatet e fituara me aplikimin e filtrit *Canny*

Nga rezultatet e paraqitura në figurën 6.40, mund të shihet se me aplikimin e filtrit *Canny* për detektim të pikseleve që korrespondojnë me skajet e imazhit, arrihen rezultate dukshëm më të mira

sesa në rastin e aplikimit të filtrit *LoG*, *Roberts*, *Prewitt* dhe *Sobel*. Megjithatë, edhe pse ky filtër ofron rezultate dukshëm më të mira sesa filtrat *LoG*, *Roberts*, *Prewitt* dhe *Sobel*, ky filtër nuk ka arritur të nxjerr disa karakteristika të rëndësishme të imazhit. Sidomos kjo është më e theksuar, në zonën më të vështirë të detektimit të pikseleve, përkatësisht pikseleve në pjesën më problematike të detektimit (në këtë rast bishti i Shqiponjës). Aplikimi i filtrit *Canny* nuk arrin të nxjerr në mënyrën më të mirë të mundshme detajet në këtë pjesë dhe nuk arrin të definoj paraqitjen strukturore të pjesës në bishtin e Shqiponjës.

Ndërsa në figurën 6.41, janë prezantuar rezultatet në koordinata x, y, z, të fituara pas aplikimit të filtrit *Canny*.

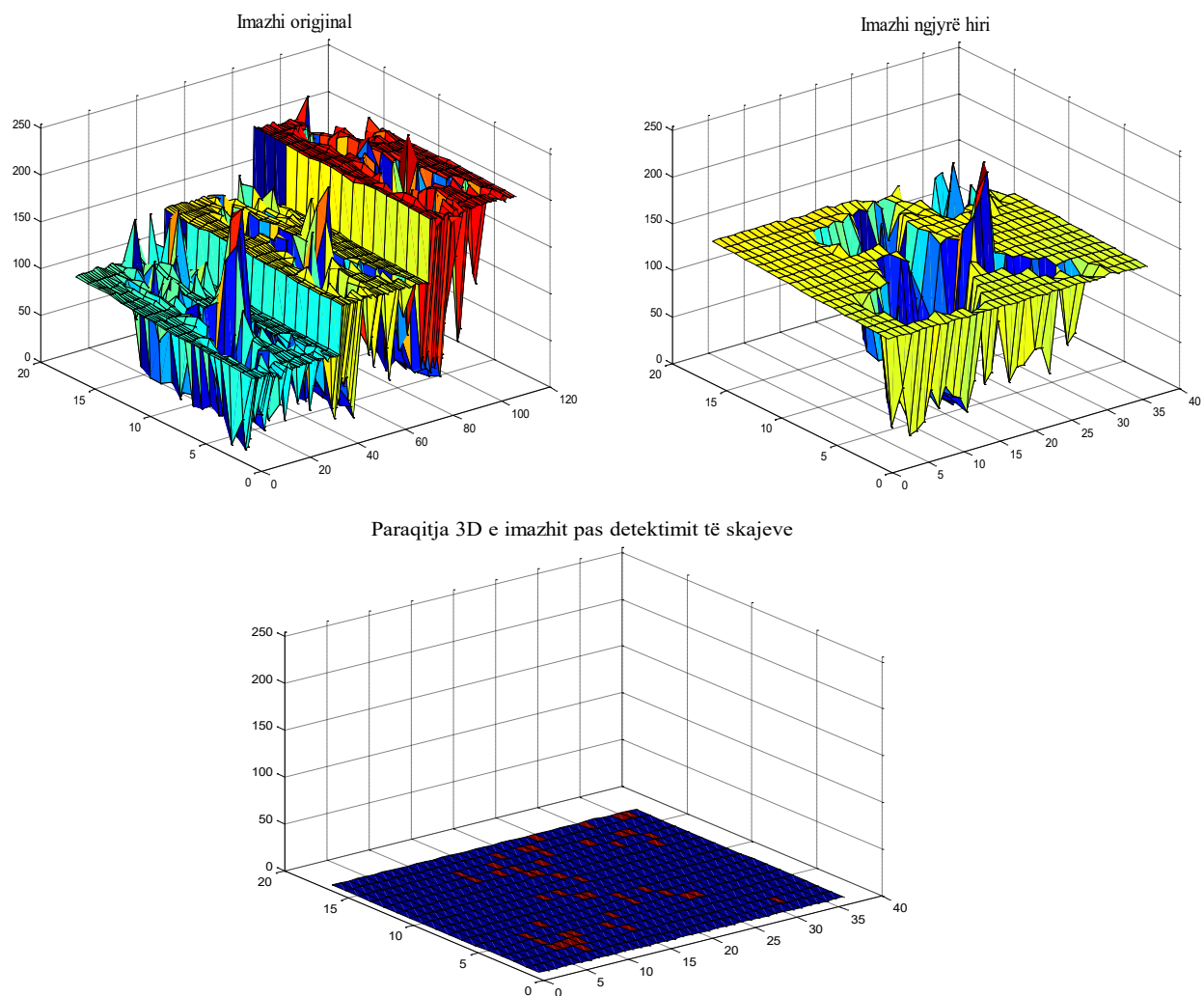


Figura 6.41. Paraqitja në koordinata x, y, z e rezultateve pas aplikimit të filtrit *Canny*

Efikasiteti i filtrit *Canny* në detektimin e pikseleve që korrespondojnë me skajet e objekteve brenda imazhit, mund të vërehet edhe nga rezultatet e prezantuara në tabelën 6.14. Nga rezultatet e

prezantuar në tabelën 6.14, mund të shihet se numri i pikseleve njësha të detektuar me aplikimin e filtrit *Canny* është 3453, numër i cili është dukshëm më i lartë sesa në rastin e filtrave *Roberts*, *Prewitt*, *Sobel* dhe *LoG*. Prandaj, bazuar në rezultatet e prezantuar në figurën 6.40 dhe 6.41, si dhe në tabelën 6.14, mund të përfundojmë se aplikimi i filtrit *Canny* edhe pse ofron një detektim mjaft të mirë të pikseleve, nuk mundëson detektimin e pikseleve në mënyrën më të mirë të mundshme që mundësojnë nxjerrjen në pah të detajeve të strukturës së objekteve të imazhit të kapur nga sensorët multimedial, në krahasim me algoritmin e propozuar.

Tabela 6.14 Rezultatet e fituara pas aplikimit të filtrit Canny

Filtrit <i>Canny</i>	Numri i pikseleve
Totali i pikseleve	50337
Totali i pikseleve zero	46884
Totali i pikseleve njësha	3453

6.7.2 Prezantimi, krahasimi dhe interpretimi i rezultateve të fituara me aplikimin e algoritmit për detektim të skajeve

Në këtë sektor do të prezantojmë, rezultatet e fituara me aplikimin e algoritmit të propozuar për detektim të skajeve të imazhit të kapur nga sensorët multimedial, si dhe do të realizohet interpretimi dhe krahasimi i rezultateve të fituara. Rezultatet e fituara me aplikimin e këtij algoritmi do të krahasohen me rezultatet e fituara me aplikimin e filtrave tradicional.

Rezultatet e fituara me aplikimin e këtij algoritmi janë prezantuar në figurën 6.42. Në këtë rast, si në rastin e filtrit *Canny*, *LoG*, *Roberts*, *Prewitt* dhe *Sobel*, fillimisht imazhi hyrës është konvertuar në imazh ngjyrë hiri dhe pastaj në imazh bardh e zi [69]. Pas konvertimit të imazhit në imazh bardh e zi, me qëllim të detektimit të pikseleve që korrespondojnë me skajet e imazhit, është aplikuar algoritmi i ri i projektuar për këtë qëllim.

Nga rezultatet e prezantuar në figurën 6.42, mund të shihet se me aplikimin e këtij algoritmi për detektim të pikseleve që korrespondojnë me skajet e imazhit të kapur nga sensorët multimedial, arrihen rezultate më të mira sesa në rastin e aplikimit të filtrave tradicional për detektim të skajeve. Nga krahasimi i rezultateve të fituara me aplikimin e algoritmit të propozuar, me rezultatet e fituar me aplikimin e filtrave *LoG*, *Roberts*, *Prewitt* dhe *Sobel*, mund të vërehet se rezultatet e fituara me aplikimin e këtij algoritmi, janë dukshëm më të mira sesa ato të fituara me aplikimin e këtyre filtrave. Rezultate më të përafërta me rezultatet e fituara me aplikimin e algoritmit të propozuar, arrihen me aplikimin e filtrit *Canny*. Mirëpo, nëse krahasohen rezultatet e arritura me aplikimin e

këtij algoritmi dhe të cilat janë prezantuar në figurën 6.42, me ato të arritura me aplikimin e filtrit *Canny* dhe të prezantuara në figurën 6.40 dhe 6.41, si dhe në tabelën 6.14, mund të vërehet se algoritmi i propozuar, mundëson detektimin e pothuajse të gjithë pikseleve që korrespondojnë me skajet e imazhit, duke mundësuar kështu që struktura e objekteve brenda imazhit të jetë e plotë. Respektivisht, mundëson ruajtjen e strukturës dhe informacioneve të dobishme në imazhin e kapur nga sensori multimedial, ndërsa injoron informacionet më pak të rëndësishme.

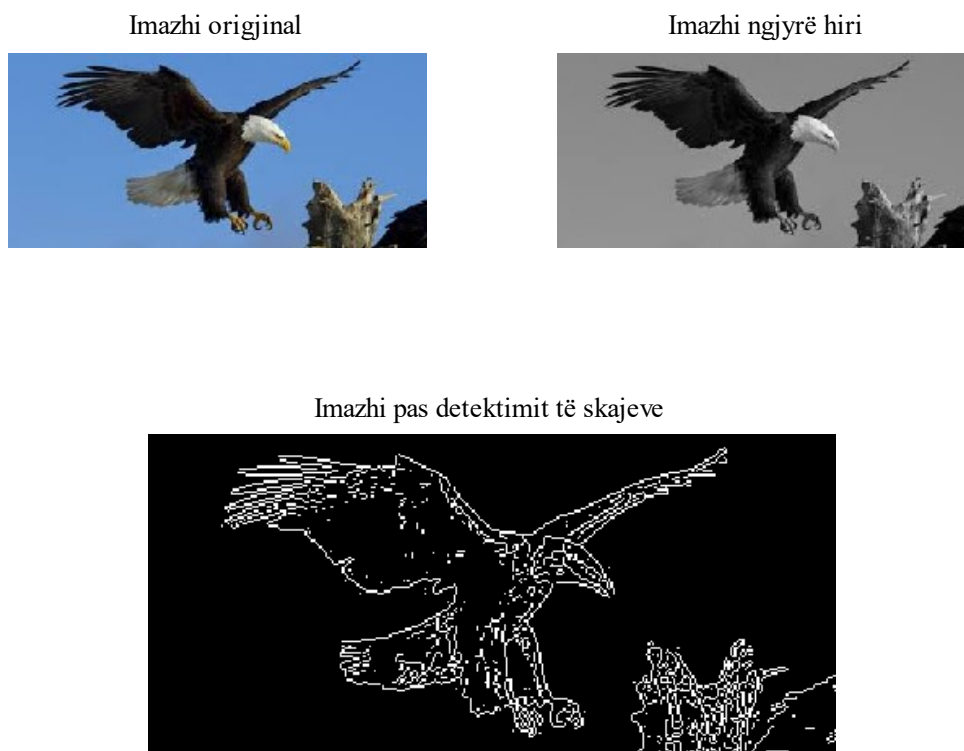


Figura 6.42. Rezultatet e fituara me aplikimin e algoritmit të propozuar për detektim të skajeve

Efikasiteti i algoritmit të propozuar në krahasim me filtrin *Canny*, fillimisht mund të vërehet në pjesën e poshtme të krahut të majtë të shqiponjës (djathtë në figurën 6.42). Nëse krahasojmë rezultatet e paraqitura në figurën 6.40, mund të shihet se në rastin e aplikimit të filtrit *Canny*, skajet e detektuar në krahun e majtë të Shqiponjës janë më pakë të theksuara sesa në rastin e aplikimit të algoritmit të propozuar. Pastaj, një avantazh tjetër i aplikimit të këtij algoritmi mund të vërehet në detektimin e pikseleve në pjesën më problematike, përkatësisht në pjesën ku dallimi i nuancave të ngjyrës që përfaqësojnë objektin janë shumë të përafërta me nuancat në prapavijën në imazh (në rastin tonë pjesa tek bishti i Shqiponjës). Nga figura 6.42, mund të shihet se në rastin e aplikimit të këtij algoritmi është arritur që të paraqitet në pah komplet struktura e bishtit të Shqiponjës, gjë

e cila nuk mund të arrihet me aplikimin e filtrit *Canny*. Mirëpo, duhet cekur se pavarësisht këtyre, aplikimi i filtrit *Canny*, siç shihet në figurën 6.40, ofron një ndërlidhje të mirë të pikseleve. Gjithashtu rezultatet e fituara pas aplikimit të këtij algoritmi janë prezantuar në koordinata x, y, z në figurën 6.43.

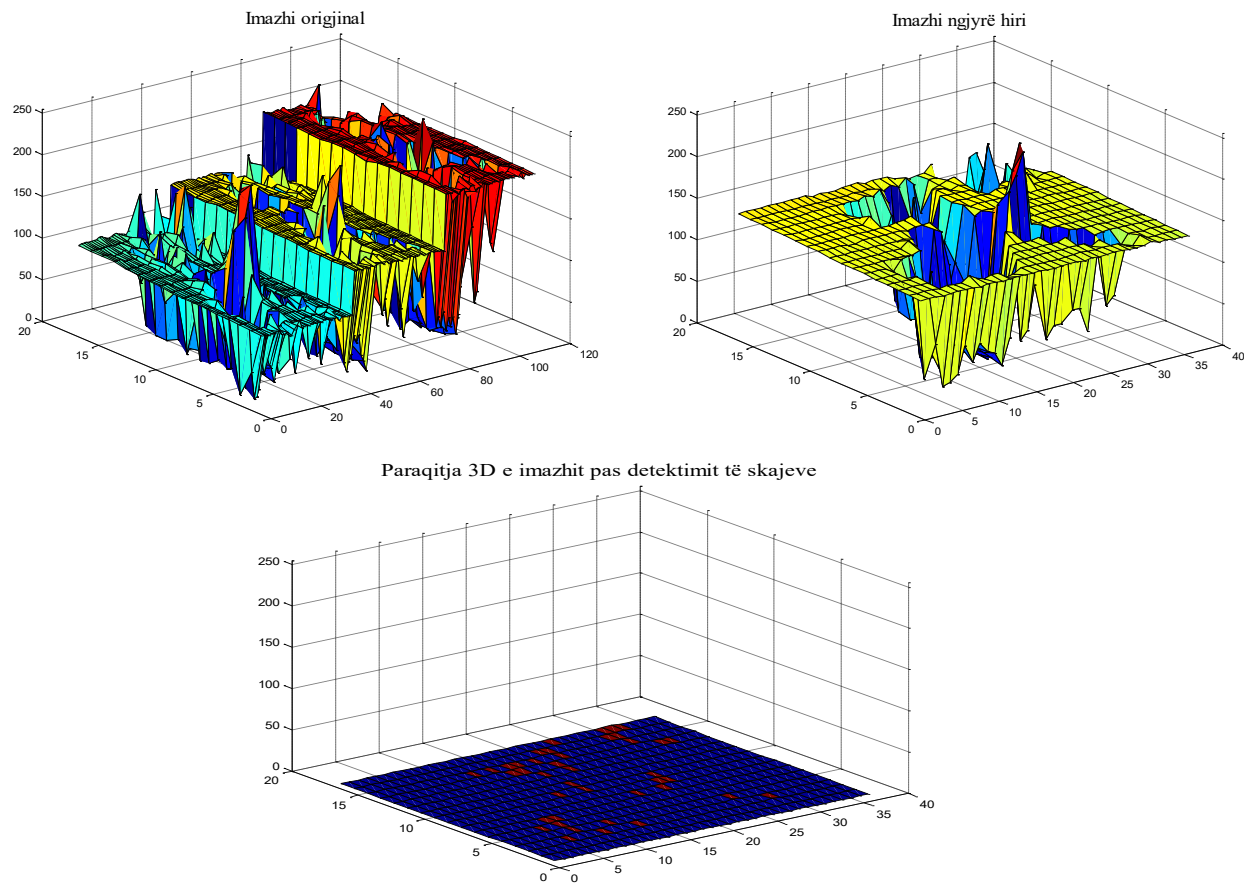


Figura 6.43. Paraqitja në koordinata x, y, z e rezultateve të fituara me aplikimin e algoritmit të propozuar për detektim të skajeve

Për të matur efikasitetin e algoritmit të propozuar në detektimin e pikseleve që korrespondojnë me skajet e objekteve brenda imazhit të kapur nga sensori multimedial, në tabelën 6.15, janë prezantuar rezultatet, përkatësisht numri i pikseleve të zbuluar të cilët korrespondojnë me skajet e objekteve në imazh. Nga rezultatet e prezantuara në tabelën 6.15, mund të shihet se numri i pikseleve njësha të detektuar me aplikimin e algoritmit të propozuar është 3453, numër i cili është dukshëm më i lartë sesa në rastin e filtrave *Roberts*, *Prewitt*, *Sobel* dhe *LoG*, por në krahasim me filtrin *Canny* është vetëm 53 piksel. Prandaj, bazuar në rezultatet e prezantuara në figurën 6.42 dhe 6.43, si dhe në tabelën 6.15, mund të përfundojmë se aplikimi i algoritmit të propozuar, nuk

mundëson detektim të saktë të pikseleve, duke mundësuar ruajtjen e plot të strukturës së imazhit të kapur nga sensorët multimedial.

Tabela 6.15 Rezultateve pas aplikimit të algoritmit të propozuar

Algoritmi i propozuar	Numri i pikseleve
Totali i pikseleve	50337
Totali i pikseleve zero	46831
Totali i pikseleve njësia	3506

6.7.3 Krahësim i rezultateve të algoritmit të propozuar për detektim të skajeve me filtrat ekzistues

Me qëllim që të shohim efikasitetin e algoritmit të propozuar për detektim të skajeve të imazhit të kapur nga sensorët multimedial, në këtë sektor do të realizojmë krahasimin e rezultateve të fituara me aplikimin e këtij algoritmi, me ato të filtrave ekzistues për detektim të skajeve. Rezultatet e fituara nga simulimet e realizuara në formë të përmbledhur janë prezantuar në tabelën 6.16 dhe në tabelën 6.17.

Tabela 6.16 Krahasimi i rezultateve të algoritmit të propozuar me filtrat ekzistues për detektim të skajeve

Krahasimi	Roberts	Sobel	Prewitt	LoG	Canny
Algoritmi i propozuar	3506	3506	3506	3506	3506
Filtrat ekzistues	1761	1677	1680	2364	3453
Diferenca	1745	1829	1826	1142	53
Diferenca në %	49.77	52.17	52.08	32.57	1.5

Bazuar në rezultate e prezantuara në tabelën 6.16, mund të shihet se numri i pikseleve të zbuluara dhe të cilët korrespondojnë me skajet e imazhit të kapur nga sensori multimedial me aplikimin e algoritmit të propozuar, është dukshëm më i lartë sesa në rastin e filtrit *Roberts*, *Sobel*, *Prewitt* dhe *LoG*. Dallimi më i vogël, mund të vërehet në rastin e aplikimit të filtrit *Canny*. Ky dallim edhe pse është vetëm 53 piksel, nëse shikohen rezultatet e prezantuara në figurën 6.42, mund të vërehet se algoritmi i propozuar është më efikas në detektimin e pikseleve, në ato raste kur niveli i vështirësisë së detektimit është më i lartë.

Nga rezultatet në tabelën 6.16, mund të shihet se algoritmi i propozuar për detektim të skajeve të imazhit të kapur nga sensorët multimedial ka një përmirësim të algoritmeve ekzistuese për:

- 1.5%, krahasuar me filtrin *Canny*;

- 32.57%, krahasuar me filtrin *LoG*;
- 49.77%, krahasuar me filtrin *Roberts*;
- 52.08%, krahasuar me filtrin *Prewitt dhe*
- 52.17%, krahasuar me filtrin *Sobel*.

Ndërsa, në tabelën 6.17, janë prezantuar rezultatet e fituara në lidhje me kohën e nevojshme që i nevojitet secilit filtër ekzistues për përpunim të imazhit dhe këto rezultate janë krahasuar me rezultatet e fituara me aplikimin e algoritmit të propozuar. Në këtë rast, për testim është përdorur një imazh me 153x329 piksel.

Tabela 6.17 Krahasimi i rezultateve bazuar në kohën e nevojshme për detektim të skajeve

Koha e përpunimit (s)	Roberts	Sobel	Prewitt	LoG	Canny
Algoritmi i propozuar	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
Filtrat ekzistues	0.28	0.26	0.22	0.30	0.26

Nga rezultatet e prezantuara në tabelën 6.17, mund të shihet se algoritmi i propozuar ofron një përmirësim të kohës së nevojshme për detektim të pikëseleve që korrespondojnë me skajet e imazhit, në krahasim me filtrat tradicional.

Andaj, bazuar në rezultatet e prezantuar në tabelën 6.16 dhe 6.17, mund të përfundojmë se algoritmi i propozuar për detektim të skajeve të imazhit të kapur nga sensori multimedial, ofron rezultate mjaft të mira dhe është mjaft efikas që të aplikohet për këtë qëllim.

6.8 Modelimi i algoritmit i cili mundëson largimin e zhurmave dhe detektim të skajeve në imazhin e kapur nga WMSN

Siç kemi cekur imazhet e kapura nga WMSN të vendosur përgjatë vijës së gjelbër kufitare, duhet të përpunohen dhe të dërgohen në destinacionin e duhur. Vendosija dhe menaxhimi i WMSN përgjatë vijës së gjelbër kufitare, është i karakterizuar me shumë sfida. Një nga këto sfida siç është cekur është furnizimi i WMSN-ve me energji. Furnizimi me energji i nyjeve sensor është jetik për funksionimin e WMSN. Me fjalë tjera, energjia është vetë jeta e WMSN.

Prandaj, sesorët duhet që imazhet e kapura t'i përpunojnë dhe rrugtojnë përgjatë rrjetit deri tek destinacioni i caktuar. Mirëpo, kjo kërkohet që të realizohet me një shpenzim minimal të energjisë dhe ngarkesë minimale të linkut transmetues. Një nga metodat për të arritur këtë, është konvertimi i imazheve të kapura nga WMSN në imazhe bardh e zi. Konvertimi në imazh bardh-zi ndikon në

zvogëlimin e madhësisë së imazhit. Zvogëlimi i madhësisë së imazhit, ndikon në reduktimin e fuqisë transmetuese të nyjës sensor dhe në reduktimin e ngarkesës së linkut transmetues. Me zvogëlimin e fuqisë transmetuese zvogëlohen harxhimet e energjisë. Kjo drejtpërdrejt ndikon në jetëgjatësinë e nyjeve sensor.

Me qëllim të zbulimit të këtyre detajeve të imazheve në sektorin 6.7 prezantuar një algoritëm i cili në mënyrë mjaftë efikase mundëson detektimin e pikseleve që korrespondojnë me skajet e imazhit. Mirëpo, në kuadër të një imazhi mund të ketë prani të zhurmave të ndryshme të cilat mund të ndikojnë që detektimi i skajeve të imazhit të jetë jo efikas. Me fjalë tjera mund të ndikojnë që pikselet që përfaqësojnë skajet e imazhit të kenë vlera tjera nga ato reale, dhe kjo do të mund të ndikonte që të duken si piksele të pa rëndësishme. Prandaj, në këto rast, kur është e pranishme zhurma, fillimisht duhet të largohet zhurma nga imazhi dhe pastaj të realizohet detektimi i skajeve të imazhit. Me qëllim të restaurimit të pikseleve të korruptuara të imazhit nga zhurmat e ndryshme të mundshme në sektorin 6.5, prezantuar një algoritëm i cili në mënyrë mjaftë efikase mundëson largimin e të gjitha zhurmave të mundshme që kanë korruptuar pikselet e imazhit.

Algoritmi i prezantuar në sektorin 6.5 dhe në 6.7 edhe pse ofrojnë rezultate mjaftë të mira në lidhje me restaurimin e pikseleve të korruptuara nga zhurmat e ndryshme, përkatësisht detektimin e skajeve të imazhit, këto algoritme për të realizuar largimin e zhurmave dhe detektim të skajeve në kuadër të imazhit të kapur nga sensori, duhet të aplikohen veç e veç. Me fjalë tjera, për të arritur që në mënyrë efikase të detektohen skajet e imazhit, fillimisht duhet që të aplikohet algoritmi i parë, ashtu që të realizohet lokalizimi i zhurmës, si dhe largimi i saj dhe pastaj të aplikohet algoritmi i dytë i cili mundëson detektimin e skajeve të imazhit. Kjo do të kërkojë më shumë fuqi të sensorit për arritjen e qëllimeve dhe kjo drejtpërdrejt do të ndikojë në rritjen e shpenzimeve të energjisë.

Në vijim, me qëllim të zgjidhjes së këtij problemi do të ri dizajnojmë algoritmin e parë dhe algoritmin e dytë në një algoritëm të vetëm. Pra do të bëjmë një ridizajnim të algoritmit të parë dhe algoritmit të dytë, duke mundësuar që këto dy algoritme të funksionojnë si një algoritëm i vetëm. Ky algoritëm i rimodeluar do të mundësojë që fillimisht të lokalizohen pikselet të cilat janë korruptuar nga zhurmat e ndryshme, si dhe do të restaurojë ato piksele. Pasi që të bëjë restaurimin e pikseleve të imazhit të kapur nga WMSN do të bëjë detektimin e skajeve të objekteve në imazh.

6.8.1 Modelimi dhe parimi i punës së algoritmit të rimodeluar

Në sektorin 6.5, propozuam një algoritëm i cili në mënyrë mjaft efikase mundëson rikuperimin e pikseleve të korruptuara nga lloje të ndryshme të zhurmave të interferuara nga burime të ndryshme. Ndërsa në sektorin 6.7, propozuam një algoritëm i cili mundëson në mënyrë mjaft të suksesshme detektimin e pikseleve që korrespondojnë me skajet e imazhit. Në këtë sektor do të ri modelojmë të dy algoritmet e propozuara në një algoritëm të vetëm i cili në mënyrë efikase mundëson rikuperimin e pikseleve të korruptuara të imazhit nga llojet e ndryshme të zhurmës dhe pastaj realizon detektimin e skajeve të imazhit. Pseudo-kodi i këtij algoritmi është paraqitur në vijim. Në këtë rast, le të marrim një imazh $A(i, j)$, si imazh hyrës me dimensione $m \times n$. Ku i merr vlera $i \in (1 \dots m)$ dhe j merr vlera $j \in (1 \dots n)$.

Algoritmi 3: Ky algoritëm kalon nëpër këta hapa:

Hapi 1: Leximi i imazhit original $A(i, j)$;

Hapi 2: Jepet vlera e pragun $P=16$ dhe vlera e faktorit $F=0.8$;

Hapi 3: Konvertimi i imazhit original $A(i, j)$ në imazh ngjyrë hiri $B(i, j)$;

Hapi 4: Imazhit $B(i, j)$ i shtohet zhurma *salt & pepper* me densitet të zhurmës $d=0.2$ ($C(i, j)$);

Hapi 5: Imazhit $C(i, j)$ me zhurmë *salt & pepper*, i shtohet zhurma *poisson* ($D(i, j)$);

Hapi 6: Imazhit $D(i, j)$ me zhurmë *salt & pepper* and *poisson*, i shtohet zhurma *Speckle* ($E(i, j)$);

Hapi 7: Imazhit $E(i, j)$ me zhurmë *salt & pepper&poisson and Speckle*, i shtohet zhurma *gaussian* me devijim standard $\sigma=0.02$ ($F(i, j)$);

Hapi 8: Përcaktojmë maskës me dimensione 3×3 e cila aplikohet në matricën e imazhit të korruptuar nga zhurmat e ndryshme $F(i, j)$;

Hapi 9: Kthejmë numrin e rreshtave dhe kolonave të matricës $F(i, j)$ në variabile të ndara në dalje (m, n);

Hapi 10: Aplikojmë unazën e parë për matricën:

$$A(x, y) = \sum_{x=1}^n \sum_{y=1}^m k((x + m - 1, y + m - 1))$$

Hapi 11: Aplikojmë unazën e dytë për projektim të filtrit për rikuperim të pikseleve të imazhit $A(i, j)$, ku i dhe j marrin vlera $i \in (1 \dots n)$ dhe $j \in (1 \dots m)$;

Hapi 12: Fillojmë me $l=1$ brenda unazës së dytë dhe rritet për një ($l=l+1$);

Hapi 13: Aplikohet maska 3x3 brenda unazës së dytë:

$$K(l) = \sum_{x=1}^3 \sum_{y=1}^3 k((i+x-1, j+y-1))$$

Hapi 14: Sortojmë vlerat e pikseleve brenda maskës së aplikuar nga pikëseli me vlerë më të vogël deri të pikëseli me vlerë më të madhe;

Hapi 15: Pas sortimit të pikseleve (hapi 14), zgjedhim pikëselin me vlerë të mesëm (pikëseli i pestë) dhe zëvendësohet pikëseli paraprak me pikëselin e zgjedhur;

Hapi 16: Aplikojmë unazën për dizajnim të filtrit për detektim të pikseleve të imazhit $B(i,j)$, ku i dhe j marrin vlera $i \in (1 \dots n-2)$ dhe $j \in (1 \dots m-2)$;

$$B1(i,j) = \sum_{i=1}^{n-2} \sum_{j=1}^{m-2} B((i:i+2, j:j+2))$$

Hapi 17: Aplikohet maska 3x3 brenda unazës:

$$B2(x,y) = \sum_{x=1}^3 \sum_{y=1}^3 B1(x,y)$$

Hapi 18: Llogaritja e gradientit;

Hapi 19: Aplikimi i kushtit në qoftë se vlera e gradientit është më e madhe se vlera e pragut $P=16$;

Hapi 20: Nëse kushti plotësohet pikseli korrespondon me skaji të imazhit;

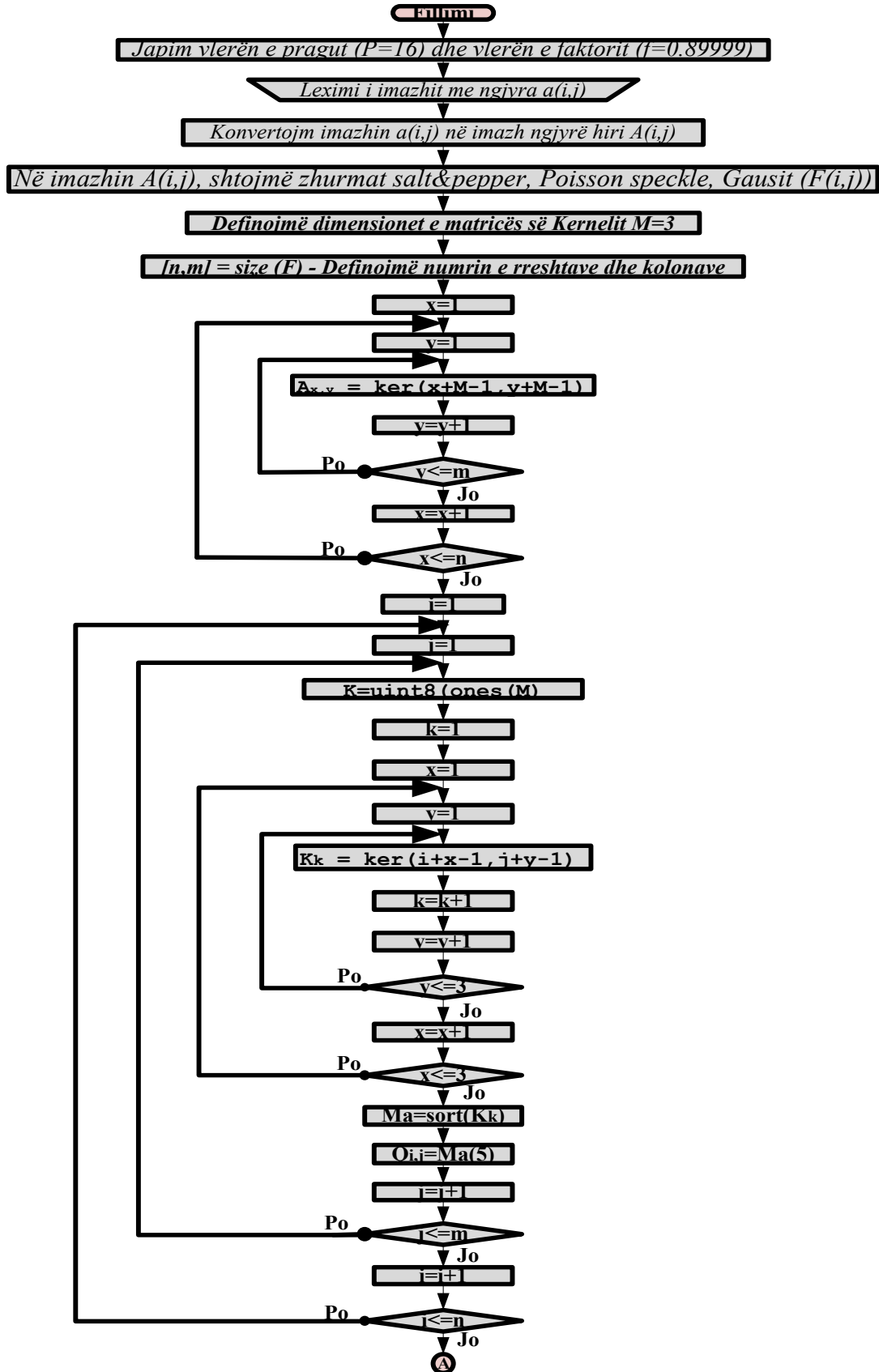
Hapi 21: Nëse kushti nuk plotësohet atëherë pikseli nuk korrespondon me skaj;

Hapi 22: Gjetja e skajeve të imazhit duke marr në konsideratë vlerën e pragut dhe faktorit;

Hapi 23: Paraqitja e imazheve pas filtrimit të zhurmave dhe zbulimit të skajeve;

Hapi 24: Paraqitja e imazheve në koordinata (x,y,z) .

Ndërsa, bllok diagrami i algoritmit të rimodeluar është paraqitur në figurën 6.44. Bllok diagrami i paraqitur në figurën 6.44, përshkruan parimin e punës së algoritmit hap pas hapi.



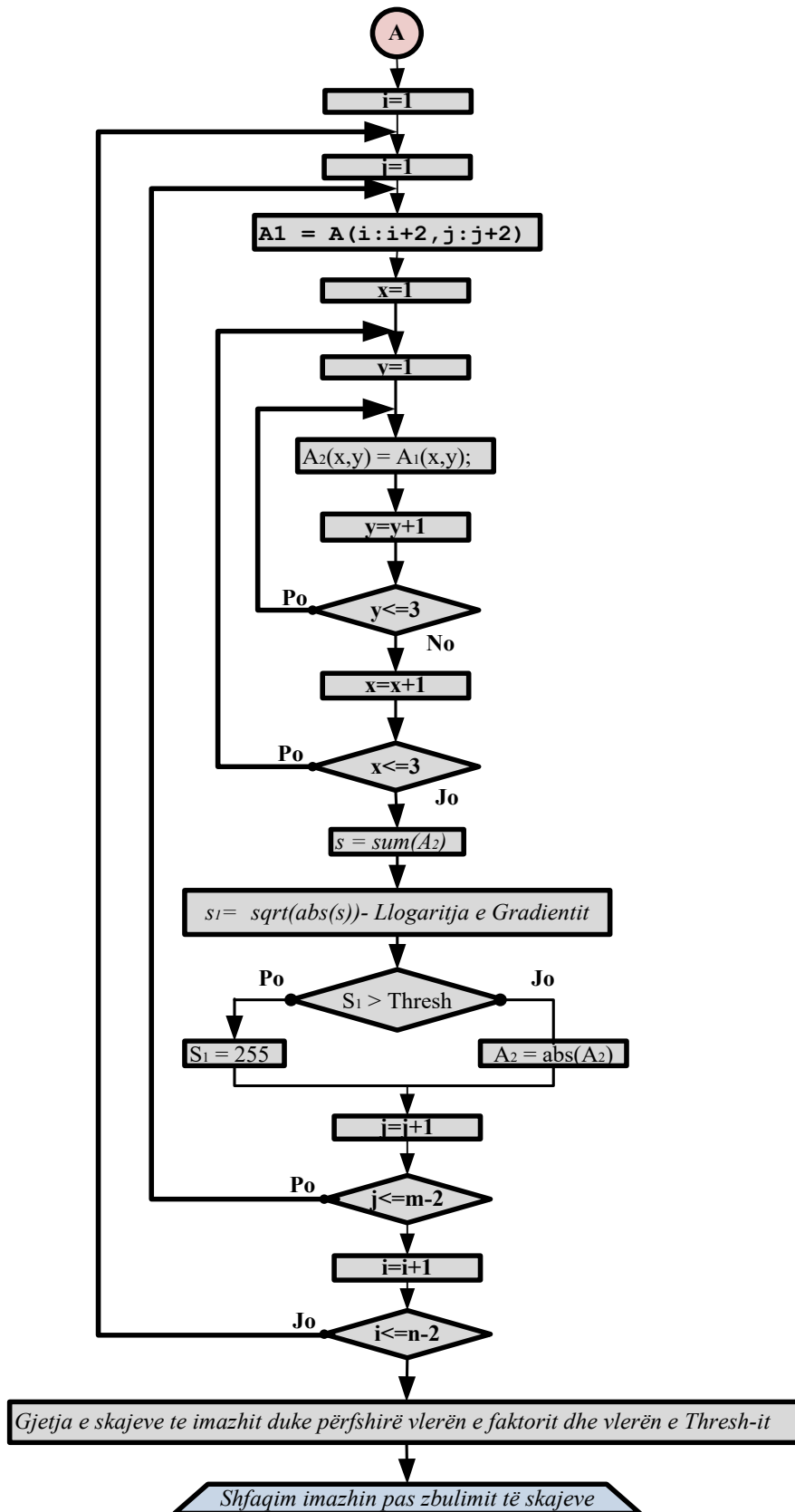


Figura 6. 44. Bllok diagrami i algoritmit të rimodeluar

6.8.2 Prezantimi dhe interpretimi i rezultateve të fituara me aplikimin e algoritmit të ri për largim të zhurmave dhe detektim të skajeve

Në këtë sektor do të paraqesim, rezultatet e fituara me aplikimin e algoritmit të rimodeluar, i cili mundëson largimin e zhurmave të ndryshme që mund të jenë të pranishme në imazhin e kapur nga sensorët multimedial të vendosur përgjatë vijës së gjelbër kufitare, si dhe mundëson detektimin e pikseleve të imazhit të cilat korrespondojnë me skajet e imazhit. Gjithashtu, do të bëhet edhe interpretimi i rezultateve të fituara me aplikimin e këtij algoritmi. Siç e kemi cekur në sektori 6.8.1, algoritmi i propozuar, fillimisht mundëson izolimin e pikseleve të korruptuara nga lloje të ndryshme të zhurmave, si dhe realizon restaurimin e këtyre pikseleve.

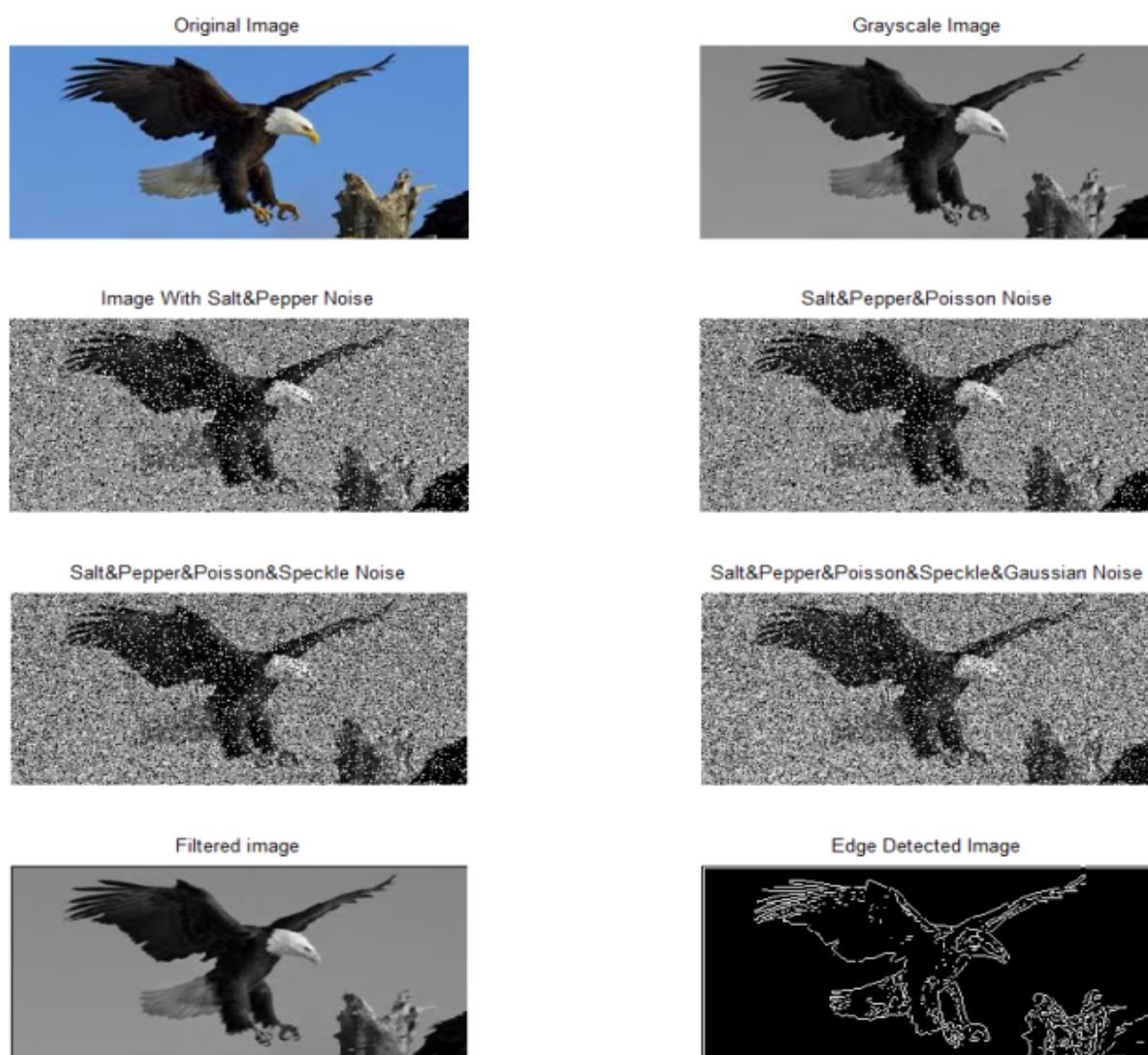


Figura 6.45. Rezultatet e fituara me aplikimin e algoritmit të rimodeluar

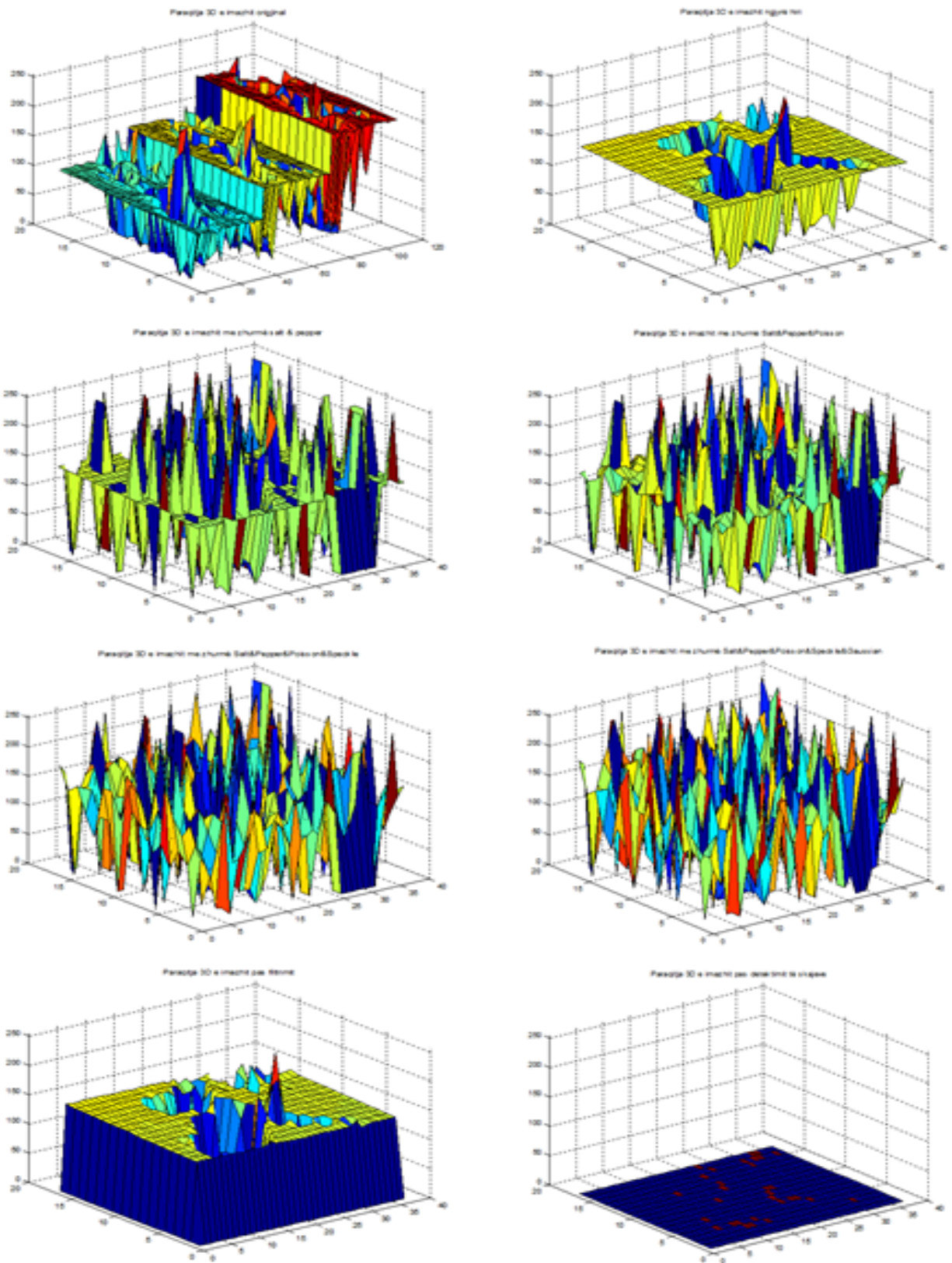


Figura 6.46. Paraqitja në koordinata x, y, z e rezultateve të fituara me aplikimin e algoritmit të rimodeluar

Pas restaurimit të pikseleve të korruptuara, mundëson detektimin e pikseleve që korrespondojnë me skajet e imazhit. Rezultatet e fituara me aplikimin e këtij algoritmi janë prezantuar në figurën 6.45. Nga rezultatet e paraqitura në figurën 6.45, mund të shihet se ky algoritëm i rimodeluar në mënyrë mjaft të suksesshme mundëson, fillimisht largimin llojeve të ndryshme të zhurmave që janë infiltuar në imazhin e kapur nga sensorët multimedial nga burimet e ndryshme dhe pastaj detektimin e pikseleve që korrespondojnë me skajet e objekteve brenda imazhit. Ky algoritëm për më tepër mundëson që të ruhet struktura dhe informacionet e dobishme në kuadër të imazhit, ndërsa bënë injorimin e atyre informacioneve që janë më pak të rëndësishme. Me fjalë tjera, rezultatet e fituara me aplikimin e këtij algoritmi të rimodeluar janë pothuajse të të njëjtit kualitet me ato të prezantuara në sektorin 6.6.2 dhe 6.7.2. Prandaj për këtë algoritëm vlejnjë të gjitha interpretimet e rezultateve të prezantuara në sektorin 6.6.2 dhe 6.7.2.

Ndërsa, në figurën 6.46, janë prezantuar rezultatet në koordinata x, y, z, për rastin e algoritmit të rimodeluar. Rezultatet e prezantuar në figurën 6.46, përfshinë të gjitha imazhet, duke filluar nga imazhi origjinal, ato me zhurmë, deri tek imazhi pas detektimit të skajeve.

Për të analizuar efikasitetin e algoritmit të propozuar pas rimodelimit, në aspektin e kohës së nevojshme për përpunim të imazheve, në tabelën 6.18, janë prezantuar rezultatet e fituar me aplikimin e këtij algoritmi. Në këtë rast, për testim janë përdorur dy imazhe, imazhi me 300x600 piksel dhe 153x329 piksel.

Tabela 6.18 Rezultatet e fituara me aplikimin e algoritmit të rimodeluar, bazuar në kohën e nevojshme për përpunim

Koha e përpunimit (s)	300x600 piksel	153x329 piksel
Algoritmi i propozuar i rimodeluar	1.21	0.62

Nga rezultatet e prezantuara në tabelën 6.18, mund të shihet se algoritmi i propozuar pas rimodelimit, edhe pse, në parim mund të duket se një algoritem i tillë mund të ndikoj në rritjen e vonesave gjatë përpunimit të imazheve të kapura nga sensori multimedial, nga rezultatet e fituara mund të konstatohet se vonesat janë të njëjta me ato para rimodelimit të algoritmit.

Andaj, mund të konkludojmë se aplikimi i një algoritmi të tillë, do të mundësoj që, në vend që të përdoren algoritme dhe filtra të ndryshëm për largim të zhurmave të veçanta dhe detektim të skajeve të imazhit, të aplikohet vetëm një algoritëm. Algoritëm ky i cili, fillimisht mundëson që imazhi i kapur nga sensorët multimedial të pastrohet nga lloje të ndryshme të zhurmave dhe pastaj

të bëhet detektimi i skajeve. Aplikimi i këtij algoritmi i cili mundëson pastrimin e zhurmave dhe detektimin e skajeve, do të ndikoj drejtpërdrejt në reduktimin e numrit të filtrave të nevojshëm për këtë qëllim. Në këtë rast, në vend që të përdoren disa filtra për largim të zhurmave të veçanta dhe detektim të skajeve, do të aplikohet vetëm një algoritëm. Aplikimi i vetëm një algoritmi, drejtpërdrejt do të ndikoj në kursimin e energjisë së shpenzuar nga sensori multimedial gjatë procesit të përpunimit dhe transmetimit të imazhit. Kursimi i energjisë së shpenzuar nga sensori multimedial, pastaj, siç kemi cekur edhe më lartë, drejtpërdrejt do të ndikoj në zgjatjen e jetës së WMSN-ve të vendosur përgjatë vijës së gjelbër kufitare.

Kapitulli 7

7. Përfundime dhe punët në të ardhmen

Në këtë tezë të doktoratës, objektivi kryesor i parashtruar ka qenë trajtimi i problematikave me të cilat karakterizohet aplikimi i teknologjisë përgjatë vijës së gjelbër kufitare shtetërore. Me theks të veçantë, trajtimi i problematikave që karakterizohet aplikimi i teknologjisë së sensorëve, si, mbulueshmëria e zonave të thyeshme kufitare, furnizimi me energji dhe alarmet e rreme, si dhe propozimi i një zgjidhje të përshtatshme në lidhje me problematikat e tilla.

Me qëllim të përmbushjes së objektivit të këtij disertacioni, fillimisht trajtuam çështjet e përgjithshme të teknologjisë së sensorëve. Pastaj, trajtuam problematikat me të cilat karakterizohet aplikimi i teknologjisë së sensorëve përgjatë vijës së gjelbër kufitare. Gjithashtu, trajtuam problematikat në lidhje me bartjen e informacioneve nga vija e gjelbër kufitare deri në qendrën e monitorimit qendror, respektivisht tek autoritetet e sigurisë shtetërore. Me fjalë tjera, për arritjen e objektivit të parashtruar, propozuam:

1. Një arkitekturë të rrjetit sensorë, e përshtatshme për mbulim të zonave më problematike, përgjatë vijës së gjelbër kufitare.
2. Aplikimin e sensorëve multimedial pa tela, përgjatë vijës së gjelbër kufitare shtetërore.
3. Një algoritëm të përshtatshëm i cili mundëson largimin e zhurmave dhe detektimin e pikseleve të cilat korrespondojnë me skajet e imazhit.
4. Krahasimi i rezultateve të fituara nga simulimi i algoritmit të propozuar me rezultatet e fituara nga simulimi i filtrave tradicional për largim të zhurmave dhe detektim të skajeve të imazhit.

Arkitektura e rrjetit – Arkitektura e rrjetit e propozuar në kapitullin e pestë dhe e prezantuar në figurën 5.7 është një arkitekturë mjaft e përshtatshme e cila mundëson:

- Mbulim me sukses të zonave që karakterizohen me ambiente të ashpra dhe të mbuluara me shkurre dhe pyje të larta dhe të dendura.
- Mbulim të suksesshëm të shtigjeve dhe zonave që janë më problematike përgjatë vijës së gjelbër kufitare, si dhe atyre në brendësi të territorit.

- Vendosje e lehtë e sensorëve multimedial për mbulim të zonave të caktuara. Arkitektura e rrjetit sensor e propozuar, nuk kërkon ndonjë sinkronizim ndërmjet sensorëve multimedial të cilët marrin pjesë në këtë arkitekturë. Kjo ndikon në atë që nuk kërkohet staf shumë i kualifikuar në vendosjen e sensorëve multimedial dhe nuk kemi dështim të komplet rrjetit në rastet kur kemi dështim të ndonjë sensori multimedial.

Teknologjia e propozuar për aplikim – Në këtë punim të disertacionit propozuam aplikimin e teknologjisë së sensorëve multimedial pa tela. Sensorët multimedial të propozuar për aplikim përgjatë vijës së gjelbër kufitare shtetërore ofrojnë:

- Eliminim të problematikave që kanë pasur teknologjia e sensorëve, sa i përket alarmeve të rreme. Kjo teknologji mundëson që nga zona e mbulimit të ofroj pamje përmes imazheve të kapura.
- Eliminon problematikat që teknologjitë ekzistuese kanë në lidhje me mbulimin e zonave mjaft problematike përgjatë vijës së gjelbër kufitare. Sensorët multimedial mund të mbulojnë edhe zonat më të vështira për mbulim, si në rastin e skenarit të prezantuar në figurën 5.3.
- Lehtësi dhe saktësi për autoritetet e sigurisë shtetërore për monitorim të zonave problematike kufitare.
- Lehtësi në bartjen e imazheve të kapura nga zonat e ashpra kufitare. Sensorët multimedial pa tela, mundësojnë bartjen e informacioneve të grumbulluara nga zona e mbulimit, duke shfrytëzuar rrjetin e njërit nga operatorët mobil që operojnë në atë shtet.

Algoritmi i propozuar – Në kapitullin gjashtë propozuam një algoritm mjaft të suksesshëm i cili mundëson:

- Fillimisht izolimin e pikseleve të korruptuara të imazhit nga llojet e ndryshme të zhurmave. Detektimin apo izolimin e pikseleve të zhurmshme, algoritmi i propozuar e realizon, duke u bazuar në një matricë të *kernel*-it 3x3, e cila aplikohet përgjatë secilit rresht dhe kolon të matricës së imazhit. Pas izolimit të zhurmës, algoritmi mundëson që pikselet e zhurmshëm t'i restauroj, duke zëvendësuar pikselin e zhurmshëm me vlerën e pestë të matricës së *kernel*-it. Ky zëvendësim realizohet pas sortimit të pikseleve nga pikseli me vlerë më të ulët kah pikseli me vlera më të lartë.

- Detektimin mjaft të suksesshëm të pikseleve që korrespondojnë me skajet e objekteve brenda imazhit të kapur nga WMSN. Gjithashtu, mundëson që në mënyrë të suksesshme të ruhet struktura dhe informacionet e dobishme në kuadër të imazhit, ndërsa injoron ato informacione më pak të rëndësishme në imazh.
- Kursim të energjisë përpunuese, gjatë procesit të përpunimit dhe transmetimit të imazhit të kapur nga sensori multimedial, e cila ndikon drejtpërdrejt në jetëgjatësinë e sensorit multimedial.

Krahasimi i rezultateve – është realizuar krahasimi i rezultateve të fituara nga simulimi i algoritmit të propozuar, me rezultatet e fituara nga simulimi i filtrave tradicional që aplikohen për largim të zhurmave të veçanta dhe filtrave që aplikohen për detektim të skajeve të imazhit. Nga krahasimi i rezultateve janë arritur këto përfundime:

- Krahasimi i rezultateve të fituara nga aplikimi i algoritmit të propozuar dhe të prezantuar në figurën 6.20 dhe 6.21, si dhe në tabelën 6.7 dhe 6.8, me rezultatet e fituara nga aplikimi i filtrave tradicional për largim të zhurmave, si filtri: *Wiener, Median, Mean, Average and Gaussian*, vërteton saktësinë dhe efikasitetin e algoritmit të propozuar në lidhje me largimin e zhurmave të ndryshme të cilat kanë korrupsionuar pikselet e imazhit njëkohësisht. Nga krahasimi i rezultateve në tabelën 6.7, mund të përfundojmë se algoritmi i propozuar, sjell përmirësim të algoritmeve ekzistuese, për:
 - 4.45dB, filtrin *Median*;
 - 5.78dB, filtrin *Wiener*;
 - 6 dB, filtrin *Average*;
 - 6.06dB, filtrin *Gaussian*;
 - 17.94dB, filtrin *Mean*.
- Krahasimi i rezultateve të fituara nga aplikimi i algoritmi të propozuar dhe të prezantuar në figurën 6.42 dhe 6.43, si dhe në tabelën 6.15, me rezultatet e fituara nga aplikimi i filtrave tradicional për detektim të pikseleve që korrespondojnë me skajet e imazhit të kapur nga sensori multimedial, si filtrat: *Canny, LoG, Roberts, Prewitt dhe Sobel*, vërteton saktësinë dhe efikasitetin e algoritmit të propozuar në lidhje me detektimin e pikseleve që korrespondojnë me skajet e imazhit, si dhe nxerrjen në pah të strukturës së objekteve në imazh. Nga krahasimi i rezultateve në tabelën 6.15, mund të përfundojmë se algoritmi i propozuar, sjell përmirësim të algoritmeve ekzistuese, për:

- 1.5 %, filtrin *Canny*;
- 32.57 %, filtrin *LoG*;
- 49.77%, filtrin *Roberts*;
- 52.08%, filtrin *Prewitt dhe*
- 52.17%, filtrin *Sobel*.

Punët në të ardhmen – Arkitektura e rrjetit, teknologjia WMSN dhe algoritmi i propozuar në këtë punim disertacioni, shërben si bazë mjaft e mirë që të vazhdohet me studime të mëtejshme në këtë fushë, si:

- Marrja në konsideratë e ndikimit të objekteve të ndryshme, si pjesë përbërëse të imazhit të kapur nga WMSN, në identifikimin e objektivit kryesor në imazh, pas detektimit të skajeve.
- Testimi në terren i performancës së algoritmit të propozuar, ashtu që të mund të shohim të mirat dhe të metat e aplikimit praktik të këtij algoritmi.
- Përmirësimi i algoritmit të propozuar me module të reja të cilat do të mund të ndikonin në përmirësimin e performancës së algoritmit për aplikim praktik.

Referenca

- [1] Caka, Nebi, and Astrit Hulaj. "The analysis of different FTTH architectures and possibilities of their implementation in Kosovo." In *11th WSEAS International Conference on Applied Informatics and Communications*, ISBN: 978-1-61804-028-2, pp. 23-25, 2011.
- [2] Caka, Nebi, and Astrit Hulaj. "Optimization of FTTH network in Kosovo through the implementation of GPON architecture and analysis of the cost of the implementation." *International Journal Of Communications*. Issue 4, Volume 5, 2011, pp. 175-18'; ISSN: 1998-4480;
- [3] Van Putten, Anton FP. *Electronic measurement systems: theory and practice*. CRC Press, 1996.
- [4] Patel, Himanshu K. *The electronic nose: artificial olfaction technology*. New Delhi: Springer India, 2014.
- [5] Dargie, Waltenegus, and Christian Poellabauer. *Fundamentals of wireless sensor networks: theory and practice*. John Wiley & Sons, 2010.
- [6] Webster, John G., and Halit Eren, eds. *Measurement, instrumentation, and sensors handbook: spatial, mechanical, thermal, and radiation measurement*. Vol. 1. CRC press, 2014.
- [7] Fraden, Jacob. *Handbook of modern sensors: physics, designs, and applications*. Springer Science & Business Media, 2004.
- [8] Mallick, Mahendra, Vikram Krishnamurthy, and Ba-Ngu Vo, eds. *Integrated tracking, classification, and sensor management: theory and applications*. John Wiley & Sons, 2012.
- [9] Soloman, Sabrie. *Sensors handbook*. McGraw-Hill, Inc., 2009.
- [10] Kushwaha, Sumit, Vinay Kumar, and Sanjeev Jain. "Node architectures and its deployment in wireless sensor networks: A survey." In *High performance architecture and grid computing*, pp. 515-526. Springer, Berlin, Heidelberg, 2011.
- [11] Yun, Jaeseok, and Sang-Shin Lee. "Human movement detection and identification using pyroelectric infrared sensors." *Sensors* 14, no. 5 (2014): 8057-8081.
- [12] Wilson, Jon S. *Sensor technology handbook*. Elsevier, 2004.
- [13] Schilz, Jürgen. "Thermoelectric infrared sensors (thermopiles) for remote temperature measurements; pyrometry." *Thermophysica Minima* (2000): 1-12.
- [14] Terzic, Jenny, Edin Terzic, Romesh Nagarajah, and Muhammad Alamgir. *Ultrasonic Fluid Quantity Measurement in Dynamic Vehicular Applications: A Support Vector Machine Approach*. Springer Science & Business Media, 2013.
- [15] Akyildiz, Ian F., Dario Pompili, and Tommaso Melodia. "Underwater acoustic sensor networks: research challenges." *Ad hoc networks* 3, no. 3 (2005): 257-279.

- [16] Tokhi, M. Osman, and Sándor M. Veres, eds. Active sound and vibration control: theory and applications. Vol. 62. Iet, 2002.
- [17] Drafts, Bill. "Acoustic Wave Technology Sensors." Sensors Magazine, 1 Oct. 2000, www.sensormag.com/sensors/acoustic-ultrasound/acoustic-wave-technology-sensors-936.
- [18] Hribšek, Marija F., Dejan V. Tošić, and Miroslav R. Radosavljević. "Surface acoustic wave sensors in mechanical engineering." FME transactions 38, no. 1 (2010): 11-18.
- [19] Surface Acoustic Wave Sensors Market Gaining Importance due to Increase its Applications in Safety Monitoring and Communication Fields, 5 Jul 2016, www.openpr.com/news/369699/Surface-Acoustic-Wave-Sensors-Market-Gaining-Importance-due-to-Increase-its-Applications-in-Safety-Monitoring-and-Communication-Fields.html
- [20] Sohrawy, Kazem, Daniel Minoli, and Taieb Znati. Wireless sensor networks: technology, protocols, and applications. John Wiley & Sons, 2007.
- [21] Zheng, Jun, and Abbas Jamalipour. Wireless sensor networks: a networking perspective. John Wiley & Sons, 2009.
- [22] Karl, Holger, and Andreas Willig. Protocols and architectures for wireless sensor networks. John Wiley & Sons, 2007.
- [23] Akyildiz, Ian F., Weilian Su, Yogesh Sankarasubramaniam, and Erdal Cayirci. "Wireless sensor networks: a survey." Computer networks 38, no. 4 (2002): 393-422.
- [24] Knight, Chris, Joshua Davidson, and Sam Behrens. "Energy options for wireless sensor nodes." Sensors 8, no. 12 (2008): 8037-8066.
- [25] Roberto, Verdone, Davide Vardari, Gianluca Mazzini, and Andrea Conti. Wireless sensor and actuator networks. technologies, analysis and dosage, Apress, 2008.
- [26] McGrath, Michael J., and Cliodhna Ni Scanail. Sensor Technologies: Healthcare, Wellness and Environmental Applications. Apress, 2013.
- [27] Dargie, Waltenegus, and Christian Poellabauer. Fundamentals of wireless sensor networks: theory and practice. John Wiley & Sons, 2010.
- [28] Meng-Shiuan Pan and Yu-Chee Tseng, "ZigBee Wireless Sensor Networks and Their Applications," unpublished.
- [29] IEEE 802.11 Working Group. "IEEE Standard for Information Technology–Telecommunications and information exchange between systems–Local and metropolitan area networks–Specific requirements–Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications Amendment 6: Wireless Access in Vehicular Environments." IEEE Std 802, no. 11 (2010).

- [30] Kuorilehto, Mauri, Mikko Kohvakka, Jukka Suhonen, Panu Hämäläinen, Marko Hännikäinen, and Timo D. Hamalainen. Ultra-low energy wireless sensor networks in practice: Theory, realization and deployment. John Wiley & Sons, 2008.
- [31] Nakamura, Kentaro, ed. Ultrasonic transducers: Materials and design for sensors, actuators and medical applications. Elsevier, 2012.
- [32] ZigBee, Alliance. "ZigBee Specification: ZigBee Document 053474r17." [www. zigbee. org](http://www.zigbee.org) (2008).
- [33] Van Nieuwenhuyse, Anneleen, Anis Koubâa, and Mário Alves. On the use of the ZigBee protocol for Wireless Sensor Networks. CISTER-Research Centre in Realtime and Embedded Computing Systems, 2006.
- [34] ELKISSANI, Kaoutar, Pr Moughit Mohammed, and Pr NasseridineBouchaib. "Zigbee Routing Opnet Simulation for a Wireless Sensors Network." *International Journal of Advanced Computer Science and Applications* 5 (2014).
- [35] Akyildiz, Ian F., and Mehmet Can Vuran. Wireless sensor networks. Vol. 4. John Wiley & Sons, 2010.
- [36] Patil, Harsh Kupwade, and Stephen A. Szygenda. Security for wireless sensor networks using identity-based cryptography. CRC Press, 2012.
- [37] Krishnamachari, Bhaskar. Networking wireless sensors. Cambridge University Press, 2005.
- [38] Çelik, G. and Sabuncuoğlu, İ. (2007). Simulation modelling and analysis of a border security system. *European Journal of Operational Research*, Vol. 180, No. 3, pp.1394-1410. Ankara, Turkey. Elsevier.
- [39] Al-Rasheed, Madawi. Kingdom without borders: Saudi political, religious and media expansion. Hurst and Co., 2008.
- [40] Astrit Hulaj, Adrian Shehu, Xhevahir Bajrami, Application of wireless multimedia sensor networks, 27th DAAAM International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation, Vol. 27, 2016.
- [41] Sun, Z., Wang, P., Vuran, M.C., Al-Rodhaan, M.A., Al-Dhelaan, A.M. and Akyildiz, I.F. (2011). BorderSense: Border patrol through advanced wireless sensor networks. *Ad Hoc Networks*, Vol. 9, No. 3, pp.468-477. Elsevier.
- [42] Hammoudeh, Mohammad, Fayez Al-Fayez, Huw Lloyd, Robert Newman, Bamidele Adebisi, Ahcène Bounceur, and Abdelrahman Abuarqoub. "A wireless sensor network border monitoring system: Deployment issues and routing protocols." *IEEE Sensors Journal* 17, no. 8 (2017): 2572-2582.

- [43] Freitas, E. P., Allgayer, R. S., Wehrmeister, M. A., Pereira, C. E., & Larsson, T. (2009). Supporting platform for heterogeneous sensor network operation based on unmanned vehicles systems and wireless sensor nodes. In Intelligent Vehicles Symposium, pp. 786-791. IEEE.
- [44] Babu B. Swaminathan A, D. C. Joy D.C. Boarder Analysis with Ensora and Doa Using Wireless Sensor Networks. International Conference on Emerging trends in Engineering and Technology. ISSN: 2248-9622, pp.76-83.
- [45] Adrian Shehu, Astrit Hulaj, "The analysis of delays in the network for video and voice applications through OPNET software package", 1st WSEAS Recent Advances in Circuits, Systems, Telecommunications and Control, France, Paris, October 2013.
- [46] Astrit Hulaj, Adrian Shehu, "Optimization of network delays through implementation of EIGRP routing protocol", INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTERS AND COMMUNICATIONS, Volume 8, 2014, ISSN: 2074-1294.
- [47] Astrir Hulaj, Adrian Shehu, Xhevahir Bajrami, "Support vector machine for classification of the images captured by WMSN", International Conference on Control, Artificial Intelligence, Robotics and Optimization, Vol. 1, No. 1, 2017. IEEE.
- [48] Adrian Shehu, Astrit Hulaj, Xhevahir Bajrami, An algorithm for edge detection of the image for application in WSN, Applied Physics, System Science and Computers (APSAC 2016), Vo. 1, No. 1, 2016.
- [49] Nihad Borovina, Sead Kreso, "OSPF-based model of adaptive routing and possibility for stable network operations", Proceedings of the 5th WSEAS Int. Conf. on APPLIED INFORMATICS and COMMUNICATIONS, Malta, September 15-17, 2005 (pp104-109)
- [50] Barrie Sosinsky, Networking Bible, Wiley Publishing, Inc., Indianapolis, Indiana, 2009.
- [51] International Telecommunication Union, Recommendation G.114, 05/2003.
- [52] James F. Kurose and Keith W. Ross, "Computer Networking: A Top-Down Approach", Sixth Edition, 2012.
- [53] Astrit Hulaj, Adrian Shehu, and Xhevahir Bajrami, A New Optimization Algorithm for Image Classification Based on the Support Vector Machine, International journal of neural networks and advanced applications, Volume 4, 2017, ISSN: 2313-0563.
- [54] Alasdair McAndrew, Introduction to Digital Image Processing with Matlab, Thomson Course Technology, 2004, ISBN. 0534400116.
- [55] Solomon, C. and Breckon, T. ,Fundamentals of Digital Image Processing: A Practical Approach with Examples in Matlab, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK. doi: 10.1002/9780470689776.ch2, (2010).

- [56] Ajay Kumar Boyat and Brijendra Kumar Joshi, "A Review Paper: Noise Models In Digital Image Processing." *Signal & Image Processing*, Vol. 6, No. 2 (2015).
- [57] Maity, Alenrex, Anshuman Pattanaik, Santwana Sagnika, and Santosh Pani. "A Comparative Study on Approaches to Speckle Noise Reduction in Images." In *Computational Intelligence and Networks (CINE)*, 2015 International Conference on, pp. 148-155. IEEE, 2015.
- [58] Rohit Verma and Dr.Jahid Ali, "A Comparative Study of Various Types of Image Noise and Efficient Noise Removal Techniques", *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, Vol.-3, Issue-10, October 2013, pp- 618-622.
- [59] Pawan Patidar, Manoj Gupta, Sumit Srivastava, Ashok Kumar Nagawat, "Image de-noising by various filters for different noise", *International Journal of Computer Applications*, Vol. 9, 2010, pp. 45–50.
- [60] Astrit Hulaj, Adrian Shehu, Xhevahir Bajrami The application of a single algorithm for filtering different noise in the image, 2017.
- [61] Sharma, Pooja, Gurpreet Singh, and Amandeep Kaur.: Different Techniques of Edge Detection In Digital Image Processing. *International Journal of Engineering research and Applications* Vol. 3, No.3, 2013, pp. 458-461.
- [62] Bin, Li, and Mehdi Samiei Yeganeh, Comparison for image edge detection algorithms, *IOSR Journal of Computer Engineering*, Vol. 2, No. 6, 2012, pp. 01-04.
- [63] Maini, Raman, and Himanshu Aggarwal, Study and comparison of various image edge detection techniques, *International journal of image processing (IJIP)*, Vol. 3, No.1, 2009, pp. 1-11.
- [64] Juneja, Mamta, and Parvinder Singh Sandhu. Performance evaluation of edge detection techniques for images in spatial domain, *International journal of computer theory and Engineering*, Vol. 1, No. 5, 2009, pp. 1793-8201
- [65] Huertas, Andres, and Gerard Medioni, Detection of intensity changes with subpixel accuracy using Laplacian-Gaussian masks, *Pattern Analysis and Machine Intelligence*, *IEEE Transactions on* 5, 1986, pp. 651-664.
- [66] Igbinsosa, Ireysuwa E, Comparison of Edge Detection Technique in Image Processing Techniques, *International Journal of Information Technology and Electrical Engineering*, Vol. 2, No.1, 2013, pp. 25-29.
- [67] Li, Jun, and Sheng Ding. "A research on improved canny edge detection algorithm." In *International Conference on Applied Informatics and Communication*, pp. 102-108. Springer, Berlin, Heidelberg, 2011.

- [68] Mallick, Arijit, Sourya Roy, Sheli Sinha Chaudhuri, and Sangita Roy. "Optimization of Laplace of Gaussian (LoG) filter for enhanced edge detection: A new approach." In Control, Instrumentation, Energy and Communication (CIEC), 2014 International Conference on, pp. 658-661. IEEE, 2014.
- [69] Hulaj, Astrit, Adrian Shehu, and Xhevahir Bajrami. " **REMOVAL OF VARIOUS NOISES FROM DIGITAL IMAGES WITH THE APPLICATION OF A SINGLE ALGORITHM**", International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET) Volume 8, Issue 12, December 2017, pp. 804-816.