

Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясы
Машина таянуу, автоматика жана геомеханика институту
Б.Н. Ельшин атындагы Кыргыз-Россия Славян университети

Д 05.23.686 Диссертациялык кеңеши

Кол жазма укугунда
УДК 004.413:004.8 (575.2) (043.3)

Верзунов Сергей Николаевич

Интеллектуалдык маалыматтарды талдоонун негизинде геоэкологиялык
процесстерге мониторинг жүргүзүү жана аныктоо методдорун иштеп чыгуу

05.13.01 – системалык талдоо, маалыматты башкаруу жана иштеп чыгуу

Техника илимдеринин доктору
даражасын алуу үчүн диссертациянын
Авторефераты

Бишкек – 2024



Аталган иш Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын Машина таануу, автоматика жана геомеханика институтунун «Маалыматтык-өлчөө системалары» лабораториясында аткарылган.

Илимий кеңешчиси: **Брякин Иван Васильевич**
техникалык илимдердин доктору, профессор, Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын Машина таануу, автоматика жана геомеханика институтунун «Маалыматтык-өлчөө системалары» лабораториясынын башчысы, Бишкек ш.

Расмий оппоненттер: **Савченко Елена Юрьевна**
техникалык илимдердин доктору, профессор, «Кыргызстан Эл аралык университети» Окуу-илимий-өндүрүштүк комплексинин Коммерциялык эмес билим берүү мекемесинин ректору, Бишкек ш.

Бримкулов Улан Нургазиевич
Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын корреспондент-мүчөсү, техникалык илимдердин доктору, профессор, И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университетинин «Компьютердик системалардын программалык камсыздоосу» кафедрасынын профессору, Бишкек ш.

Сатыбаев Абдуганы Жунусович
физика-математика илимдеринин доктору, профессор, М.М. Адышев атындагы Ош Технологиялык Университетинин «Маалыматтык технологиялар жана башкаруу» кафедрасынын башчысы, Ош ш.

Жетектөөчү мекеме: Кыргыз Республикасынын Бишкек шаарындагы «Россия Илимдер Академиясынын илимий станциясы» федералдык мамлекеттик илим мекемеси, дареги: 720049, Кыргыз Республикасы, Бишкек-49

Диссертацияны коргоо 2024-жылдын 22 - ноябрь күнү саат 14:30 да Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын Машина таануу, автоматика жана геомеханика институтунун жана Б.Н. Ельцин атындагы Кыргыз-Россия Славян университетинин алдындагы физика-математика жана техника илимдеринин доктору (кандидаты) окумуштуулук даражасын изденип алууга диссертацияларды коргоо боюнча Д 05.23.686 диссертациялык кеңештин отурумунда болот. Дареги: 720071, Бишкек ш., Чүй пр., 265, 374. Диссертацияны коргоонун онлайн трансляциясынын идентификациялык коду <https://vc.vak.kg/b/052-lto-twi-0js>.

Диссертация менен Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын (720071, Бишкек ш., Чүй пр., 265а), Б.Н. Ельцин атындагы Кыргыз-Россия Славян университетинин (720000, Бишкек ш., Киев көч., 44) китепканасынан жана Кыргыз Республикасынын Президентине караштуу Улуттук аттестациялык комиссиянын сайтында https://stepen.vak.kg/diss_sovety/d-05-23-686 таанышууга болот.

Автореферат 2024-жылдын 22-октябрында таратылган.

Диссертациялык кеңештин
окумуштуу катчысы
ф.-м.и.к, у.и.к.

Керимкулова Г.К.

ИШТИН ЖАЛПЫ МҮНӨЗДӨМӨСҮ

Диссертациянын темасынын актуалдуулугу курчап турган чөйрөгө антропогендик басымдын күчөшү менен шартталган, ал экологиялык көйгөйлөрдү биздин замандын эң олуттуу көйгөйлөрүнүн катарына коет. Экономиканын динамикалык өнүгүшү, калктын санынын өсүшү, илим жана техника жаатындагы прогресс жаратылыш чөйрөсүнө таасир этүүчү техногендик процесстерди күчөтөт.

Геоэкологиялык мониторинг тутумдары – алардын натыйжалуулугун жогорулатуу үчүн заманбап маалыматтык технологияларды колдонууну талап кылган көп функциялуу жана бөлүштүрүлгөн тутумдар. Экологиялык көйгөйлөргө жооп катары маалыматтын чоң көлөмүн камтыган эсептөө техникасы, маалымат технологиялары жана интернет ресурстары берген жаңы мүмкүнчүлүктөрдү эске алуу менен маалыматтарды чогултуу жана талдоо процесстерин өркүндөтүү болушу керек. Бул жерде маанилүү багыт болуп жасалма интеллекттин (ЖИ) жетишкендиктерин колдонуу менен интеллектуалдык мониторинг тутумдарын түзүү саналат. Геоэкологиялык маселелерди эффективдүү чечүү үчүн жаратылыш системаларынын булганышы, айлана-чөйрөнүн мониторинги, урбанизацияланган ландшафттардын геоэкологиясы, ошондой эле жаратылыш жана техногендик кубулуштарды талдоо сыяктуу чөйрөлөрдө изилдөөгө багытталган интеллектуалдык маалымат-өлчөө тутумдарын иштеп чыгуу талап кылынат.

Геологиялык процесстерди толук түшүнүү үчүн геологиялык чөйрөнүн абалы жөнүндө маалыматтарды тез жана ишенимдүү чогултууну камсыз кылуу зарыл. Маалымат-өлчөө тутумдарында (МӨТ) ЖИ ыкмаларын колдонуу чогултулган маалыматтардын негизинде үйрөтүлгөн ЖИ колдонуу менен чоң көлөмдөгү маалыматтарды натыйжалуу иштетүүгө, көбүрөөк автоматташтырууга, тактыкты жана ишенимдүүлүктү жогорулатууга мүмкүндүк берет.

Диссертациянын темасынын артыкчылыктуу илимий багыттар, негизги илимий программалар (долбоорлор), окуу жана илимий мекемелер тарабынан жүргүзүлүүчү фундаменталдык изилдөө иштери менен байланышы. Диссертациялык иш Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын Машина таануу, автоматика жана геомеханика институтунун Маалыматтык жана өлчөө тутумдары лабораториясында төмөнкү темалар боюнча илимий долбоорлордун пландарына ылайык жүргүзүлгөн изилдөөлөрдүн алкагында аткарылган: «Геоэосферанын абалына мониторинг жүргүзүүнүн инновациялык ыкмаларын жана каражаттарын иштеп чыгуу» (2018-2020 жж.), мамлекеттик каттоо № 0007140, «Геоэосфераны тайыз инженердик геофизикалык изилдөө үчүн аппараттык жана программалык камсыздоону иштеп чыгуу» бөлүмү. Ошондой эле «Кыргыз Республикасындагы геоэкологиялык мониторингди санариптештирүү үчүн физикалык-техникалык интеллектуалдык тутумдарды өнүктүрүү» (2021 – 2023-жылдар), мамлекеттик каттоо № 0007732, «Баштапкы геоэкологиялык маалыматты каттоо жана контролдоо үчүн санариптик камтылган тутумдарды өнүктүрүү» бөлүмү.

Издөөнүн максаты жана милдеттери. Иштин максаты – интеллектуалдык маалымат жана өлчөө тутумдарын түзүү аркылуу геоэкологиялык процесстерди аныктоо маселелерин чечүүнүн натыйжалуулугун жогорулатуу.

Бул максатка жетүү үчүн бир катар теориялык жана практикалык маселелерди чечүү зарыл болгон, алардын негизгилери:

- геоэкологиялык процесстерге мониторинг жүргүзүүнүн өзгөчөлүктөрүн талдоо;
- геоэкологиялык процесстердин абалын көзөмөлдөө үчүн ЖИ колдонуунун методологиясы боюнча изилдөө;
- интеллектуалдык маалымат жана өлчөө тутумдарын түзүүнүн негизги принциптерин иштеп чыгуу;
- радиотолкун модулдарын долбоорлоодо маалыматтарды интеллектуалдык талдоонун колдонуу методологиясын иштеп чыгуу;
- датчиктердин индукциялык компоненттеринин параметрлерин өлчөөнүн ыкмаларын жана приборлорун иштеп чыгуу;
- геоэкологиялык убакыт катарларын аныктоо методдорун иштеп чыгуу;
- медициналык геоэкологиялык мониторинг тутумдарында сүрөттөрдү аныктоо методдорун иштеп чыгуу;
- электр линияларындагы кемчиликтерди аныктоо ыкмаларын иштеп чыгуу.

Алынган натыйжалардын илимий жанылыгы.

1. Геоэкологиялык чөйрөнүн абалына мониторинг жүргүзүүнүн интеллектуалдык системасынын жаңы концепциясы сунушталды, ал геоэкологиялык процесстердин параметрлерине мониторинг кылуу жана талдоо боюнча комплекстүү чечим болуп саналат.
2. Терең нейрон тармактарына негизделген жаңы метод иштелип чыккан, ал сенсорлордун индуктивдүү компоненттеринин параметрлерин өлчөөдө колдонулат жана алгоритмдик ыкмага салыштырмалуу кокустук фондук электромагниттик талаалардын таасири шарттарында параметрлердин тактыгын эки эсеге жакшыртат.
3. Микротилкелүү антенналарды долбоорлоону автоматташтыруунун жаңы ыкмасы сунушталган, анда терең нейрон тармактарынын жардамында микротилкелүү антенналардын конструктивдик CSSR-элементтеринин дизайнын тандоо жүргүзүлөт. Бул алардын мүнөздөмөлөрүн: жыштык диапазонун, күчөшүн жана багыттуулугун жакшыртуу максатында ишке ашырылган.
4. Убакыттык катарларды иштеп чыгуу үчүн базалык вейвлеттин кошумча жөндөлүүчү параметрлерин камтыган жана маалыматтардагы ар кандай өзгөчөлүктөрдү эске алууга мүмкүндүк берген адаптивдүү мультивейвлеттик тармактын жаңы структурасы сунушталган.
5. COVID-19, пневмония жана башка өпкө ооруларын ыкчам диагностикалоо максатында КТ жана рентген сүрөттөрүнө негизделген медициналык

геоэкология чөйрөсүндөгү универсалдуу мониторинг системалары иштелип чыккан. Бул системалар конволюциялык нейрон тармактарына негизделген.

Алынган натыйжалардын практикалык маанилүүлүгү

1. Геоэкологиянын ар кандай багыттарында (электр менен камсыздоо тутумдарындагы бузулууларды аныктоо жана дем алуу системасынын ооруларын аныктоо үчүн медициналык сүрөттөрдү талдоо) маселелерди чечүү үчүн интеллектуалдык ыкмаларды колдонууга мүмкүнчүлүк берген **контролдоо жана диагностика программалык компоненттери иштелип чыккан**. Айрыкча, электр өткөрүү чубалгыларынын линияларында онлайн режимде бөлүкчөлүү разряддарды көзөмөлдөө үчүн терең үйрөнүү негизиндеги система иштелип чыккан. Маалыматтарды иштетүү методикасына өзгөчө көңүл бурулуп, бул методика системанын үйрөнүү жана кемчиликтерди таануу жөндөмдүүлүгүн жакшыртат. Бул системалар ААК «Кыргызстандын Улуттук электр тармактары» жана Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын Биология институтунда ишке киргизилип, тиешелүү актылар менен бекемделген.
2. Геоэкологиялык процесстерди **божомолдоо үчүн жасалма интеллект системасы иштелип чыккан**, ал айлана-чөйрөдөгү өзгөрүүлөрдү, атап айтканда Манас аэропортунагы көрүнүүнүн алыстыгын божомолдоонун натыйжалуулугун бир кыйла жогорулатат. Интеллектуалдык ыкмаларды мониторингдин стандарттык процедураларына интеграциялоо кырсыктуу абалдарды алдын алуу же тобокелчиликтерди азайтуу үчүн өз убагында чара көрүүгө мүмкүндүк берет.
3. Диссертациялык иштин алкагында иштелип чыккан **илимий жана практикалык материалдар Б.Н. Ельцин атындагы Кыргыз-Россия Славян университетинин «Программалык инженерия» багыты боюнча билим берүү программасына киргизилген**. Машиналык үйрөнүү, жасалма интеллект системалары жана чоң маалыматтарды талдоо сыяктуу заманбап интеллектуалдык жана практикалык ишмердүүлүккө студенттердин кызыгуусу жана катышуусу жогорулатылган, бул алардын кесиптик компетенцияларын өнүктүрүүгө өбөлгө түзөт. Натыйжалардын ийгиликтүү интеграциясы тиешелүү акт менен бекемделген.
4. **Илимий-маалымат талаага интеграциялоо**. Геоэкологиялык мониторинг системаларын иштеп чыгуунун негизги максаттарынын бири геоэкология чөйрөсүндөгү учурдагы көйгөйлөр боюнча бирдиктүү маалыматтык талаа түзүү болуп саналат. Ошондуктан, айлана-чөйрөнүн абалы боюнча адистерге эркин маалымат алуу мүмкүнчүлүгүн камсыз кылган программалык каражаттардын комплекси иштелип чыккан.

Коргоого коюлуучу диссертациянын негизги жоболору

1. Геоэкологиялык мониторингдин интеллектуалдык системаларына системалуу талдоо жүргүзүүнүн натыйжалары, анда заманбап маалыматтык технологиялар менен жасалма интеллект ыкмаларын колдонуу геоэкологиялык

процесстерди мониторинг кылуунун натыйжалуулугун, тактыгын жана ишенимдүүлүгүн бир кыйла жакшытарын көрсөтөт.

2. **Микротилкелүү антенналардын мүнөздөмөлөрүн оптималдаштыруу ыкмасы**, ал көп катмарлуу нейрон тармактарынын жардамы менен алардын жыштык диапозону, күчөтүү жана багыттоо сыяктуу параметрлерин жакшыртат, CSRR-ячейкаларынын түзүлүшүн оптималдаштыруу менен ишке ашырылат.
3. **Индуктивдүү компоненттердин параметрлерин аныктоо методу**, интеллектуалдык маалыматтарды талдоого негизделген, бул индуктивдүү компоненттердин параметрлерин мониторинг кылуунун тактыгын жана ишенимдүүлүгүн жогорулатат.
4. **Мультивейвлет-трансформацияларга негизделген адаптивдүү нейрон тармак модели**, базалык вейвлеттин кошумча жөнгө салынуучу параметрлерин камтыйт жана маалыматтардагы ар кандай өзгөчөлүктөрдү эске алууга мүмкүндүк берет.

Талапкердин жеке салымы. Диссертациялык иште келтирилген жана илимий жаңылыкка ээ болгон бардык жыйынтыктар автор тарабынан жеке түрдө жана илимий кеңешчинин жетекчилиги алдында алынган.

[1, 2] эмгектерде Брякинге И.В. изилдөө проблемасын түзүү таандык. [2-8] эмгектерде геоэкологиялык факторлордун мониторинг тутумдарында маалыматтарды аныктоо жана болжолдоо проблемасын формулировкалоо Лыченко Н.М. таандык. [9, 10] эмгектерде Ханасова В.В. санариптик үч компоненттүү индукциялык магнитометр үчүн Т түрүндөгү фильтрди ишке ашырган. [11, 12] эмгектерде Раимжанов Х.А. коронавирустук инфекцияны жана пневмониянын ар кандай түрлөрүн дифференциалдык диагностикалоо үчүн жасалма интеллект системасынын айрым модулдарын программалык камсыздоону ишке ашырган. [13-18] эмгектеринде биргелешкен авторлор маалыматтарды талдоо жана изилдөө үчүн техникалык колдоо көрсөткөн. Акырында эмгектерде [19, 20] Бочкарев И.В. электр тармактарындагы бузулуулардын себептерин талдоодо олуттуу жардам көрсөтүү, ал эми [21-24] иштерде Касимова А.У. тектердин электрдик касиеттерин өлчөөчү прибордун прототипин техникалык ишке ашырды. [25] иште Кириллова В.В. программалык камсыздоону ишке ашырган. [26-28] эмгектеринде авторлоштор изилдөө маселесин формулировкалашты.

Диссертациянын жыйынтыктарын апробациялоо. Диссертациянын жыйынтыктары төмөнкү конференцияларда көрсөтүлгөн:

1. Эл аралык конференция International Ural Conference on electrical power engineering (URALCON) Magnitogorsk, 29-сентябрдан 1-октябрга чейин, 2023-ж.
2. X Эл аралык илимий конференция, математикалык жана компьютердик моделдөө Омск, 10-февраль, 2023-жыл;
3. Илим жана билим чөйрөсүндөгү табигый, так жана математикалык дисциплиналарды изилдөө жана өнүктүрүүнүн 20 жылдыгына арналган

- республикалык илимий-практикалык конференция. Физикалык процесстерди математикалык жана компьютердик моделдөө. Душанбе, 09-февраль, 2023-жыл;
4. Эл аралык конференция International Russian Automation Conference (RusAutoCon) Sochi, 04-10-сентябрь, 2022-жыл;
5. Жаш окумуштуулардын жана студенттердин XIV Эл аралык конференциясы “Илимий изилдөөлөрдөгү заманбап жабдуулар жана технологиялар”, Бишкек, 27-29-апрель, 2022-жыл;
6. ЭТФтин биринчи деканы профессор В.А. Юриковдун жаркын элесине арналган “Илим жана технологиядагы инновациялар” эл аралык конференциясы, Бишкек, 2022-жылдын 20-21-апрели;
7. А.Л. Иозеферанын жаркын элесине арналган VIII Эл аралык илимий конференция., Омск, Россия, 20-ноябрь, 2020-жыл.
8. Эл аралык конференция International Russian Automation Conference, (RusAutoCon) 2020, Сочи, Россия 06-12-сентябрь, 2020-ж.
9. С.С. Ефимовдун жаркын элесине арналган VII Эл аралык илимий конференция. Омск, Россия, 22-ноябрь, 2019-жыл.
10. Эл аралык конференция International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2020, Сочи, 18-22-май, 2020-жыл.
11. Эл аралык конференция 2nd International Turkish World Engineering and Science Congress in Antalya Анталия, Түркия, 7-10-ноябрь, 2019-жыл.
12. Жаш окумуштуулардын жана студенттердин XI Эл аралык конференциясы “Илимий изилдөөлөрдөгү заманбап жабдуулар жана технологиялар”, Бишкек, 24-26-апрель, 2019-ж.
13. Жаш окумуштуулардын жана студенттердин X Эл аралык конференциясы “Илимий изилдөөлөрдөгү заманбап жабдуулар жана технологиялар”, Бишкек, 18-20-апрель, 2018-ж.
14. Р.Л. Долгановдун жаркын элесине арналган V Эл аралык илимий конференция, Омск, Россия, 1-декабрь, 2017-жыл.
15. Деформациялануучу катуу заттардын механикасы боюнча X Буткул россиялык конференция. Самара, Россия, 18-22-сентябрь, 2017-жыл.

Диссертациядагы негизги илимий жыйынтыктар 52 басма иштерде чагылдырылган, алардын ичинен 4ү Scopus системасында катталган басылмаларда, 2 монография КРде басылып чыккан, 1 КРдин ойлоп табууга патенти жана 5 программалык камсыздоонун автордук күбөлүктөрү Кыргыз Республикасынын Өкмөтүнүн интеллектуалдык менчик жана инновациялар боюнча мамлекеттик кызматында катталган.

Структурасы жана көлөмү. Диссертация мазмындан, кириш сөздөн, алты бөлүмдөн, корутундудан, 262 аталыштагы колдонулган адабияттардын тизмесинен, 11 тиркемеден турат жана негизги тексти 242 бетти, 101 сүрөттү, 18 таблицаны камтыйт. Жалпы көлөмү – 295 бет.

ДИССЕРТАЦИЯНЫН НЕГИЗГИ МАЗМУНУ

Киришүүдө диссертациялык иштин темасынын актуалдуулугу негизделет, анын максаттары жана милдеттери белгиленет, илимий жаңылык, алынган жыйынтыктардын практикалык маанилүүлүгү аныкталат. Коргоого чыгарылчу

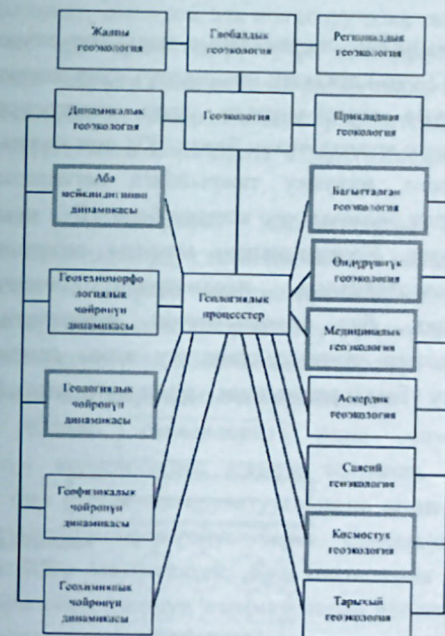
негизги жоболор баяндалат, автордун жеке салымы, ошондой эле иштин структурасы жана көлөмү чагылдырылат.

Биринчи бөлүм «Адабиятка сереп салуу» геоэкологиялык мониторинг тутумунда интеллектуалдык маалыматтарды талдоону кароого арналган. Негизги көңүл ЖИни чоң көлөмдөгү маалыматтарды иштетүү үчүн колдонууга бурулат, бул талдоонун сапатын жакшыртууга жана тездетүүгө мүмкүнчүлүк берет. Бул технологиялар экологиялык коркунучтарды так болжолдоого жана алдын алууга, ошондой эле табигый жана техникалык ресурстарды башкаруу жана чечимдерди кабыл алуунун натыйжалуулугун жогорулатууга жардам берет.

Техникалык системаларды башкаруунун эффективдүү жана ыкчам ыкмаларына алып келген өнүккөн мониторинг тутмдарын иштеп чыгууга жана ишке киргизүүгө И.В.Брякин (2014, 2022) жана Н.М. Лыченко (2010) чоң салым кошкон жана алар маалымат жана өлчөө тутмдарын иштеп чыгууда тутумдук талдоо методологиясын колдонуу идеясын койгон. Биздин өлкөдө медициналык геоэкологияда ЖИ колдонууга Э.Л. Миркин (2013, 2019, 2008) көрүнүктүү салым кошкон. Энергия менен камсыздоо көйгөйлөрүнө интеллектуалдык мониторинг тутумун куруу жаатында А.Б. Бакасова эмгектенип келет (2022). Бул иштердин баары экология, медицина жана өнөр жайдагы процесстерди аныктоо, мониторинг жүргүзүү жана талдоо үчүн ЖИ методологиясын олуттуу түрдө өнүктүрүп жана байытууну улантууда.

Жер тууралуу экологиялык илимдердин жана, биринчи кезекте, геоэкологиянын изилдөө предмети болуп табигый-тарыхый жана техногендик процесстердин таасири астында айлана-чөйрөдө болуп жаткан мыйзам ченемдүү өзгөрүүлөр саналат, алар техногенез деп аталып, адамдын чарбалык ишмердүүлүгү менен тыгыз байланышкан жаңы геоэкологиялык процесстерди түзөт. Геоэкологиянын структурасынын принципиалдуу модели 1-сүрөттө көрсөтүлгөн (Розанов Л.Л., 2017).

1. Геологиялык чөйрөнүн динамикасында жер көчкүлөрүн жана жар кулашын божомолдоо үчүн топурактардын диэлектрик өткөргүчтүгүн жана өткөрүмдүүлүгүн изилдөө. Иштелип чыккан ыкмалар кооптуулук деңгээлин так баалоого жана убагында эскертүү чараларын көрүүгө мүмкүндүк берет.
2. Багытталган геоэкологияда, бул иште сунушталган конструкциялык параметрлерди оптимизациялоо ыкмасы микротилкелүү антенналарды иштеп чыгуунун ылдамдыгын жогорулатат, бул учурда күчөтүү, багыттуулук, жана кайтарылган зыян коэффициентин жакшыртат.
3. Өндүрүштүк геоэкологияда, заманбап мониторинг ыкмалары электр линияларындагы кемчиликтерди аныктоого мүмкүндүк берет, бул электр камсыздоонун ишенимдүүлүгүн жогорулатат.



1-сүрөт – Геоэкологиянын структурасынын блок-схемасы

Изилдөөлөр жана иштеп чыгуулар төмөнкү геоэкология тармактарында жүргүзүлгөн:

4. Абанын динамикасында, көрүнүү алыстыгын мониторингдөө ыкмаларын иштеп чыгуу аба ырайынын шарттарын баалоо үчүн маанилүү, бул коомдук ден соолукка жана учуу коопсуздугуна таасир этет.
5. Медициналык геоэкология чөйрөсүндө эпидемия шарттарында респиратордук ооруларды диагностика кылуунун натыйжалуу ыкмаларын иштеп чыгуу эпидемиологиялык абалды көзөмөлдөө жана божомолдоо үчүн өтө маанилүү болуп саналат.
6. Космостук геоэкология чөйрөсүндө геомагниттик активдүүлүктү жана анын космостук жана жердеги технологиялык системаларга тийгизген таасирин изилдөө, геомагниттик бороондордон келип чыгышы мүмкүн болгон бузулууларды алдын алууга жардам берет.

Экинчи бөлүм «Изилдөө методологиясы жана методдору» системалык талдоо методдорун татаал геоэкологиялык маселелерде колдонуу маселелерин карайт. Диссертациялык иште системалык талдоо методдору, компьютердик моделдөө, эксперименттик маалыматтарды иштетүү методдору, ошондой эле заманбап жасалма интеллект жана кросс-платформалык программалоо технологиялары колдонулган. Изилдөөнүн объектиси болуп геоэкологиялык процесстер саналат. Изилдөөнүн

предмети болуп интеллектуалдык методдор жана геоэкологиялык мониторинг каражаттары саналат.

Геоэкологиялык мониторинг системаларын маалымат-өлчөө системалары менен ЖИни интеграциялоо (2-сүр.) аркылуу өркүндөтүү сунушталат, бул аларга айлана-чөйрөнүн өзгөрүүлөрүнө ыңгайлашууга жана геоэкоосистемалардын абалын натыйжалуу көзөмөлдөөгө мүмкүнчүлүк берет. ЖИ чоң көлөмдөгү геоэкологиялык маалыматтарды талдоого, мурунку тажрыйбага негизделип үйрөнүүгө жана келечектеги өзгөрүүлөрдү болжолдоого жардам берет. Бул мониторингди ийкемдүү жана ишенимдүү кылат. Концепциянын маңызы геоэкологиянын ар түрдүү багыттарындагы геоэкологиялык параметрлер боюнча маалыматтарды интеграциялоодо жатат, бул эмердженттик принципти колдонуу менен геоэкологиялык процесстер тууралуу сапаттуу жаңы деңгээлдеги жалпыланган маалыматтарды реалдуу убакыт режиминде алууга мүмкүндүк берет.



2-сүрөт – Геоэкологиялык мониторингдин интеллектуалдык системасынын блок-схемасы

Бул концепцияны колдонуу үчүн аппараттык жана программалык каражаттарды иштеп чыгуу талап кылынат, ошондой эле колдонуучулар жана башка системалар менен натыйжалуу өз ара аракеттешүү үчүн интерфейстерди түзүү зарыл. Жалпысынан, бул айлана-чөйрөнү жана табигый ресурстарды коргоо башкаруусунда маанилүү кадам болуп саналат, ал геоэкологиялык процесстерди мониторингдөө үчүн жаны системаларды түзүүгө жана мониторинг стратегияларын оптималдаштырууга жардам берет.

Үчүнчү бөлүмдө «Сенсордук элементтерди иштеп чыгуунун интеллектуалдык ыкмасы» сенсордук технологияларга жасалма интеллектти (ЖИ) интеграциялоо заманбап мониторинг системаларынын маанилүү бөлүгү катары талкууланат. ЖИ жаны муундагы сенсорлордун өнүгүүсүнө кандайча жардам берип, алардын тактыгын, ишенимдүүлүгүн жана айлана-чөйрөнүн өзгөрүлмө шарттарына адаптациялануу жөндөмүн жакшырткандыгы көрсөтүлгөн.

Бул бөлүмдө ЖИнин сенсорлорду жана өлчөөчү жабдууларды оптималдаштыруу үчүн колдонулушу кеңири талданат, бул маалыматтарды чогултуунун сапатын бир кыйла жогорулатууга жана андан кийинки талдоонун натыйжалуулугун арттырууга мүмкүндүк берет. Сенсорлорду түзүүдө ЖИни колдонуу боюнча мисалдар келтирилген. Бул мисалдарда сырткы шарттардын өзгөрүшүнө жооп катары сенсорлордун параметрлерин автоматтык түрдө тууралоо аркылуу өлчөөлөрдүн тактыгын жогорулатуу мүмкүнчүлүгү көрсөтүлгөн.

Багытталган геоэкология чөйрөсүндө (1-сүрөттү караныз) микротилкелүү антенналарды долбоорлоону оптималдаштыруу үчүн жасалма интеллект колдонулган метод иштелип чыккан, бул ар кандай жыштык диапазондорунда жана шарттарда антенналардын эффективдүү иштешин камсыз кылуу үчүн маанилүү. Долбоорлоо процесси, адатта, моделдөө жана дизайнды түзөтүүнүн көптөгөн итерацияларын камтыйт, бул убакытты жана олуттуу күч-аракетти талап кылышы мүмкүн. Салттуу ыкмалар сыноо жана каталар ыкмасына негизделет жана иштеп чыгуучунун тажрыйбасынан жана интуициясынан көз каранды. Бул процессти кымбат гана эмес, убакыт боюнча белгисиз кылат. Микротилкелүү антенналар патч деп аталган абдан ичке металл тилкесинен, ошондой эле субстрат деп аталган диэлектрик катмарынан жана "жердеги пластина" деп аталган металл негизинен турат. Электрдик мүнөздөмөлөрүн жакшыртуу үчүн антенна конструкциясына белгилүү бир конструктивдик параметрлерге ээ комплементардык ачык шакекче CSRR негизиндеги метаматериалдык ячейкаларды кошуу зарыл (3-сүрөт).



3-сүрөт – CSRR клетка-резонаторунун параметрлери

Эмпирикалык эрежелерге ылайык, бул параметрлердин өзгөрүү диапазону λ_0 резонанс узундугунун функциясы катары белгиленет:

$$\begin{aligned} 0,025\lambda_0 \leq W_m \leq \frac{\lambda_0}{4} \\ t_m \approx 0,1W_m \\ 0,0019\lambda_0 \leq W_{om} \leq 0,0076\lambda_0 \\ 0,0009\lambda_0 \leq d_m \leq 0,0057\lambda_0 \end{aligned} \quad (1)$$

Клеткалар антенналардын симметриясын эске алуу менен патчтын капталдарында жайгашкан. Мүмкүн болгон варианттардын жетиштүү санын камтуу үчүн, массивге CSRR клеткаларын жайгаштырууда колдонулган интервалдар тендемелер менен берилет:

$$\begin{aligned} g \leq X_a \leq \left(\frac{W}{2} - \frac{W_m}{2}\right), \\ W_m \leq Y_a \leq \left(\frac{4L}{R-1} - W_m\right), \\ R = 3, 5, 7. \end{aligned} \quad (2)$$

Ошентип, CSRR клеткаларынын конструктивдик параметрлери тензор менен аныкталат:

$$\bar{X}_i = [W_m, W_{om}, d_m, t_m, R, X_a, Y_a].$$

Р. Ваз тарабынан (2019-жылы) CST MWS программасында (1)-(2) формулалар менен аныкталган CSRR клеткаларынын геометриялык параметрлерин өзгөртүү үчүн жогоруда көрсөтүлгөн чектердин негизинде, нейрондук тармактарды окутуу үчүн ачык маалымат базасында жеткиликтүү баштапкы маалыматтардын 572 үлгүсүнүн өлчөмү генерацияланды.

CSRR клеткалары менен микротилкелүү антенналардын электрдик параметрлерин моделдөө үчүн CST MWS программасы аркылуу төмөнкүдөй параметрлер эсептелген:

$$\bar{Y}_i = (G_a, B_w, S_r),$$

мында G_a – антеннанын күчөтүүсү дБ менен; B_w – өткөрүмдүүлүк диапазону; S_r – резонанстык жыштыктагы кайтарымдуу зыян.

CSRR клетка-резонаторлорунун параметрлерин оптималдаштыруу ыкмасы сунушталат, анын өз ара иштөөсү антеннанын жалпы иштешин оптималдуу режимде камсыз кылат жана антеннанын максималдуу изилдөө деңгээлин сактоо менен өткөрүмдүүлүк диапазонун сактайт. Сунушталган ыкма толук байланыштуу нейрон торлорунун негизинде терең тармак моделин колдонуучу регрессия моделин бириктирип, клетка-резонаторлордун оптималдуу конструктивдик параметрлерин табуу үчүн шарттуу оптималдаштыруу алгоритмине негизделген издөөнү колдонот. Бул ыкма микротилкелүү антенналарды метаматериалдарга негизделген клетка-резонаторлор менен толук автоматташтырылган түзүү процессин камсыз кылат жана CSRR клеткаларынын эң жакшы электрдик сапаттарын берген параметрлерин

табууга мүмкүндүк берет. Жалпысынан алганда, ыкма, 4-сүрөттө схематикалык түрдө көрсөтүлгөн, эки этаптан турат.

Тармак 4000 эпохада окутулуп, эң аз ката $MAE=0.0245$ 3078-эпохада байкалган, андан кийин тармактын ашыкча окутулушу (overfitting) болгон. Акыры, тармак бардык бар болгон маалыматтар менен 3075 эпоха аркылуу окутулуп, жыйынтыктагы тесттик маалыматтарда ката орточо эсеп менен 3% катары эсептелет.



4-сүрөт – Микротилкелүү антеннанын CSRR клеткаларынын оптималдуу конструкциясын издөө схемасы

CSRR клеткаларынын оптималдуу конструкциялык параметрлерин аныктоо үчүн оптимизацияланган функцияны аныктоо сунушталат:

$$A(\bar{Y}) = k_g G_a + k_b B_w + k_s S_r,$$

мында k_g, k_b, k_s – ар бир параметрдин оптимизацияланган функцияга салымын чагылдырган салмак коэффициенттер.

Ошондо оптимизация маселеси төмөнкүдөй жазылышы мүмкүн:

$$A(\bar{Y}) \rightarrow \min_{\bar{X}}, \quad (3)$$

анткени Y_a туура келген X_{ti} түздөн-түз эсептөө мүмкүн эмес, аларды баалоо үчүн, жогоруда сунушталгандай, окутулган нейрондук тармак колдонулат:

$$\bar{Y} = DNN(\bar{X}).$$

1-таблицада (3) оптимизациялык маселе COBYLA методу менен геометриялык жактан кошумча чектөөлөр менен:

$$\begin{aligned} \bar{X}_i > 0, i = 1, 2, 3, \dots, 7, \\ R < 8.0, \\ R(W_m + X_a) < L_g, \end{aligned}$$

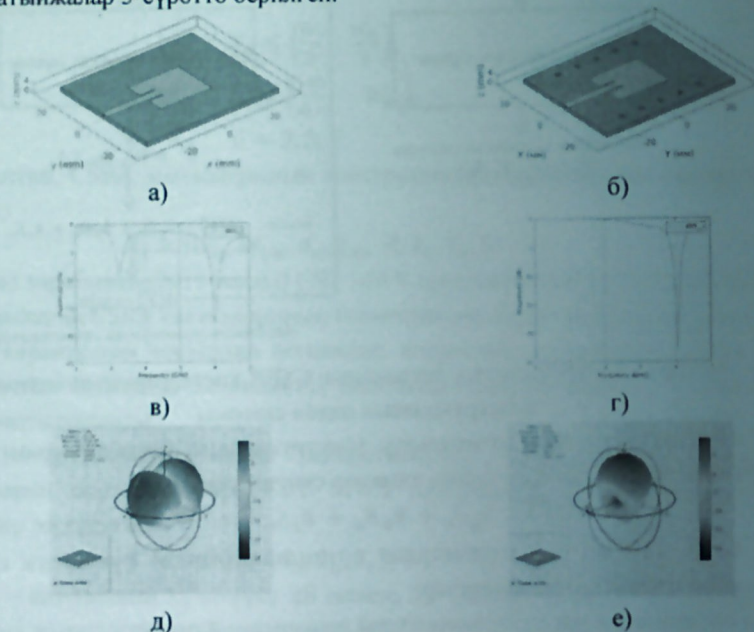
жана (2) шарттан салмак коэффициенттеринин маанилери $k_g = -0.1, k_b = -0.1, k_s = 1$ болгондо чыгарылганда алынган CSRR клеткаларынын параметрлери көрсөтүлгөн.

Демек, оптимизациядан кийинки максат - резонанстык жыштыктагы кайтарымдуу зыяндын минималдуу маанисине жетүү, ошол эле учурда CSRR клеткаларынын резонанстык жыштыктары патчтын микротилкелүү антеннасынын бирден бир резонанстык жыштыктарына дал келиши керек. Башка электрдик параметрлери начарлабашы үчүн, башка салмактардын терс маанилери болушу керек.

1 Таблица – CSRR клеткаларынын оптималдуу конструкциялык параметрлери

$W_{\text{пл}}, \text{мм}$	$W_{\text{от}}, \text{мм}$	$d_{\text{пл}}, \text{мм}$	$l_{\text{пл}}, \text{мм}$	R	$X_d, \text{мм}$	$Y_d, \text{мм}$	S_r
2244.4	295.8	743.5	224.4	5.2	8731.4	6948.8	-25.4

Matlab Antenna Toolbox колдонуу менен микротилкелүү антенналарды моделдөөдөн алынган натыйжалар 5-сүрөттө берилген.



5- сүрөт– Микротилкелүү антеннанын жана CSRR клеткалары менен антеннанын электрдик сапаттары: а), б) – тышкы көрүнүш; в), г) – S11 кайтарымдуу зыян ийриси; д), е) – багыттама диаграммасы

1-7 ГГц диапазонундагы S₁₁ кайтарым жоготууларынын ийриси жана 6 ГГц резонанстуу жыштыгындагы антенналардын багыттама диаграммалары көрсөтүлгөн. Микротилкелүү антеннанын электрдик мүнөздөмөлөрүндөгү жакшыртуулар CSRR-клеткасынын структурасын колдонуу менен түшүндүрүлүшү мүмкүн, ал эки шакекче ортосундагы сыйымдуулукту жана алардын индуктивдүүлүгүн айкалыштырат. Бул фазалык айырмачылыктарга жараша баштапкы электромагниттик талааны күчөтүүчү же каршы турган экинчилик электромагниттик талаанын пайда болушуна алып келет. CSRR менен антеннанын резонанстуу жыштыгы классикалык резонаторлорго салыштырмалуу шакекчелердин ортосунда чоң бөлүштүрүлгөн сыйымдуулук менен

бир топ төмөн. Бул сандык моделдештирүү менен ырасталган жогорку натыйжалуулугу менен компакттуу антенналарды түзүүгө мүмкүнчүлүк берет.

Төртүнчү бөлүм «Сигналдын маалымат параметрлерин идентификациялоонун интеллектуалдык ыкмалары» сигналдарды иштетүү жана тазалоо процессин автоматташтыруу үчүн ЖИ колдонуу артыкчылыктарын талкуулайт, бул алардын сапатын жакшыртат жана андан аркы анализди жөнөкөйлөтөт. Бул аракет тоскоолдуктарды кетириүү, нормалдаштыруу, интерполяция жана сигналдарды өзгөртүү сыяктуу операцияларды камтыйт. ЖИ сигналдарды иштетүү тутумуна өзгөрүлмөлүү шарттарга автоматтык түрдө адаптацияланып, сигналдарды иштетүү процесстерин оптималдаштыруу мүмкүнчүлүгүн берет.

Өндүрүштүк геоэкология тармагында (1-сүрөттү к.) сигнал параметрлерин аныктоодогу интеллектуалдык ыкмалардын бир мисалы катары индуктивдүү датчиктердин параметрлерин аныктоо үчүн иштелип чыккан алгоритмдик ыкма келет. Бул ыкма индуктивдүүлүк, «паразиттик» сыйымдуулук жана активдүү каршылык сыяктуу мүнөздөмөлөрдү аныктоону камтыйт. Бул метод жогорку электромагниттик кийлигишүүлөрдүн шартында да параметрлерди так аныктоого мүмкүнчүлүк берет, бул аны магнитометрлерди иштеп чыгуу жана жөнгө салуу процессинде алмаштыргыс кылат. Сунушталган прибордун структуралык схемасы 6-сүрөттө көрсөтүлгөн.

Индуктивдик сенсордун курчап турган каршылыгы:

$$Z_x = R_0 (U_{zx} - U_{R0}) / U_{R0} \quad (4)$$

U_{zx} чыңалуусу ЦАП түзмөгү тарабынан синхрондуу циклдик чыгаруу режиминде, 1МГц чечимдүүлүк жыштыгы менен генерацияланат, анын амплитудасы, жыштыгы жана фазасы программалык жол менен аныкталат:

$$U_{zx}(t) = A \sin(2\pi \nu t + \varphi) \quad (5)$$

мында A – амплитуда, ν – жыштык, жана φ – U_{zx} фазасы, $ti=0, 1, 2\Delta, 3\Delta, \dots, n\Delta$ бул Δ АЦПнын белгилүү жыштыгы, $i=1, 2, \dots, n$ – U_{zx} өлчөөлөрдүн саны.

U_{R0} чыңалуунун АЦП жардамы менен өлчөнгөн, амплитуданы жана фазаны аныктоо маселеси пайда болот, аны модель түрүндө берүүгө болот:

$$\hat{U}_{R0}(t) = \hat{A} \sin(2\pi \nu t + \hat{\varphi}) \quad (6)$$

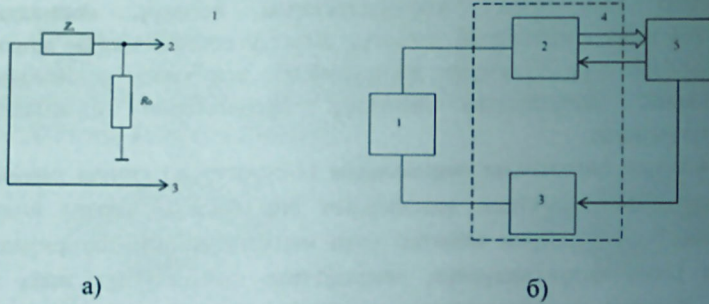
$\hat{A}$ – амплитуда, ν – жыштык, жана $\hat{\varphi}$ – U_{R0} чыңалуу фазасы

Моделдин орточо квадраттык катасы:

$$\Lambda_i = \frac{1}{2} (U_{R0,i} - \hat{U}_{R0,i})^2 = \frac{1}{2} \chi_i^2 \quad (7)$$

$i=1, 2, \dots, n$ – өлчөөлөрдүн саны. Бул учурда АЦП маалымат топтоо түзмөгү менен өлчөнөт. $\hat{A}$ жана $\hat{\phi}$ мүмкүн болушунча кичине ката (7) менен табуу үчүн жалпы орточо квадраттык катасын аныктоо керек:

$$\Omega_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Lambda_i = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n \lambda_i^2 = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n (U_{R0,i} - \hat{U}_{R0,i})^2 \quad (8)$$



6 сүрөт – Индукциялык сенсорлордун параметрлерин өлчөөнүн Л Кард E502 маалымат топтоо түзмөгүнүн базасындагы ишке ашырылышы: а – принциналдык схема, б-структуралык схема, 1-сенсор, 2– АЦП, 3 – ЦАП, 4 – Л Кард E502, 5 – жеке компьютер.

Анда чыңалуунун амплитудасын жана фазасын аныктоо маселеси төмөнкүчө жазылат:

$$\Omega_n \rightarrow \min_w \quad (9)$$

$w = \{\hat{A}, \hat{\phi}\}$ – (6) моделдин параметрлери жана бул көп өлчөмдүү оптимизация маселеси болуп саналат, анда моделдин параметрлери итерациялык формула менен табылат:

$$w_{k+1} = w_k + \alpha_k p_k, \quad (10)$$

w_k – мурунку итерациядагы моделдин параметрлери, w_{k+1} – жаныланган моделдин параметрлери, α_k – кадам узундугу, B_k – Гессиянанын болжолдуу мааниси. α_k, B_k параметрлери ар бир k -итерацияда Бройден-Флетчер-Гольдфарб-Шанно ыкмасы менен табылат. (10) формуласын колдонуу үчүн жалпы орточо квадраттык катасынын жеке туундулары:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Omega}{\partial w_j} &= \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n \frac{\partial \Lambda_i}{\partial w_j} = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n \frac{\partial \Lambda_i}{\partial \hat{U}_{R0,i}} \frac{\partial \hat{U}_{R0,i}}{\partial w_j} = \\ &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n -(U_{R0,i} - \hat{U}_{R0,i}) \frac{\partial \hat{U}_{R0,i}}{\partial w_j} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n -\lambda_i \frac{\partial \hat{U}_{R0,i}}{\partial w_j} \end{aligned} \quad (11)$$

Амплитуда жана фаза боюнча жеке туунду:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \hat{U}_{R0,i}}{\partial \hat{A}} &= \sin(2\pi \nu_i + \hat{\phi}), \\ \frac{\partial \hat{U}_{R0,i}}{\partial \hat{\phi}} &= \hat{A} \cos(2\pi \nu_i + \hat{\phi}). \end{aligned}$$

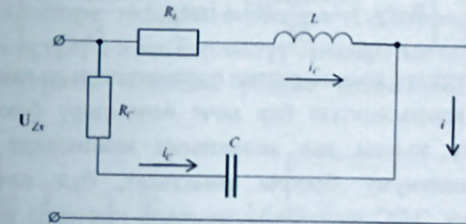
Ошентип, каалаган ν жыштык үчүн тиешелүү Z_s мааниси табылышы мүмкүн. Жыштык программалык жол менен жеңил белгиленет, анткени U_{Zs} УАЖ түзмөгү менен генерацияланат.

Көрсөтүлгөн моделдин курчап турган каршылыгы 7-сүрөттө көрсөтүлгөн:

$$\hat{Z}_s(\omega) = \frac{(i\omega L + R_L) \left(\frac{1}{i\omega C} + R_C \right)}{i\omega L + R_L + \frac{1}{i\omega C} + R_C} = \text{Re}(\hat{Z}_s(\omega)) + j \times \text{Im}(\hat{Z}_s(\omega)), \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \text{Re}(\hat{Z}_s) &= \frac{(C^2 L^2 R_C) \omega^4 + (C^2 R_C^2 R_L + C^2 R_C R_L^2) \omega^2 + R_L}{(C^2 L^2) \omega^4 + (C^2 R_C^2 + 2C^2 R_C R_L + C^2 R_L^2 - 2LC) \omega^2 + 1}, \\ \text{Im}(\hat{Z}_s) &= \frac{(C^2 L R_C^2 - CL^2) \omega^3 + (L - CR_L^2) \omega}{(C^2 L^2) \omega^4 + (C^2 R_C^2 + 2C^2 R_C R_L + C^2 R_L^2 - 2LC) \omega^2 + 1}, \end{aligned}$$

бул жерде $\omega = 2\pi \nu$.



7 сүрөт – Индуктивдик компоненттин толук алмаштыруу схемасы
Моделдин орточо квадраттык катасы:

$$\begin{aligned} \Xi_s &= \frac{1}{2} \left(\left[\text{Re}(Z_{s,s}) - \text{Re}(\hat{Z}_{s,s}) \right]^2 + \left[\text{Im}(Z_{s,s}) - \text{Im}(\hat{Z}_{s,s}) \right]^2 \right) = \\ &= \frac{1}{2} \left(\text{Re}(Z_s)^2 + \text{Im}(Z_s)^2 \right) \end{aligned} \quad (13)$$

$s=1, 2, \dots, m$ – Z_s өлчөмдөрүнүн ар кандай ν_s жыштыктарындагы саны. Жалпы ката:

$$\begin{aligned} \Psi_m &= \frac{1}{m} \sum_{s=1}^m \Xi_s = \frac{1}{2m} \sum_{s=1}^m \left(\text{Re}(\xi_s)^2 + \text{Im}(\xi_s)^2 \right) = \\ &= \frac{1}{2m} \sum_{s=1}^m \left(\left[\text{Re}(Z_{s,s}) - \text{Re}(\hat{Z}_{s,s}) \right]^2 + \left[\text{Im}(Z_{s,s}) - \text{Im}(\hat{Z}_{s,s}) \right]^2 \right) \end{aligned} \quad (14)$$

Андан кийин индуктивдик компоненттин параметрлерин аныктоо маселеси төмөнкүчө жазылат:

$$\Psi_m \rightarrow \min_{\zeta} \quad (15)$$

бул жерде $\zeta = \{L, C, R_c, R_l\}$ – (12) моделдин параметрлери, жана бул да көп өлчөмдүү оптимизация маселеси болуп саналат, анда моделдин параметрлери ошол эле итерациялык формула менен табылат:

$$\zeta_{k+1} = \zeta_k + \alpha_k \rho_k, \quad (16)$$

(10) формуласына окшош, бул жерде ζ_k – мурунку итерациядагы моделдин параметрлери, ζ_{k+1} – жаңыланган моделдин параметрлери, α_k – кадам узундугу, $\rho_k = -B_k^{-1} \frac{\partial \Psi_s}{\partial \zeta_k}$, B_k – Гессиананын болжолдуу мааниси. α_k , B_k параметрлери ар бир k -итерацияда Бройден-Флетчер-Гольдфарб-Шанно ыкмасы менен табылат. (16) формуласын колдонууда жалпы орточо квадраттык катасынын жеке туундулары:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Psi}{\partial \zeta_i} &= \frac{1}{2m} \sum_{s=1}^m \frac{\partial \Psi_s}{\partial \zeta_i} = \frac{1}{2m} \sum_{s=1}^m \left(\frac{\partial \Xi_s}{\partial \operatorname{Re}(\hat{Z}_{x,s})} \frac{\partial \operatorname{Re}(\hat{Z}_{x,s})}{\partial \zeta_i} + \frac{\partial \Xi_s}{\partial \operatorname{Im}(\hat{Z}_{x,s})} \frac{\partial \operatorname{Im}(\hat{Z}_{x,s})}{\partial \zeta_i} \right) = \\ &= \frac{1}{m} \sum_{s=1}^m \left[\left(\operatorname{Re}(Z_{x,s}) - \operatorname{Re}(\hat{Z}_{x,s}) \right) \frac{\partial \operatorname{Re}(\hat{Z}_{x,s})}{\partial \zeta_i} + \left(\operatorname{Im}(Z_{x,s}) - \operatorname{Im}(\hat{Z}_{x,s}) \right) \frac{\partial \operatorname{Im}(\hat{Z}_{x,s})}{\partial \zeta_i} \right] = \\ &= \frac{1}{m} \sum_{s=1}^m \left(\operatorname{Re}(Z_{x,s}) \frac{\partial \operatorname{Re}(\hat{Z}_{x,s})}{\partial \zeta_i} + \operatorname{Im}(Z_{x,s}) \frac{\partial \operatorname{Im}(\hat{Z}_{x,s})}{\partial \zeta_i} \right) \end{aligned} \quad (17)$$

Ошентип, индуктивдүү компоненттин параметрлери ар кандай жыштыктардагы толук комплекстүү каршылыктын бир нече өлчөмдөрү боюнча эсептелет жана өлчөнгөн маанилерге мыкты дал келишинин маанисинде жалпы квадраттык айырмачылыктын минимуму боюнча аныкталат, бул өлчөнгөн индуктивдүү компонентте кокустук ЭДС чачырандыларынын таасирин жоюуга мүмкүнчүлүк берет. (10) – формула менен эсептелген реалдуу магнитометринин индуктивдүү компоненттин параметрлери төмөнкүлөр: $C = 1,18126 \cdot 10^{-10} \text{ Ф}$, $L = 0,618958 \text{ Гн}$, $R_c = 8,2737 \text{ Ом}$, $R_l = 1415,52 \text{ Ом}$. В7-22А вольтметри менен өлчөнгөн активдүү каршылык $R_l = 1381 \text{ Ом}$, демек, ката чекити 2,5% ашпайт.

Индуктивдүү компоненттин параметрлерин дагы тыкыр аныктоо үчүн окутулган нейрондук тармакты колдонсо болот. Нейрондук тармакты окутуу үчүн колдонулган баштапкы маалыматтар моделдин жардамы аркылуу (к. 7-сүр.) (12) -формулану колдонуп түзүлгөн, бул учурда моделдик индуктивдик сенсордун параметрлери реалдуу индукциялык магнитометрлердин сенсорлорунун параметрлерине жакын диапазондордон тандоо менен берилген.

$$\begin{aligned} 100 \times 10^{-3} \text{ Гн} \leq L < 1000 \times 10^{-3} \text{ Гн}, \\ 1 \times 10^{-9} \text{ Ф} \leq C < 100 \times 10^{-9} \text{ Ф}, \end{aligned} \quad (18)$$

$$\begin{aligned} 100 \times 10^0 \text{ Ом} \leq R_l < 10 \times 10^3 \text{ Ом}, \\ 0 \text{ Ом} \leq R_c < 1000 \text{ Ом}. \end{aligned}$$

Индуктивдик сенсордун толук курчап турган каршылыгы Z_x (4) формуласы боюнча эсептелди, ошондой эле үлгүлүк резистор R_0 үчүн курчап турган күч (6-сүр. кар.) формуласы боюнча эсептелди:

$$U_{R0} = \frac{R_0 U_{Zx}}{Z_x}, \quad (19)$$

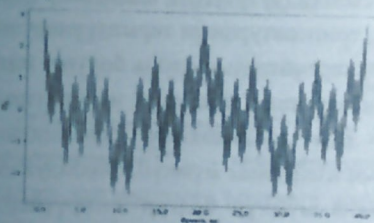
бул жерде $R_0 = 10 \cdot 10^3 \text{ Ом}$, ал эми $U_{Zx} = 10 \text{ В}$, жана убакыт тизмеги төмөнкүдөй түзүлгөн:

$$\begin{aligned} U_{R0,i}(t) &= A \cos(2\pi f_i t + \varphi) + 0.01 \times A \times \varepsilon + 0.5 \times U_{Zx} \times \\ &\quad \cos(\omega_1 t) \\ &\quad + 0.5 \times U_{Zx} \times \cos(\omega_2 t) + \\ &\quad + 0.5 \times U_{Zx} \times \cos(\omega_3 t), \end{aligned} \quad (20)$$

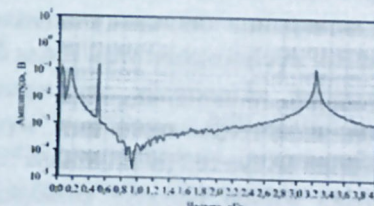
мында $A = |U_{R0}|$ – амплитуда жана $\varphi = \angle(U_{R0}) - U_{R0}$ күчүнүн фазасы, $t = 0, \Delta, 2\Delta, 3\Delta, \dots, (N-1)\Delta$, $\Delta = 1/1M \text{ Гц}$, f_i – жыштык, $1 \text{ Гц} \leq f < 1 \times 10^5 \text{ Гц}$, $N=4000$, $\omega_1 = 2\pi 50$, $\omega_2 = 2\pi 150$, $\omega_3 = 2\pi 500$, $i=1,2,3, \dots, 32$.

Ошентип, ар бир индуктивдик сенсордун параметрлери үчүн 32 убакыт тизмеги, N узундугу 4000 болгон, 1ден 10^5 Гц -ке чейинки диапазондо тең бөлүштүрүлгөн 32 жыштык үчүн түзүлгөн. (4) формуласында акыркы төрт кошулуучу кошумча түрткүлөрдү билдирет, алардын үчөөнүн жыштыктары чыныгы магнитометрдин сигналынын спектралдык анализинен алынган.

Эсептөөлөрдөгү моделдик тескери тоскоолдук ε – нормалдуу таралуу менен, нөлдүк математикалык күтүлүш жана бирдиктүү стандарттык четтөө менен сан. 3226 Гц жыштыгы үчүн түзүлгөн моделдик убакыт тизмегинин мисалы 8-сүрөттө көрсөтүлгөн.



а)



б)

8- сүрөт – U_{R0} чыңалуунун моделдик убакыт тизмегинин мисалы, $f_i = 3226$

Гцде, жана анын спектри (б)

Ошентип, нейрондук тармакты окутуу үчүн бир үлгү 32 убакыт тизмегинен турат, ар бири 4000 узундук менен, булар 32 ар кандай жыштыктарда R_0 үлгүлүк резисторундагы чыңалууларды көрсөтөт. Тармактын чыгышында индуктивдик сенсордун L , C , R_l , R_c параметрлери алынышы керек, алар (20) формуласындагы берилген чектерден Одон 1ге чейинки интервалга нормалдаштырылышы керек. Маалыматтар динамикалык түрдө түзүлгөндүктөн, үлгүлөрдүн саны чектелбейт,

маалыматтарды окутуу жана сыноо үлгүлөрүнө бөлүү зарыл эмес. Нейрондук тармак окутуу процессинде $U'_{RO,i}(t)$ убакыт тизмектерин L, C, R_i, R_c параметрлери менен шайкештештирүүнү үйрөнүшү керек. Ошондой эле 32 сунушталган убакыт тизмегинен, алардын ичинен индуктивдик сенсордун параметрлеринин өзгөрүүсү $U'_{RO,i}(t)$ тизмегинин сапатына эң чоң таасирин тийгизген жыштыктарда түзүлгөн тизмектерди аныктоо керек. $U_{RO,i}(t)$ убакыт тизмектеринин амплитудасын жана фазасын ажыратуу үчүн, L, C, R_i, R_c параметрлерин аныктоо зарыл болгондо, бир өлчөмдүү свертоочу нейрондук тармак (1D CNN) колдонулган. Маалыматтардын жергиликтүү жана ар кандай масштабдагы көз карандылыктарын аныктоо үчүн бул тармак абдан натыйжалуу болгону белгилүү. 1D CNN, бардык свертоочу тармактар сыяктуу эле, киргизүү катмары, бир нече жашыруун катмарлар жана чыгуу катмарынан турат. Моделдик маалыматтардагы орточо абсолюттук ката 1,43% түздү, бул Бройден-Флетчер-Гольдфарб-Шанно оптимизация алгоритмине негизделген жогоруда сүрөттөлгөн ыкмадагы катага караганда эки эсе аз, жана чындыгында моделдик убакыт (20) тизмегинин тескери бөлүгүнүн чоңдугуна жакындайт.

Нейрондук тармакты колдонуунун артыкчылыгы, окутулган нейрондук тармак көп өлчөмдүү оптимизация алгоритминен кыйла тез иштейт, бул көптөгөн жыштыктарды колдонууга жана алардын ичинен эң маанилүүлөрүн тандоо мүмкүнчүлүгүн берет, бул тактыктын жогорулашы менен түшүндүрүлөт.

Азыркы учурда бул маанилер төмөнкүдөй: $L = 0.361 \text{ Гн}$, $C = 36.6 \text{ нФ}$, $R_i = 4.40 \text{ кОм}$, $R_c = 592 \text{ Ом}$. Беш жыл мурун сенсордун параметрлеринин маанилери $L = 0.372 \text{ Гн}$, $C = 39.8 \text{ нФ}$, $R_i = 4.54 \text{ кОм}$, $R_c = 606 \text{ Ом}$ болгон. Эң көп проценттик өзгөрүү, башка параметрлердин өзгөрүүсү 2-3% түзгөндө, ортодогу маалыматтык сыйымдуулук C параметри 8%га өзгөргөн, бул өлчөө методунун каталарына жакын.

Индуктивдик датчиктин оромдор аралык сыйымдуулугунун азайышы, анын изоляция катмарынын химиялык реакциялардан, температуранын термелүүлөрүнөн же физикалык жүктөмдөрдөн улам пайда болгон жаракалардын пайда болушу жана материалдардын диэлектрдик сапаттарынын начарлашы аркылуу изоляциянын сапатынын өзгөрүүсүн көрсөтүшү мүмкүн. Бул изоляциянын сапатындагы өзгөрүүлөр датчиктин сезгичтигин жана тактыгын азайтышы мүмкүн. Ошондуктан, датчиктердин абалын туруктуу көзөмөлдөө жана мүмкүн болгон өзгөрүүлөрдү убагында аныктоо жана компенсациялоо үчүн маанилүү, бул аппараттардын узак мөөнөттүүлүгүн жана алардын иштешинин жогорку тактыгын камсыз кылат.

Бешинчи бөлүм «Геоэкологиялык процесстердин мониторингинин маалыматтарын иштетүүдөгү интеллектуалдык ыкмалар» геоэкологиялык процесстердин мониторингинин маалыматтарын анализдөө үчүн интеллектуалдык ыкмаларды колдонуу маселелерин карайт. ЖИ колдонулушу геоэкологиялык маалыматтарды иштетүүнүн ылдамдыгын жана тактыгын олуттуу түрдө жогорулатат, бул экологиялык өзгөрүүлөрдү так аныктоого жана алдын ала болжолдоого салым кошот. Сунушталган маалыматтардын алдын ала иштетүүнүн

натыйжалуулугун жогорулатууда сунушталган сунуштамалардын интеграциясы көрсөтүлөт. Маалыматтарды азыркы интеллектуалдык мамилелер менен жүргүзүлүүчү тазалоо, нормалдаштыруу, интерполяциялоо жана фильтрациялоо методдорун колдонуу аналитикалык изилдөөгө даярдоодо маанилүү роль ойнойт. Маалыматтарды нормалдаштыруунун маанилүүлүгү ар кандай машиналык окутуу алгоритмдеринин талаптарына маалыматтарды ылайыкташтыруу контекстинде белгиленет. Ошондой эле геоэкология сыяктуу бир нече тармактарда болжолдоонун маанилүүлүгүн эске алуу менен, убакыт серияларын иштетүүнүн азыркы интеллектуалдык ыкмалары сүрөттөлөт. Убакыт сериялары белгилүү аралыктар менен жазылган параметрлердин катарлары болуп саналат. Аларды анализдөө жана болжолдоо милдети машиналык окутуу жана ЖИ методдорунун өнүгүшү менен тыгыз байланышкан. Мисалы, бул максаттар үчүн вейвлет-тармактар колдонулушу мүмкүн. Мультивейвлет тармагынын чыгышы төмөнкү формула менен аныкталат:

$$\hat{y}(x) = g_{\lambda}(x; w) = w_{\lambda+1}^{[2]} + \sum_{j=1}^{\lambda} w_j^{[2]} \cdot \Psi_j(x) + \sum_{i=1}^m w_i^{[0]} \cdot x_i \quad (21)$$

мында $\Psi_j(x)$ – m векторлуу вейвлеттердин өндүрүмү катары аныкталган көп өлчөмдүү вейвлет, x – киргизүү маалыматтарынын вектору, m – киргизүүлөрдүн саны, λ – жашыруун вейвлет-нейрондордун саны жана w – тармактын параметрлери: $w_{\lambda+1}^{[2]}$ – жылышуу салмагы, $w_i^{[0]}$ – сызыктуу байланыштардын салмактары, $w_j^{[2]}$ – сызыктуу эмес байланыштардын салмактары. Көп өлчөмдүү вейвлет (21) формуласында төмөнкүдөй эсептелет

$$\Psi_j(x) = \prod_{i=1}^m \psi(z_{ij}) \quad (22)$$

мында ψ – энелик вейвлет, жана

$$z_{ij} = \frac{x_i - w_{(\xi)ij}^{[1]}}{w_{(\zeta)ij}^{[1]}} \quad (23)$$

(23) теңдемесинде $i=1, \dots, m, j=1, \dots, \lambda+1$, $w_{(\xi)ij}^{[1]}$ – вейвлеттердин жылуу параметрлери, $w_{(\zeta)ij}^{[1]}$ – вейвлеттердин масштаб параметрлери. Энелик вейвлеттин тандоосу чыгарылуучу маселеге жараша болот, мисалы, Гауссиандын биринчи же экинчи туундулары, Морле вейвлети, ортогоналдуу вейвлеттер жана вейвлет-фреймдер: Гауссиандын биринчи туундусу, башкача айтканда, "WAVE-вейвлет":

$$\psi(z_{ij}) = z_{ij} e^{-0.5 z_{ij}^2} \quad (24)$$

Гауссиандын экинчи туундусу, башкача айтканда, "Мексикалык шляпа":

$$\psi(z_{ij}) = (1 - z_{ij}^2) e^{-0.5 z_{ij}^2} \quad (25)$$

же Морле вейвлети:

$$\psi(z_{ij}) = \cos(5z_{ij})e^{-0.5z_{ij}^2} \quad (26)$$

Мультивейвлеттик адаптивдүү тармакта (9-сүрөт) кошумча настройкалануучу параметри бар, вейвлеттин формасын кысуудан жана жылуудан айырмаланган ыкмада өзгөртүүчү энелик вейвлеттер колдонулат. Мисалы, Superposed LOGistic functions, «суперпозициялык логистикалык функциялар» деп аталган адаптивдик энелик вейвлет, SLOG катары белгилүү, колдонулушу мүмкүн:

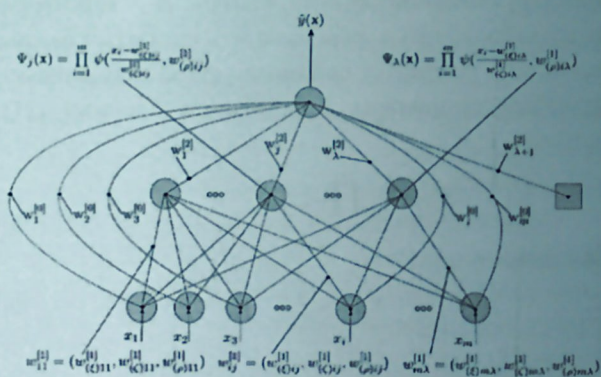
$$\psi(z_{ij}, w_{(p)ij}^{[1]}) = \frac{1}{1+e^{-z_{ij}+w_{(p)ij}^{[1]}}} - \frac{1}{1+e^{-z_{ij}+3w_{(p)ij}^{[1]}}} - \frac{1}{1+e^{-z_{ij}-3w_{(p)ij}^{[1]}}} + \frac{1}{1+e^{-z_{ij}-w_{(p)ij}^{[1]}}}$$

мында $w_{(p)ij}^{[1]}$ – вейвлеттин формасынын кошумча настройкалануучу параметри, анын өчүү ылдамдыгын аныктайт.

Андан кийин (22) төмөнкүдөй көрүнөт:

$$\Psi_j(\mathbf{x}) = \prod_{i=1}^m \psi(z_{ij}, w_{(p)ij}^{[1]})$$

$$\psi(z_{ij}, w_{(p)ij}^{[1]}) = \frac{1}{1+e^{-z_{ij}+w_{(p)ij}^{[1]}}} - \frac{1}{1+e^{-z_{ij}+3w_{(p)ij}^{[1]}}} - \frac{1}{1+e^{-z_{ij}-3w_{(p)ij}^{[1]}}} + \frac{1}{1+e^{-z_{ij}-w_{(p)ij}^{[1]}}}$$



9-сүрөт – Мультивейвлеттик адаптивдүү тармак

Толук тармактын параметрлеринин вектору төмөнкүдөй көрүнөт: $\mathbf{w} = (w^{[0]}, w^{[2]}, w^{[2]}_{L+1}, w^{[1]}_{(Q)ij}, w^{[1]}_{(Q)ij}, w^{[1]}_{(p)ij})$. Бул параметрлер тармакты үйрөтүү учурунда орточо квадраттык ката (MSE) минималдаштыруу аркылуу жөнөдөт:

$$E = \frac{1}{2n} \sum_{p=1}^n (y_p - \hat{y}_p)^2$$

мында n – тармакты үйрөтүү үчүн колдонулган мисалдардын саны, y_p – тармактын талап кылынган чыгыш мааниси, ал эми $\hat{y}_p$ – тармактын чыныгы чыгыш мааниси. Орточо квадраттык ката тармактын параметрлери боюнча жеке туундуларды колдонуп, көп өлчөмдүү оптимизациянын итерациялык ыкмаларынын бири менен минималдаштырылат:

$$\frac{\partial E}{\partial \mathbf{w}} = -\frac{1}{n} \sum_{p=1}^n e_p \frac{\partial \hat{y}_p}{\partial \mathbf{w}}$$

мында $e_p = y_p - \hat{y}_p$. (8)-формуланы колдонуп, тармактын бардык параметрлери боюнча орточо квадраттык катанын жеке туундуларын табууга болот, атап айтканда:

$$\frac{\partial \hat{y}_p}{\partial w_{L+1}^{[2]}} = 1,$$

$$\frac{\partial \hat{y}_p}{\partial w_i^{[0]}} = x_i, i = 1, \dots, m,$$

$$\frac{\partial \hat{y}_p}{\partial w_j^{[2]}} = \Psi_j(\mathbf{x}), j = 1, \dots, \lambda,$$

$$\frac{\partial \hat{y}_p}{\partial w_{(C)ij}^{[1]}} = -\frac{w_{(C)ij}^{[2]}}{w_{(C)ij}^{[2]}} \psi(z_{ij}, w_{(p)ij}^{[1]}) \dots \frac{\partial \psi(z_{ij}, w_{(p)ij}^{[1]})}{\partial w_{(C)ij}^{[1]}} \dots \psi(z_{mj}, w_{(p)mj}^{[1]}),$$

$$\frac{\partial \hat{y}_p}{\partial w_{(p)ij}^{[1]}} = -\frac{w_{(p)ij}^{[2]}}{w_{(p)ij}^{[2]}} \psi(z_{ij}, w_{(p)ij}^{[1]}) \dots \frac{\partial \psi(z_{ij}, w_{(p)ij}^{[1]})}{\partial w_{(p)ij}^{[1]}} \dots \psi(z_{mj}, w_{(p)mj}^{[1]}),$$

$$\frac{\partial \hat{y}_p}{\partial w_{(C)ij}^{[1]}} = z_{ij} \frac{\partial \hat{y}_p}{\partial w_{(p)ij}^{[1]}}.$$

Айрыкча адаптивдүү SLOG вейвлети үчүн:

$$\frac{\partial \psi(z_{ij}, w_{(p)ij}^{[1]})}{\partial w_{(C)ij}^{[1]}} = -\frac{e^{-z_{ij}+w_{(p)ij}^{[1]}}}{a(1+e^{-z_{ij}+w_{(p)ij}^{[1]}})^2} + \frac{e^{-z_{ij}+3w_{(p)ij}^{[1]}}}{a(1+e^{-z_{ij}+3w_{(p)ij}^{[1]}})^2} + \frac{e^{-z_{ij}-3w_{(p)ij}^{[1]}}}{a(1+e^{-z_{ij}-3w_{(p)ij}^{[1]}})^2} - \frac{e^{-z_{ij}-w_{(p)ij}^{[1]}}}{a(1+e^{-z_{ij}-w_{(p)ij}^{[1]}})^2},$$

$$\frac{\partial \psi(z_{ij}, w_{(p)ij}^{[1]})}{\partial w_{(p)ij}^{[1]}} = -\frac{e^{-z_{ij}+w_{(p)ij}^{[1]}}}{(1+e^{-z_{ij}+w_{(p)ij}^{[1]}})^2} + \frac{3e^{-z_{ij}+3w_{(p)ij}^{[1]}}}{(1+e^{-z_{ij}+3w_{(p)ij}^{[1]}})^2} - \frac{3e^{-z_{ij}-3w_{(p)ij}^{[1]}}}{(1+e^{-z_{ij}-3w_{(p)ij}^{[1]}})^2} + \frac{e^{-z_{ij}-w_{(p)ij}^{[1]}}}{(1+e^{-z_{ij}-w_{(p)ij}^{[1]}})^2}.$$

Тармактын параметрлери ар бир итерацияда төмөнкү формула боюнча кайра эсептелет:

$$\mathbf{w}_{v+1} = \mathbf{w}_v - \eta \frac{\partial E}{\partial \mathbf{w}_v} + \kappa(\mathbf{w}_v - \mathbf{w}_{v-1}), \quad (27)$$

мында v – итерациянын номери, η – үйрөнүү ылдамдыгынын параметри жана κ – момент параметри. η жана κ параметрлеринин так маанилери көп өлчөмдүү оптимизациянын колдонулган итерациялык ыкмасына жараша болот.

Космостук геоэкология тармагында (1-сүрөттү к.), жогоруда сунушталган нейрондук тармак вариантын колдонуу менен, геомагниттик активдүүлүктүн К-индексин аныктоо ыкмасы иштелип чыккан. Бул индекс 0дөн 9га чейинки логарифмдик шкала боюнча өлчөнүп, ар бир үч сааттык интервалда ар бир обсерваториядан алынган маалыматтарга негизделген геомагниттик талаанын бузулуу деңгээлин чагылдырат.

Индекс адаттагы күндүзгү Sq-вариациянын айырмаларына негизделген, ал күн сайын кайталануучу геомагниттик талаанын элементтеринин жумшак өзгөрүшү катары көрүнөт, ал күндүз максимумга жетет жана түнкүсүн туруктуу бойдон калат. Sq-вариациянын маанилүүлүгү ошондой эле деңиз жана аба кемелеринин навигациясында ал GPS/GLONASS жеткиликтүү болбогон шарттарда радио жана

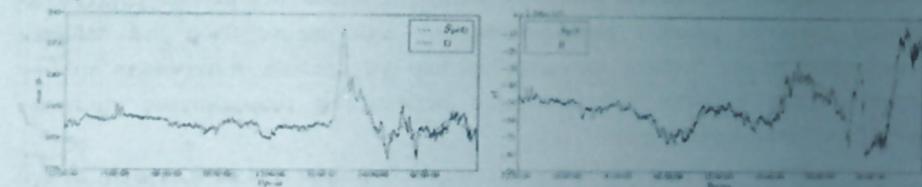
магниттик компастардын көрсөткүчтөрүн түзөтүү үчүн колдонулары менен баса белгиленет.

Sq-вариацияны аппроксимациялоо үчүн заманбап ыкмалар автоматташтырылган технологияларды колдонууну камтыйт, бул магниттик вариацияларды так жана натыйжалуу анализдөөгө мүмкүндүк берет. Автоматташтыруунун артыкчылыктарына карабастан, K-индекстин так аныкталышында Sq-вариациясынын күндүзгү өзгөрүлмөлүгү менен байланышкан методологиялык көйгөйлөр бар. Sq-вариацияны моделдөө үчүн классикалык жана заманбап ыкмалар, мисалы, регрессия сызыктары, гармоникалык анализ же Новозинский алгоритми ар кандай мамилелерди жана маалыматтарды талкуулоодогу мүмкүн болгон каталарды сунушташат.

Адаптивдүү мультивейвлет-тармакты колдонуу менен K-индекстин аныкталышы төмөнкү кадамдарда көрсөтүлгөн:

1. Геомагниттик талаанын компоненттеринин өлчөмдөрүнүн маалыматтарын CSV форматына айландыруу.
2. Импульстук түрткүлөрдү чыпкалоо үчүн геомагниттик талаанын компоненттеринин 1-мүнөттүк медианасын бөлүп чыгаруу.
3. Геомагниттик талаанын ар бир компонентин аппроксимациялоо үчүн вейвлет-тармактарды окутуу.
4. D жана H компоненттери боюнча Sq-вариацияны аппроксимациялоо жана интерполяциялоо үчүн окутулган адаптивдик вейвлет-тармактарды колдонуу.
5. Ар бир үч сааттык интервал үчүн UT убактысы боюнча D жана H компоненттери боюнча максималдуу K-индексти аныктоо.
6. Адаптивдүү мультивейвлет-тармакты колдонуу менен геомагниттик талаанын активдүүлүк индексин аныктоо.

Sq-вариациянын аппроксимациялоо ыкмасынын натыйжалуулугун текшерүү үчүн SPIDR (Space Physics Interactive Data Resource) аркылуу алынган Бельск обсерваториясынын маалыматтары колдонулган. D жана H компоненттери боюнча 1985-жылдын 26-28-декабрындагы минуталык орточо магниттик вариациялар колдонулган. 10-сүрөттө Морленин 22 вейвлетинен адаптивдүү мультивейвлет-тармак жардамы менен Sq-вариациянын аппроксимациясынын натыйжалары көрсөтүлгөн.



10-сүрөт – 1985-жылдын 26-28-декабрында Бельск обсерваториясында D жана H компоненттери боюнча геомагниттик талаанын Sq-вариацияларын адаптивдүү вейвлет-тармакты колдонуп аппроксимациялоо жыйынтыктары.

Аба чөйрөсүнүн динамикасы тармагында (1-сүрөттү к.) "Манас" аэропортунда көрүнүү аралыгынын болжолун изилдөө жүргүзүлгөн. Колдонулган LSTM жана GRU тармактарынын архитектурасы LSTM жана softmax активация функциясы бар толук байланышкан катмар (Dense) дан турат, бул акыркы болжол алуу үчүн зарыл. Ошондой эле, мультивейвлеттик адаптивдүү тармакты (MWP, MultiWavelet Adaptive) колдонууда, толук байланышканга салыштырмалуу эки эсе аз нейрон колдонулган. Алардын негизги идеясы түз байланышкан тармактардын ылдамдыгын жана женилигин рекурренттик нейрондук тармактардын убакыттык эс тутуму менен бириктирүүдө.

2014-жылдан бери жеткиликтүү болгон маалыматтардын топтомунан экспериментти жүргүзүү үчүн 2014-жылдын март айынан 2019-жылдын ноябрь айына чейинки 6 жыл жана 9 айлык катар тандалган. Бул мезгил аралыгында маалыматтар 30 мүнөттүк интервалда чогултулган, ал эми 2013-жылдын август айынан 2014-жылдын февраль айына чейинки мезгилде маалыматтар саат сайын чогултулган. Окутуу үлгүсү 68175 эсептөө менен, тестирилөө үлгүсү – 22725, калган маалыматтар 900 эсептөө менен камсыздалган. Сапаттуу бааларды камтыган маалыматтар мурда болгондой эле, алардын пайда болуу тартибинде толук сандар менен коддолгон жана андан кийин z-баалары менен нормалдаштырылган. METAR форматындагы көрүү аралыгы 57 дискреттик маанилерди кабыл алат, бул маанилер көрүү аралыгынын жогорулашы тартиби менен толук сандар менен коддолгон, ал эми тармактын катасы мультикатегориалдык кроссэнтропия H менен эсептелген. 3-таблицада түрдүү архитектураларга ээ болгон окутулган тармактардын эң аз ката функциясынын мааниси көрсөтүлгөн, алар RMSProp алгоритми менен 50 эпоха боюнча 500 кадамдан окутулган.

2 Таблица – METAR маалыматтарын колдонуу менен жүргүзүлгөн эсептөөлөрдүн жыйынтыктары

Модель	Алдын ала божомолдоонун убактысы, с					
	0.5	1	1.5	2	2.5	3
MWP	0.4578	0.4823	0.6027	0.6245	0.6465	1.9943
MWP+GRU	0.4346	0.4561	0.4778	0.4936	0.5090	0.5110
Conv1D+GRU	0.4402	0.4571	0.4714	0.4854	0.4984	0.5036
GRU	0.4383	0.4547	0.4711	0.4831	0.4972	0.5092

Таблицадан көрүнүп тургандай, божомолдун упрещендиясынын өсүшү менен ката жетишерлик тездик менен өсөт. Эгерде нейрондук тармактардын чындык иштөө ылдамдыгын салыштырсак, мультивейвлеттик адаптивдүү тармак жалпы байланыштуу тармакка караганда чамалап эки эсе тез иштейт, анткени окшош тактыкка жетүү үчүн MWP-тармагында нейрондор эки эсе аз. MWP+GRU терең нейрондук тармагын колдонуу үстүртөн нейрондук тармакка караганда божомол катасын азайтууга мүмкүнчүлүк берет.

Өндүрүштүк геоэкология тармагында күч тилкелеринин абалын мониторингдөө маалыматтарын иштетүү боюнча интеллектуалдык подсистема иштелип чыкты, ал тармактагы электр кемчиликтерин, б.а. ток жана кубаттагы аномалдуу өзгөрүүлөрдү аныктоого багытталган. Мындай кемчиликтерди убагында аныктоо жабдууларды бузулуудан сактоо жана электр менен камсыздоонун ишенимдүүлүгүн камсыз кылуу үчүн маанилүү. Салттуу диагностика ыкмалары, анын ичинде визуалдык текшерүү жана инфракызыл термография кеңири колдонулганы менен, узун объекттерди, мисалы, аба электр өткөргүчтөрүн көзөмөлдөөдө натыйжалуулугу чектелген. Альтернатива катары, электр талаасын көзөмөлдөө ыкмалары, өзгөчө чектелген разряддарды көзөмөлдөө сунушталган, ал изоляциянын деградациясынын маанилүү индикатору болуп саналат. Заманбап мониторинг ыкмалары чындап реалдуу убакыт режиминде аномалияларды аныктоо жана классификациялоо үчүн интеллектуалдык маалыматтарды анализдөөнү камтыйт, бул диагностиканын натыйжалуулугун олуттуу түрдө жогорулатат жана тейлөө чыгымдарын азайтат.

Колдонулган методика 4 кезенден турат, алардын ар бири кеңири түшүндүрүлгөн:

1. Маалыматтарды алдын ала иштетүү. Башкарылуучу электр линиясында үч фазада чыңалууну өлчөөнүн натыйжалары боюнча атайын файлда түзүлгөн баштапкы маалыматтар "Нормалдуу" класска туура келген кокус үлгүлөрдү алып салуу менен жүктөлөт жана тең салмакталат, ошентип, үлгү эки класска тиешелүү үлгүлөрдүн бирдей санын камтыйт. Андан кийин үлгүлөр 400 өлчөмдөгү сегменттерге бөлүнөт жана ар бир сегмент үчүн бардык үч фазанын нормалдаштырылган чыңалуу маалыматтарын камтыган өзгөчөлүктөр вектору түзүлөт, же анын жыштык компоненттери, фильтрация аркылуу түзүлөт.
2. Моделди алдын ала даярдоо. Бул нейрондук тармактын оптималдуу гиперпараметрлерин (катмарлардын саны, нейрондор) аныктоо үчүн зарыл, алар жетиштүү эмес же ашыкча окутулган тармактын ортосундагы балансты, окутуунун кабыл алынган убактысында көлөмүн сактоого мүмкүндүк берет.
3. Окутуу. Жасалма нейрон тармагы (ЖНТ) оригиналдуу жана мурда курулган функцияларды жана оптималдуу гиперпараметрлерди колдонуу менен үйрөтүлөт.
4. Сыноо. Андан кийин модель өндүрүмдүүлүгүн баалоо үчүн сыноочу маалыматтар топтомунда текшерилет. Маалыматтар 3:1 катышында бөлүштүрүлөт. Чоң бөлүгү нейрондук тармакты окутуу үчүн, кичирээк бөлүгү анын иштешинин сапатын баалоо үчүн колдонулат.

Иштетүүнүн алдын ала этабында баштапкы сигналдын жогорку жана төмөнкү жыштыктык компоненттерин бөлүп чыгаруу максатында тез Фурье өзгөртүүсү (ТФӨ) колдонулган. Талап кылынган сигналдын компонентин бөлүп чыгаруу үчүн түз Фурье өзгөртүүсү жасалган, андан кийин керексиз жыштыктардын амплитудалары нөлгө тенештирилген жана кайра Фурье өзгөртүүсү жасалган.

Негизги модель үчүн киргизилүүчү маалыматтар катары баштапкы сигнал гана колдонулду, ал эми эки башка модель кошумча курулган белгилерге – ВЧ жана НЧ компоненттерине окутулду. Бул учурда колдонулган ЖНТнын архитектурасы бирдей болуп, Conv1D жана LSTM катмарларынан турат. Нейрондук тармактар балансталган маалыматтардын бардыгынан алынган 1/3 сыноочу маалыматтар топтому боюнча өздүк аткаруусун салыштыруу аркылуу бааланды, биринчи модель толук сигналга, экинчи жана үчүнчү модель ВЧ жана НЧ компоненттерине тиешелүүлүгүндө окутулду. Баалоо көрсөткүчтөрү – тактык, ишенимдүүлүк, сезгичтик, тактык, F_1 баасы жана AUC болуп саналат.

3-таблицада 30 окутуу мезгили аркылуу ар кандай белгилерге окутулган моделдердин баалоо жыйынтыктары көрсөтүлгөн, аларда жогоруда аталган бардык баалоо көрсөткүчтөрү боюнча нейрондук тармактын сапаты көрсөтүлгөн – тактык, сезгичтик, атайындык, F_1 баасы жана AUC.

Окутуу маалыматтары андан аркы эсептөөлөрдү процессорлордун бир нече тобунда параллель жүргүзүү үчүн ар биринде 16 үлгү бар пакеттерге бөлүнгөн. Окутууну көзөмөлдөө үчүн моделдин тактыгы көрсөткүчү колдонулган, ал туура классификацияланган учурлардын пайыздык көрсөткүчүн билдирет.

3 таблица – Нейрондук тармактарды окутуунун 30 мезгилинде ар түрдүү белгилер боюнча окутулгандыгынын баалоо жыйынтыктары.

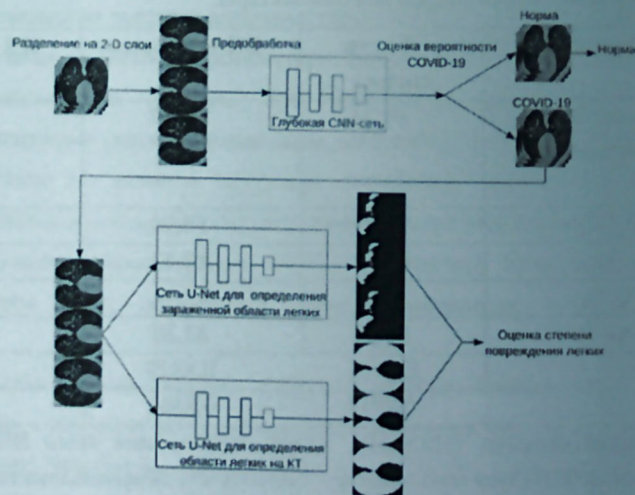
Мүнөдөмөлөр	Толук сигнал	ВЧ-компонент	НЧ-компонент
30 мезгил ичиндеги жетишкен максималдуу тактык, %	89,34	88,47	72,33
Тактык A_c , %	88,47	84,14	71,18
Сезгичтик S_c , %	98,13	82,42	90,75
Атайындык S_p , %	80,1	85,71	51,72
Ишенимдүүлүк P_r , %	81,02	84,30	65,14
F_1 баасы	0,8876	0,8529	0,7584
AUC	0,8912	0,8561	0,7123

3-таблицадан көрүнүп тургандай, толук сигнал жана анын ВЧ-компоненти боюнча окутулган ЖНТтын максималдуу тактыгы 1% айырмачылыкта, ал эми НЧ-компоненти боюнча окутулган тармактын максималдуу тактыгы 17% төмөн. НЧ-компоненти боюнча окутулган башка бардык көрсөткүчтөр да анчалык жогору эмес.

Бул изилдөө жогорку жыштыктуу компоненттин (10-20 МГц) электр берүү сызыктарындагы чектелген разряддарды диагностикалоодогу маанисин баса белгилейт, бул кырдаалды так аныктоого жардам берет. Бул жыштык диапозону так диагностика үчүн оптималдуу деп сунушталат, анда эфирдик уктуруулардан келип чыккан бузулууларды минималдаштырат, адатта жогорку жыштыктуу диапозондордо (85-110 МГц, 600-700 МГц) кездешет. HF-диапозонду колдонуу кабыл алгычтын конструкциясын жөнөкөйлөтүүгө жана арзандатууга мүмкүндүк берет. Бул максатта иштелип чыккан жасалма интеллект тармагы диагностика тактыгын 88% денгээлинде көрсөттү. Бул жыйынтыктар алыскы диагностика жана чектелген разряддардын булактарын аныктоо үчүн жаңы радиотехникалык шаймандарды иштеп чыгууга өбөлгө түзөт.

Медициналык геоэкология тармагында (1-сүрөттү к.) COVID-19ду рентген сүрөттөрү аркылуу диагностикалоо үчүн жасалма интеллект тармактары (ЖИТ) иштелип чыккан, бул өпкө ооруларын диагностикалоонун ылдамдыгын, тактыгын жана ишенимдүүлүгүн жогорулатат, эрте аныктоого жана дарылоого жардам берет. Сунушталган чечим COVID-19ду жана КТ-сүрөттөрдөгү жабыркаган жана жалпы өпкө аймактарын сегментациялоо аркылуу оорунун оордугун аныктоо үчүн колдонулушу мүмкүн. Төмөндөгү 11-сүрөттө көрсөтүлгөндөй, сунушталган тармак бул функциялардын баарын аткара алат.

Өпкө ооруларын диагностикалоо үчүн алгач КТ-сүрөттөрү масштабдоо, кесүү, чагылдыруу, айлантуу жана өзгөртүү сыяктуу маалыматтарды көбөйтүү ыкмаларын колдонуу менен алдын ала иштетилет, бул ыкмалар конволюциялык нейрон тармагын үйрөтүү сапатын жакшыртат. Бул ыкмалар үйрөтүүчү маалыматтар топтомуна гана колдонулат.



11-сүрөт – COVID-19ду КТ сүрөттөрү боюнча диагностикалоо үчүн сунушталган ЖИ системасынын иштөө схемасы

"COVID-19" жана "норма" деген классификациялардын негизинде, "COVID-19" деп классификацияланган КТ-сүрөттөрү эки модификацияланган U-Net тармагы менен сегментацияланат: бири өпкөнүн зыяндуу аймактарын аныктоо үчүн, экинчиси сүрөттөгү өпкө аймагын аныктоо үчүн. Өпкөнүн зыяндуулугунун денгээли КТ-сүрөттөрдүн ар бир катмарындагы зыяндуу аймактын жалпы өпкө аянтына карата аянты боюнча аныкталат, андан кийин бардык катмарлар боюнча орточо маани эсептелет.

"COVID-19 CT scans" маалыматтар тобу бул изилдөөдө эки класс (норма жана COVID-19) боюнча классификация жана эки маркер (өпкө аймагы жана инфекция жуккан аймак) боюнча сегментация үчүн колдонулган. Бул топтом жалпы 2112 КТ-катмарларды камтыйт, алардын ичинен 1615 катмарында COVID-19дан улам зыяндар бар.

КТ-маалыматтарынын санариптик даярдыгы эки этапта жүргүзүлөт. Биринчи этапта киргизилген маалыматтардын өлчөмүн нормалдаштыруу жана сүрөттөрдүн күчтүүлүгүн түзөтүү жүргүзүлөт. Бул ар кандай жабдуулар ар кандай орнотууларга ээ болушу мүмкүн жана алардын параметрлери боюнча айырмачылыктарды бериши мүмкүн деп эсептелген КТ-кесилгендерди окутууну жөнөкөйлөтүү үчүн зарыл. КТ-сүрөттөрдүн чечилиши 401×630дан 630×630 чекитке чейин өзгөрүп турат, бул нейрондук тармактарды окутуу үчүн чоң эсептөөлөрдү талап кылат. Бул чектөөнү жеңүү үчүн КТ-сүрөттөрдү масштабдоо зарыл. Бул үчүн өпкө сүрөттөрү бар борбордук аймакты кыркуу жана андан кийин сызыктуу эмес интерполяция ыкмасын колдонуу менен бардык сүрөттөрдүн өлчөмүн 256×256 пикселге өзгөртүү зарыл. Андан кийин гистограмманы теңдештирүү алгоритмине негизделген өзгөртүү ыкмасы колдонулган.

Экинчи этапта ЖИТтин ар кандай тоскоолдуктарга болгон ишенимдүүлүгүн жогорулатуу үчүн кеңейтүү колдонулган, анда баштапкы өлчөмүнөн 80-120%га чейин масштабдаштыруу, вертикалдык жана горизонталдык чагылдыруу, -40°дан 40°га чейин айландыруу, эки өлчөм боюнча 20%га жылдыруу жана -16°дан 16°га чейинки диапозондогу перспектива бурмалоо колдонулган. Мурда айтылгандай, маалыматтарды кеңейтүү тек гана окутуу топтомунда колдонулат, бирок тест топтомунда колдонулбайт. Бул бардыгы окутуу маалыматтарынын ар түрдүүлүгүн жогорулатуу максатында жасалган, бул үчүн жалпы моделдин жалпылаштыруу мүмкүнчүлүгүн кеңейтүү өзгөчө маанилүү, анткени маалыматтар тобу чакан. Жалпысынан аларга тиешелүү инфекция жуккан аймактар жана өпкө аймактарынын маскаралары менен бирге 100 кабат кошумча түрдө жаратылган.

COVID-19ду КТ маалыматтары менен диагноздоо үчүн терең нейрондук тармактын архитектурасы кадимки түрдө Conv2D катмарларынын (активдештирүү функциясы ReLU) жана MaxPooling2D катмарларынын алмашуу стеки катары уюштурулган. Бирок, сунушталган архитектуранын өзгөчөлүгү - киргизилген

маалыматтарды нормалдаштырган BatchNormalization (Пакеттик Нормалдаштыруу) катмарларынын колдонулушу болуп саналат.

Зыян функциясы катары бинардык кросс-энтропия колдонулган. Оптимизатор катары өзгөрүүсүз окутуу ылдамдыгы $l_r=5 \cdot 10^{-4}$ болгон Adam колдонулган. Окутуу учурунда тармактын киргизүүсүнө үч өлчөмдүү КТ-сүрөттүн 2D кабаттары берилген. Бул компьютердик ресурстарды үнөмдөө жана COVID-19ду диагноздоо үчүн тармактын ашыкча окутуусун азайтуу максатында, маалыматтардын көп түрдүүлүгүн камсыз кылуу үчүн жасалган. Окутулган нейрондук тармактын иштөө сапатынын жалпы баасы үчүн, ошондой эле, тактык, ишенимдүүлүк, f_1 баасы жана ROC ийрисинин (Receiver Operating Characteristic, кабыл алгычтын иштөө характеристикасы) астындагы аянты (AUC, Area under ROC curve) сыяктуу сапат көрсөткүчтөрү колдонулган.

Төмөндө, 4-таблицада COVID-19ду диагноздоо үчүн тармактын сапаты боюнча сандык баалоолор көрсөтүлгөн.

4 Таблица – COVID-19ду диагноздоо үчүн тармактын сапатынын сандык баалоолору

	$\theta=0.5$	$\theta=0.19$
Тактык A_c	0.9593	0.9683
Ишенимдүүлүк P_r	0.9762	0.9784
Толуктугу, R_c	0.9704	0.9803
f_1 баасы	0.9733	0.9793
AUC	1	0.99

Шии Ван жазган башка эмгектерге (2022) салыштырмалуу, окшош дайындар жыйынтыгын колдонуу менен классификациянын тактыгын 2% га, башкача айтканда 94.52% дан 96.83% га жогорулатууга мүмкүн болду. Салыштырмалуу 9% га жогорулаштыруу кошумча коюлган нормалдаштыруу катмарлары жана маалыматтардын кошулушу менен түшүндүрүлөт. Өпкөнүн зыянга учураган деңгээлин аныктоо милдети КТ сүрөттөрүнүн катмарлары боюнча эки класста – зыянга учураган жана ден соолугу чын аймактар боюнча семантикалык сегментация катары белгиленди. Ошондой эле, өпкөгө таандык жана ага таандык эмес аймактарга КТ катмарларын сегментациялоо милдети да чечилиши керек. Ошентип, бул милдетти чечүү үчүн эки терең нейрондук тармактарды окутуу керек – зыянга учураган аймакты жана өпкөнүн аймагын аныктоо үчүн өзүнчө. Окутуу учурунда үч өлчөмдүү КТ-сүрөттөрүнүн 2D катмарлары тармактарга берилди. Бул компьютердик ресурстарды үнөмдөө жана маалыматтардын диверсификациясын камсыз кылуу үчүн жасалган, ошондой эле COVID-19дун зыяндуу аймагын аныктоо үчүн тармактын ашыкча окутуусун азайтуу максатында гана чектелген сандагы зыяндуу белгилери бар эки өлчөмдүү катмарлар колдонулган. Бул терең нейрондук тармактын жалпы кабыл алынган U-Net тармагынын архитектурасынан айырмаланып, бир нече пакеттик нормалдаштыруу катмарларын (BatchNormalization) колдонот, ал өз

киргизүүлөрүн нормалдаштырат. Айтылгандай, пакеттик нормалдаштыруу 0га жакын орточо чыгууну жана 1ге жакын стандарттуу четтөөнү сактоочу өзгөртүүнү ишке ашырат.

Жоготуу функциясы катары, биз мындай метрикану сунуштайбыз:

$$loss(y, \hat{y}) = \frac{1}{2} c(y, \hat{y}) + \frac{1}{2} (1 - s(y, \hat{y})), \quad (27)$$

мында y – 1 жана 0ден турган матрица, ал өпкөнүн зыянга учураган жана ден соолугу чын участкаларын сүрөттөйт, $\hat{y}$ – тармактын чыгышы, c – бинардык кросс-энтропия, ал эми s – Сёренсен метрикасы, бул максаттуу функция катары тандалган:

$$s(y, \hat{y}) = \frac{2 \sum_i^N (y_i \hat{y}_i)}{\sum_i^N y_i + \sum_i^N \hat{y}_i + 1}. \quad (28)$$

Бул эле дайындар жыйынтыгы башка иштерде да колдонулган (Ван Шии 2022), ал эми биздин иштеги терең нейрондук тармактын тактыгы алардыкынан жогору, $s = 0.87$ бизде, ал эми аларда болсо 0.78. 9% жакшыртуу кошумча нормалдаштыруу катмарлары жана маалыматтардын кошулушу, ошондой эле тандап алынган жоготуу функциясы менен түшүндүрүлөт.

Ошентип, бир тармак КТ-снимкадагы өпкөнүн зыянга учураган аймактарын аныктайт, ал эми экинчи тармак – сүрөттүн өпкөгө таандык аймагын аныктайт. 13-жана 15-сүрөттөрдө көрсөтүлгөндөй, дарыгерлер аныктаган жана нейрондук тармак курган инфекция жуккан аймактардын жана өпкө аймактарынын маскалары визуальдык жактан дээрлик дал келишет. Бул жыйынтык, КТ-сүрөттөрдү алууда ар кандай жабдуулар колдонулгандыктан келип чыккан киргизүүлөрдөн улам, нейрондук тармактын сезгичтигин төмөндөтүү менен жетишилген. Андан кийин өпкөнүн зыянга учураган аймагынын аянты, срездеги өпкө аянтына карата аныкталат. Өпкөнүн зыянга учураган аянтынын акыркы деңгээли бардык срездер боюнча зыянга учураган аянттын орточо мааниси катары аныкталат.

Алтынчы бөлүм «Геоэкологиялык процесстерди мониторингдөө системаларынын программалык интерфейстерин иштеп чыгуу» интерфейс жыйынтыктоочу системаларынын компоненттеринин натыйжалуу интеграциясын жана өз ара аракеттенүүсүн камсыздоодогу маанилүү болгон маалыматтарды чогултуудан баштап, алардын көрсөтүлүшүнө жана башка системалар менен өз ара аракеттенүүгө чейинки ролун карайт. Кросс-платформалык архитектураны иштеп чыгуу жана аны ар кандай түзүлүштөр жана кызматтар, анын ичинде картографиялык кызматтар жана GPS менен интеграциялоо өзгөчө мааниге ээ. Интерфейс жыйынтыктоочу системаларынын мониторинг системаларынын ишинин натыйжалуулугун жогорулатуудагы салымы талданат, бул маалыматтарды иштетүүнү, түзүлүштөрдү башкарууну жана колдонуучулар менен өз ара аракеттенүүнү камтыйт. Мындай жыйынтыктоочу системалар маалыматтарды чогултуунун жана талдоонун тактыгы менен ишенимдүүлүгүн жогорулатып гана тым болбостон, колдонуучунун тажрыйбасын жакшыртып, ар кандай колдонуучулардын муктаждыктары үчүн күчтүү жана адаптивдүү инструменттерди камсыз кылат.

Өндүрүштүк геоэкология тармагында (1-сүрөттү к.) индуктивдүү сенсорлордун параметрлерин өлчөө үчүн программалык компонент иштелип чыккан. Индуктивдүү сенсор компоненттери менен иштөө үчүн ЛКАРД E502 маалыматтарды чогултуу түзүлүшү аркылуу иштеген программалык архитектура түзүлдү. Программалык чечимдердин кросс-платформалык функционалдуулугун камсыз кылууга өзгөчө көңүл бурулуп, аларды Windows, Linux жана Android сыяктуу ар түрдүү операциондук системаларда модификациясыз колдонууга мүмкүндүк берет. Бул иштелип чыккан программалык каражаттардын универсалдуулугун жана адаптациялануучулугун белгилейт, бул алардын ар түрдүү маалыматтык системаларга кеңири интеграцияланышына көмөктөшөт.

Архитектура негизги кодду жана платформадан көз каранды бөлүктү бөлүп турат, бул ар кандай операциондук системаларга ылайыкташтырууну жөнөкөйлөтөт. Маалыматтарды чогултуу түзүлүшүнө туташуу USB же Ethernet аркылуу жүзөгө ашырылышы мүмкүн, мында тармактык орнотуулар жана драйверлер ар түрдүү операциондук системалар менен шайкештикти камсыз кылуу үчүн туура келиши керек.

Иштелип чыккан система графикалык колдонуучу интерфейси жана ар кандай аппараттык орнотуулар менен иштөөгө ылайыкталган драйверлерди камтыйт. Программалык каражаттар Python тилинде жазылган, бул ар кандай платформаларда иштеп чыгуу жана тестирлөөнүн ыңгайлуулугун камсыз кылат. Программа индуктивдүү сенсорлорду колдонуп өлчөө жүргүзүүгө, түзүлүштүн маалыматтарын жана орнотууларын башкарууга, ошондой эле алынган маалыматтарды реалдуу убакыт режиминде иштетүүгө жана визуалдаштырууга мүмкүндүк берет.

Колдонуучу интерфейсинин негизги элементтери – толук комплекстүү каршылыктын жыштыктан көз карандылыгы графиги, талаалар жана өлчөө процессин баштоо баскычы.

Ошондой эле, өндүрүштүк геоэкология тармагында электр линияларын мониторингдөө системасы үчүн программалык компонент иштелип чыккан, бул бузулууларды аныктоонун өнүккөн чечими болуп саналат. Бул санариптик технологияларды колдонуу менен ишенимдүүлүгү жана тактыгы жогорулатылган заманбап мониторинг системасы болуп саналат. Түзүлүш жер астындагы кабелдердин жогорку тыгыздыгы жана маанилүү электромагниттик тоскоолдуктар шартында иштөөгө жөндөмдүү.

Системанын программалык камсыздоосу аппараттык камсыздоо менен интеграцияланып, микролокациялоочу түзүлүштөрдүн конфигурациясын жаныртуу, конфигурациялоо, системанын диагностикасы жана сканерлөө маалыматтарын башкаруу үчүн иштелип чыккан. Сунушталган чечим башкаруу жана индикация интерфейстери катары заманбап мобилдик жана планшеттик түзүлүштөрдү колдонууга мүмкүндүк берет, бул массалык жана өлчөмдөрдүн мүнөздөмөлөрүн азайтып, түзүлүштү колдонууга жөнөкөй кылат. Система түзүлүштөргө USB жана

Ethernet аркылуу туташуу мүмкүнчүлүгүн берип, колдонууда жогорку ийкемдүүлүктү камсыз кылат. ЛКАРД E502 маалыматтарды чогултуу платформасы реалдуу убакыт режиминде аналогдук жана санариптик сигналдарды иштете алган универсалдуу киргизүү/чыгаруу интерфейси болуп саналат.

Программалык компонент ошондой эле Python тилинде иштелип чыккан, бул ар кандай маалыматтарды талдоо жана натыйжаларды интерактивдүү визуалдаштыруу үчүн ар кандай китепканаларды жана модулдарды оңой интеграциялоого мүмкүндүк берет. Вейвлет өзгөртүүлөрүн жана санариптик маалыматтарды фильтрациялоону колдонуу сигналдарды иштетүү сапатын жакшыртат жана кабелдик трассалардын жайгашкан жерин аныктоонун тактыгын жогорулатат.

Ошондой эле, ЛКАРД E502 маалыматтарды чогултуу түзүлүшүнө негизделген жана Python тилинде жазылган электр линияларын мониторингдөө системасынын мобилдик программалык компоненти иштелип чыккан, бул маалыматтарды иштетүү жана визуалдаштыруу үчүн колдонулат. Бул компоненттин өзгөчөлүгү анын ар кандай операциондук системалары бар стационардык компьютерлерден мобилдик түзүлүштөргө чейин ар кандай эсептөө түзүлүштөрүндө иштей алуусунда. Бул потенциалдуу колдонуучуларды көбөйтөт жана GPS кабылдагычы жана магниттик компас сыяктуу орнотулган функцияларды колдонуу менен системанын функционалдык мүмкүнчүлүктөрүн кеңейтет. Программалык компонент Kivy инструменталдык каражатын колдонуп иштелип чыккан, ал ар кандай платформаларда жогорку өндүрүмдүүлүккө жана иштөөгө жөндөмдүү графикалык колдонуучу интерфейсин түзүүгө мүмкүндүк берет. Ошондой эле, ар кандай түзүлүштөр менен шайкештикти камсыз кылуу үчүн маалыматтарды визуалдаштыруу китепканасын жана маалыматтарды чогултуу платасынын драйверин адаптациялоо камтылган.

Геологиялык чөйрөнүн динамикасы тармагында (1-сүрөттү к.) программалык компонент иштелип чыккан, бул радиотолкундуу талдоо системасы, ал Software-Defined Radio (SDR) технологиясы аркылуу тоо тектерин өлчөө параметрлерин өлчөө үчүн иштелип чыккан, бул өлчөө процессин башкарууга жана системанын параметрлерин ар кандай эксперименталдык шарттарга ылайыкташтырууга мүмкүндүк берет. Система ар кандай жыштыктарда иштөөгө жөндөмдүү, баасы боюнча оптималдаштырылган жана колдонуучу интерфейси аркылуу орнотууларды башкаруу мүмкүнчүлүгүнө ээ. Системанын негизги элементтерине SDR, маалыматтарды чогултуу үчүн микротилкелүү антенналар жана алынган маалыматтарды талдоо үчүн программалык камсыздоо кирет.

HackRF One колдонулган SDR тоо тектерин анализдөөнүн милдеттери үчүн жетиштүү техникалык мүнөздөмөлөргө жана жеткиликтүүлүккө ээ болгондуктан тандалган. Программалык бөлүгү GNU Radio Companion аркылуу ишке ашырылып, параметрлерди ийкемдүү башкарууну жана натыйжаларды реалдуу убакыт режиминде визуалдаштырууну камсыз кылат.

Система үлгүлөрдүн диэлектрдик өтүмдүүлүгү жана өткөргүчтүгү сыяктуу электрдик касиеттерин эркин мейкиндик ыкмасы менен талдоого мүмкүндүк берет, бул ыкма радиотолкундардын үлгүдөн өткөн амплитудасы жана фазасын каттайт. Бул геофизикалык изилдөөлөр үчүн экономикалык жактан натыйжалуу жана технологиялык жактан өнүккөн чечимди сунуш кылуу менен жаңы мүмкүнчүлүктөрдү ачат.

Медициналык геоэкология тармагында (1-сүрөттү к.) TensorFlow Lite машиналык окутуу платформасынын негизинде Android мобилдик тиркемесинин прототиби иштелип чыккан. TensorFlow Litening негизги өзгөчөлүктөрүнө мобилдик жана орнотулган түзүлүштөр үчүн оптималдаштыруу, ар кандай платформаларды жана программалоо тилдерин колдоо, ошондой эле аппараттык тездетүү аркылуу жогорку өндүрүмдүүлүк кирет. Тиркеменин прототиби сүрөттөрдү классификациялоого, нейрон тармагынын иштөө режимдерин башкарууга, иштетүү агымдарынын санын жана аткаруу түзүлүшүн (CPU же GPU) тандоого мүмкүндүк берет. Тиркеменин колдонуучусу таанылган класстар жөнүндө маалымат жана тиркеменин иштөө чоо-жайы сыяктуу маалыматтарды ала алат, бул программалык каражаттарды иштетүү жана тестирилөөгө пайдалуу.

Ошондой эле, рентген сүрөттөрүнүн базасын жаңыртуу жана аудиторияны кеңейтүү үчүн Telegram-бот иштелип чыккан. Боттун колдонууга ыңгайлуулугу анын популярдуу мессенджер Telegram аркылуу иштешинде жана кошумча тиркемелерди орнотууну талап кылбагандыгында турат.

Колдонуучулар ботко өпкөнүн рентген сүрөттөрүн жөнотө алышат, ал сүрөттөрдү терең нейрон тармактарынын жардамы менен талдап, алдын ала диагностика же сунуштарды берет. Колдонуучулардын маалыматтары корголгон жана шифрленген түрдө сакталат. Маалыматтарды башкаруу үчүн түзүлгөн веб-интерфейс адистерге сүрөттөрдү талдоого жана аннотацияларды кошууга, ошондой эле колдонуучулардын маалыматтарын башкарууга мүмкүнчүлүк берет. Программалык компоненттер Python тилинде Flask фреймворку жана SQLite маалыматтар базасы колдонулуп иштелип чыккан, бул учурдагы жасалма интеллект ыкмаларын так диагностика үчүн интеграциялоого мүмкүндүк берет.

Диссертациянын жыйынтыгында илимий изилдөөлөрдүн жана иштеп чыгуулардын жыйынтыгы чогултулган, ошондой эле эмгекте изилденген илимий-методологиялык маселелердин чөйрөсү келтирилген.

Тиркемеде иштелип чыккан жасалма интеллект системаларынын эксперименталдык изилдөөлөрүнүн жыйынтыктары жана изилдөөлөрдүн жыйынтыгын киргизүү актылары берилген.

ЖЫЙЫНТЫК

Жүргүзүлгөн илимий изилдөөлөрдүн натыйжасында төмөнкү негизги жыйынтыктар алынган.

1. Геоэкологиялык процесстерди мониторинг кылуу ыкмаларынын учурдагы абалына комплекстүү анализ жүргүзүлдү. Изилдөө учурунда геоэкологиялык мониторинг тармагында бар болгон негизги аспектилер жана көйгөйлөр аныкталды, бул интеллектуалдык ыкмалар менен маалыматтарды чогултуу жана талдоо методдорун иштеп чыгууга негиз болду.
2. Геоэкологиялык мониторинг системаларына жасалма интеллект методдорун интеграциялоо концепциясы иштелип чыгып, негизделди. Бул геоэкологиялык процесстерди идентификациялоонун жана божомолдоонун тактыгын жогорулатууга мүмкүндүк берди.
3. Интеллектуалдык маалымат-өлчөөчү системаларды түзүүнүн принциптери иштелип чыгып, ишке ашырылды, бул аппараттык жана программалык компоненттердин геоэкологиялык маалыматтарды өлчөө жана талдоо үчүн натыйжалуу өз ара аракеттенүүсүн камсыз кылды.
4. Антенна параметрлерин оптималдаштыруу үчүн ЖИТ колдонгон радиотолкундуу антенналык модулдарды долбоорлоо методологиясы иштелип чыгып, антенналардын натыйжалуулугун жана функционалдуулугун жогорулатты.
5. Сенсорлордун индуктивдүү компоненттеринин параметрлерин өлчөө үчүн жакшырылган ыкмалар жана түзүлүштөр иштелип чыкты, бул терең нейрон тармактарынын жардамы менен алардын абалын мониторинг кылуунун тактыгын жана ишенимдүүлүгүн тышкы таасирлер шартында бир кыйла жогорулатууга мүмкүндүк берди.
6. Маалыматтардагы ар кандай өзгөчөлүктөрдү эске алууга мүмкүндүк берген базалык вейвлеттин кошумча жөндөлүүчү параметрлерин камтыган убакыт катарларын иштеп чыгуу үчүн адаптивдүү мультивейвлеттик тармактын жаңы түзүмү сунушталды.
7. Медициналык КТ жана рентген сүрөттөрүн идентификациялоо үчүн терең конволюциялык нейрон тармактарынын түзүмдөрү иштелип чыгып, бул өпкө ооруларын диагностика кылуу жана мониторинг жүргүзүүнү жакшыртты.
8. Терең нейрон тармагына негизделген электр чубалгыларынын кемчиликтерин аныктоонун жана идентификациялоонун жаңы ыкмасы иштелип чыгып, бул алардын ишенимдүүлүгүн жана коопсуздугун жогорулатууга өбөлгө түздү.

ПРАКТИКАЛЫК СУНУШТАР

- Диссертациялык изилдөөлөрдүн натыйжалары төмөнкүдө колдонулушу мүмкүн:
- геоэкологиялык мониторингдин натыйжалуулугун жогорулатуу үчүн, бул геоэкология тармагында башкаруу процесстерин оптималдаштырууга өбөлгө түзөт;
 - экологиядагы маалыматтарды талдоодо жана жасалма интеллект жаатындагы мындан аркы изилдөөлөрдө, бул санариптик технологиялардын өнүгүшүнө өбөлгө түзөт;

- интеллектуалдык мониторинг системаларынын негизинде коммерциялык продукт катары, алар экологиялык консалтинг жана аудит менен алектенген компанияларга сунушталышы мүмкүн;
- эл аралык долбоорлорду жана глобалдык экологиялык көйгөйлөрдү чечүүгө багытталган изилдөөлөрдү ишке ашыруу аркылуу эл аралык илимий кызматташтыкты чыңдоо үчүн;
- геоэкология жана маалыматтык технологиялар боюнча адистештирилген жогорку окуу жайларынын билим берүү программаларына интеграциялоо аркылуу адистерди даярдоонун сапатын жогорулатуу үчүн.

ДИССЕРТАЦИЯ ТЕМАСЫ БОЮНЧА ЖАРЫЯЛАНГАН ИШТЕРДИН ТИЗМЕСИ

1. Верзунов, С. Н. Аналитический обзор систем мониторинга геоэкологических процессов [Текст] / С. Н. Верзунов, И. В. Брякин // Проблемы автоматизации и упр. – 2024. – № 1 (49). – С. 78–93. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кирүү режими: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=67210021>.
2. Брякин, И. В. Методы предварительной обработки результатов физического эксперимента [Текст] / И. В. Брякин, С. Н. Верзунов, Н. М. Лыченко. – Бишкек: ИАИТ, 2017. – 97 с. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кирүү режими: <https://imash.kg/page/metody-predvaritelnoj-obrabotki>.
3. Верзунов, С. Н. Сравнительный анализ возможностей мультивейвлетной нейросетевой модели для решения задач прогнозирования [Текст] / С. Н. Верзунов, Н. М. Лыченко // Вестн. Кырг.-Рос. Славян. ун-та. – 2019. – Т. 19, № 4. – С. 39–45. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кирүү режими: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38171888>.
4. Верзунов, С. Н. Мультивейвлетная полиморфная сеть для прогнозирования геофизических временных рядов [Текст] / С. Н. Верзунов, Н. М. Лыченко // Проблемы автоматизации и упр. – 2017. – № 1 (32). – С. 78–87. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кирүү режими: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29305142>.
5. Верзунов, С. Н. Полиморфная вейвлет-сеть с обратными связями для идентификации нестационарных временных рядов [Текст] / С. Н. Верзунов, Н. М. Лыченко // Проблемы автоматизации и упр. – 2017. – № 2 (33). – С. 52–61. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кирүү режими: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30780906>.
6. Verzunov, S. N. Non-stationary time series forecasting based on multiwavelet polymorphic network [Text] / S. N. Verzunov, N. M. Lychenko // Modeling, Optimization and Information Technology. – 2018. – Vol. 6, N 4 (23). – P. 143–154. – DOI 10.26102/2310-6018/2018.23.4.012. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кирүү режими: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37112921>.
7. Верзунов, С. Н. Аппроксимация временных рядов полиморфной вейвлет-сетью с обратными связями [Текст] / С. Н. Верзунов, Н. М. Лыченко // Мат. структуры и

- моделирование. – 2016. – № 2 (38). – С. 16–26. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кирүү режими: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26283582>.
8. Верзунов, С. Н. Технология прогнозирования экологических параметров окружающей среды на базе мультивейвлетной сети [Текст] / С. Н. Верзунов, Н. М. Лыченко // Вестн. Кырг.-Рос. Славян. ун-та. – 2017. – Т. 17. – № 12. – С. 145–149. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кирүү режими: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32545404>.
 9. Верзунов, С. Н. Двойной Т-образный фильтр для цифрового трёхкомпонентного индукционного магнитометра [Текст] / В. В. Ханасова, С. Н. Верзунов // Вестн. Кырг.-Рос. Славян. ун-та. – 2017. – Т. 17, № 5. – С. 101–104. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кирүү режими: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29729484>.
 10. Верзунов, С. Н. Цифровой трехкомпонентный индукционный вариометр с двойными Т-образными фильтрами [Текст] / С. Н. Верзунов, В. В. Ханасова // Изв. Нац. АН Кырг. Респ. – 2016. – № 2. – С. 6–9. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кирүү режими: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27398128>.
 11. Верзунов, С. Н. Сравнение глубоких нейронных сетей на основе различных предварительно обученных CNN для диагностики COVID-19 по рентгеновским снимкам [Текст] / С. Н. Верзунов, Х. А. Раимжанов // Проблемы автоматизации и упр. – 2021. – № 1 (40). – С. 12–25. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кирүү режими: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45678650>.
 12. Раимжанов, Х. А. Автоматизированная система диагностики COVID-19 на основе рентгеновских снимков [Текст] / Х. А. Раимжанов, С. Н. Верзунов // Современные техника и технологии в научных исследованиях: сб. материалов XIV Междунар. конф. молодых ученых и студентов, Бишкек, 27-29 апр. 2022 г. / отв. ред. О. Б. Забинякова. – Бишкек, 2022. – С. 401–405. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кирүү режими: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49802438>.
 13. Verzunov, S. N. Device for Measuring Parameters of Coils of Induction Magnetometers [Text] / S. N. Verzunov, I. V. Bochkarev, V. R. Khramshin // Proceedings - 2020 International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2020, Sochi, 06-12 sept. 2020 г. – Sochi, 2020. – P. 699–703. – DOI 10.1109/RusAutoCon49822.2020.9208108. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кирүү режими: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44757427>.
 14. Verzynov, S. N. Development of line locator software component for mobile operating systems [Text] / S. N. Verzynov, I. V. Bochkarev, V. R. Khramshin // Proceedings - 2020 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2020, Sochi, 18-22 мая 2020 г. – Sochi, 2020. – P. 1-5. – DOI 10.1109/ICIEAM48468.2020.9112019. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кирүү режими: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43301381>.
 15. Intelligent System of Partial Discharge Diagnostics in Power Mains [Text] / S. N. Verzunov, I. V. Bochkarev, V. Khramshin, M. G. Gunina // Proceedings 2023 International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon), Magnitogorsk, 29 sept. – 01 oct. 2023 г., IEEE. – 2023. – P. 685–689. – DOI 10.1109/UralCon59258.2023.10291050. –

- Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кируу режими: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54912645>.
16. Verzunov, S. N. Intelligent Monitoring System of Underground Cable Network Faults [Text] / S. N. Verzunov, I. V. Bochkarev, V. R. Khramshin // International Russian Automation Conference: Proceedings 2022 International Russian Automation Conference (RusAutoCon), Sochi, 04-10 sent. 2022 г. – Danvers, 2022. – P. 950–955. – DOI 10.1109/RusAutoCon54946.2022.9896255. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кируу режими: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50052714>.
 17. Верзунов, С. Н. Разработка системы сбора и визуализации данных для цифрового трёхкомпонентного индукционного магнитометра [Текст] / С. Н. Верзунов, Д. А. Токсаитов // Проблемы автоматизации и упр. – 2018. – № 2 (35). – С. 103–108. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кируу режими: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36737684>.
 18. Верзунов, С. Н. Способы оптимизации расчёта 3D графики для тайловых графических процессоров на примере визуализации моделирования гравитационного взаимодействия N тел [Текст] / С. Н. Верзунов, Д. А. Токсаитов // Проблемы автоматизации и упр. – 2018. – № 1 (34). – С. 26–35. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кируу режими: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35590541>.
 19. Верзунов, С. Н. Система диагностики возникновения частичного разряда в надземных силовых электросетях на основе интеллектуального анализа данных в HF-диапазоне [Текст] / С. Н. Верзунов, И. В. Бочкарев // Электротехн. системы и комплексы. – 2023. – № 3 (60). – С. 4–14. – DOI 10.18503/2311-8318-2023-3(60)-4-14. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кируу режими: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54609614>.
 20. Верзунов, С. Н. Разработка программного компонента трассонкателя на базе устройства сбора данных Л КАРД Е502 [Текст] / С. Н. Верзунов, И. В. Бочкарев // Электротехн. системы и комплексы. – 2018. – № 2 (39). – С. 42–48. – DOI 10.18503/2311-8318-2018-2(39)-42-48. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кируу режими: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35162297>.
 21. Верзунов, С. Н. Разработка интеллектуальной системы экспресс анализа физических свойств твердотельных структур геоматериалов [Текст] / А. У. Касимова, С. Н. Верзунов // Математическое и компьютерное моделирование: сб. материалов X Междунар. науч. конф., Омск, 10 фев. 2023 г. – Омск, 2023. – С. 122–124. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кируу режими: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50349417>.
 22. Верзунов, С. Н. Разработка устройства для экспресс анализа физических свойств геоматериалов [Текст] / С. Н. Верзунов, А. У. Касимова // Математические и компьютерные моделирование физических процессов: материалы Респ. науч.-практ. конф., посвящ. 20-летию изучения и развития естеств., точных и мат. дисциплин в сфере науки и образования, Душанбе, 09 фев. 2023 г. – Душанбе, 2023. – С. 101–107. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кируу режими: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54923502>.
 23. Верзунов, С. Н. Разработка программно-определяемой радиосистемы для измерения физических свойств геоматериалов [Текст] / А. У. Касимова, С. Н. Верзунов // Проблемы автоматизации и упр. – 2023. – № 1 (46). – С. 59–64. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кируу режими: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=53752273>.
 24. Верзунов, С. Н. Обзор и анализ современных методов измерения диэлектрической проницаемости горных пород [Текст] / А. У. Касимова, С. Н. Верзунов // Проблемы автоматизации и упр. – 2022. – № 1 (43). – С. 33–49. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кируу режими: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48227473>.
 25. Верзунов, С. Н. Программные средства для сбора и анализа геоэкологических данных с помощью устройства Л Кард [Электрондук ресурс] / С. Н. Верзунов, В. В. Кириллова // Вестн. Кырг.-Рос. Славян. ун-та. – 2018. – Т. 18, № 4. – С. 43–47. – Кируу режими: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35017312>.
 26. Верзунов, С. Н. Анализ и ARIMA-модели динамики изменения концентрации PM2.5 в атмосферном воздухе г. Бишкек [Текст] / С. Н. Верзунов, Н. М. Лыченко // Проблемы автоматизации и упр. – 2019. – № 1 (36). – С. 147–155. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кируу режими: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39323436>.
 27. Верзунов, С. Н. Краткосрочное прогнозирование индекса качества воздуха на основе ARIMA-моделей [Текст] / С. Н. Верзунов, Н. М. Лыченко // Математическое и компьютерное моделирование: сборник материалов VII Международной научной конференции, посвященной памяти С.С. Ефимова, Омск, 22 ноября 2019 года. – Омск: Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, 2020. – С. 76–78. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кируу режими: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43793827>.
 28. Модели прогноза уровня загрязнения атмосферного воздуха г. Бишкек [Текст] / Н. М. Лыченко, Л. И. Великанова, С. Н. Верзунов, А. В. Сорокова // Вестн. Кырг.-Рос. Славян. ун-та. – 2021. – Т. 21, № 4. – С. 87–95. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кируу режими: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45932557>.
 29. Верзунов, С. Н. Концепция интеллектуальной системы геоэкологического мониторинга [Текст] / С. Н. Верзунов // Проблемы автоматизации и упр. – 2023. – № 2 (47). – С. 91–108. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кируу режими: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54265211>.
 30. Верзунов, С. Н. Способ оптимизации конструктивных параметров ячеек-резонаторов микрополосковых антенн на основе интеллектуального анализа данных [Текст] / С. Н. Верзунов // Электротехн. системы и комплексы. – 2022. – № 3 (56). – С. 54–64. – DOI 10.18503/2311-8318-2022-3(56)-54-64. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кируу режими: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49505384>.
 31. Верзунов, С. Н. Диагностика различных видов пневмонии по рентгеновским снимкам грудной клетки [Текст] / С. Н. Верзунов // Проблемы автоматизации и упр. – 2022. – № 1 (43). – С. 84–94. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кируу режими: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48227477>.
 32. Верзунов, С. Н. Система искусственного интеллекта для диагностики COVID-19 по КТ-снимкам [Текст] / С. Н. Верзунов // Проблемы автоматизации и упр. – 2022. – № 3 (45). – С. 119–134. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кируу режими: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50020290>.

- 33.Верзунов, С. Н. Система искусственного интеллекта для онлайн мониторинга подземных силовых кабельных линий на основе технологий глубокого обучения [Текст] / С. Н. Верзунов // Проблемы автоматизации и упр. – 2021. – № 3 (42). – С. 83–94. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кируу режими: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47242282>.
- 34.Верзунов, С. Н. Разработка программной части устройства для измерения параметров индуктивных компонентов магнитометров [Электрондук ресурс] / С. Н. Верзунов // Вестн. Кырг.-Рос. Славян. ун-та. – 2020. – Т. 20, № 12. – С. 136–144. – Кируу режими: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44744348>.
- 35.Верзунов, С. Н. Прогноз дальности видимости в аэропорту Манас с применением методов глубокого обучения [Текст] / С. Н. Верзунов // Молодой ученый. – 2020. – № 19 (309). – С. 112–119. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кируу режими: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42838621>.
- 36.Верзунов, С. Н. Разработка кроссплатформенного программного компонента трассоискателя [Текст] / С. Н. Верзунов // Проблемы автоматизации и упр. – 2020. – № 1 (38). – С. 50–59. – DOI 10.5281/zenodo.3904110. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кируу режими: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43980500>.
- 37.Верзунов, С. Н. Способ измерения параметров индуктивного компонента магнитометров на основе метода преобразования полного сопротивления в напряжение [Текст] / С. Н. Верзунов // Современные техника и технологии в научных исследованиях: сб. материалов XI Междунар. конф. молодых ученых и студентов, Бишкек, 24–26 апр. 2019 г.: в 2-х т. – Бишкек, 2019. – Т. 2. – С. 53–59. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кируу режими: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38527170>.
- 38.Верзунов, С. Н. Применение глубоких нейронных сетей для краткосрочного прогноза дальности видимости [Текст] / С. Н. Верзунов // Проблемы автоматизации и упр. – 2019. – № 1 (36). – С. 118–130. – DOI 10.5281/zenodo.3253019. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кируу режими: <https://elibrary.ru/item.asp?id=39323433>.
- 39.Верзунов, С. Н. Гибридная модель прогнозирования временных рядов на основе полиморфной вейвлет-сети [Текст] / С. Н. Верзунов // Современные техника и технологии в научных исследованиях: сб. материалов X Междунар. конф. молодых ученых и студентов, Бишкек, 18–20 апр. 2018 г. – Бишкек, 2018. – С. 351–357. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кируу режими: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35443534>.
- 40.Верзунов, С. Н. Способ измерения параметров катушек индуктивности магнитометров и его реализация на основе платы сбора данных Л Кард Е 502 [Текст] / С. Н. Верзунов // Проблемы автоматизации и упр. – 2018. – № 2 (35). – С. 94–102. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кируу режими: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36737681>.
- 41.Верзунов, С. Н. Электронный каталог журналов научного издательства на базе Wordpress [Текст] / С. Н. Верзунов // Проблемы автоматизации и упр. – 2017. – № 1 (32). – С. 88–94. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кируу режими: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29305143>.
- 42.Верзунов, С. Н. Обзор методов разработки приложений для гетерогенных параллельных вычислительных систем [Текст] / С. Н. Верзунов // Проблемы автоматизации и упр. – 2017. – № 2 (33). – С. 62–71. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кируу режими: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30780907>.
- 43.Верзунов, С. Н. Определение К-индекса геомагнитной активности [Текст] / С. Н. Верзунов // Проблемы автоматизации и упр. – 2016. – № 1 (30). – С. 47–54. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кируу режими: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26718289>.
- 44.Верзунов, С. Н. Цифровая обработка сигналов [Текст]: учеб.-метод. пособие для выполнения практ. работ по курсу / С. Н. Верзунов, М. С. Осмонов. – Бишкек: КРСУ, 2018. – 72 с. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кируу режими: <https://imash.kg/media/uploads/2024/05/03/65.pdf>.
- 45.Верзунов, С. Н. Практикум по дисциплине системы искусственного интеллекта: направление подготовки «Программная инженерия» [Текст]: учеб.-метод. пособие / С. Н. Верзунов. – Бишкек: КРСУ, 2022. – 45 с. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кируу режими: <https://imash.kg/page/praktikum-po-discipline-sistemy/>.
- 46.Верзунов, С. Н. Мониторинг и идентификация геоэкологических процессов на базе интеллектуального анализа данных [Текст] / С. Н. Верзунов. – Бишкек: Илим, 2022. – 168 с. – ISBN 978-9967-12-943-6. – Ошол эле: [Электрондук ресурс]. – Кируу режими: <https://elibrary.ru/item.asp?id=53697468>.
- 47.А.с. № 708 от 06.08.2021 «OJS2ELIBRARY». Программа для конвертации метаданных выпусков журналов из системы OPEN JOURNAL SYSTEM в систему MURKUP.ELIBRARY.RU [Электрондук ресурс] / С. Н. Верзунов, А. А. Реуш. – 1 с. – Кируу режими: <https://imash.kg/page/ojs2elibrary-programma/>.
- 48.А.с. № 443 от 21.12.2016 Плагин WordPress для создания электронной библиотеки. (METAMAKER) [Электрондук ресурс] / С. Н. Верзунов. – 1 с. – Кируу режими: <https://drive.google.com/file/d/1H4FTOd9UHnIAITa3F3kM8sUhf2xkOUR1/view>.
- 49.А.с. № 519 от 27.08.2018 Программный компонент трассоискателя на базе устройства сбора данных Л КАРД Е502, ПК ПЕРСПЕКТИВА [Электрондук ресурс] / С. Н. Верзунов. – 1 с. – Кируу режими: <https://drive.google.com/file/d/1NHJbq10DL-13erOwHKnqesWjk6hy2hSn/view>.
- 50.А.с. № 770 от 03.10.2022 «LUNG HEALTH» мобильное приложение для мониторинга и идентификации заболеваний легких на базе интеллектуального анализа данных [Электрондук ресурс] / С. Н. Верзунов. – 1 с. – Кируу режими: <https://imash.kg/page/lung-health-mobilnoe-prilozhenie/>.
- 51.А.с. № 772 от 03.10.2022 «LCR METER» программные средства для измерения параметров индуктивного компонента магнитометра на базе интеллектуального анализа данных [Электрондук ресурс] / С. Н. Верзунов. – 1 с. – Кируу режими: <https://imash.kg/page/lcr-meter-programmnye/>.
- 52.Пат. № 1844 Кыргызская Республика, 29 февраль 2016 г. Верзунов, С. Н. Способ определения К-индекса геомагнитной активности с помощью полиморфной вейвлет-сети [Электрондук ресурс] / С. Н. Верзунов; Государственная служба интеллектуальной собственности и инноваций при правительстве Кырг. Респ. – Заяв. 18.05.2015; Опубл. 31.03.2016, Бюл. № 3. – 11 с. – Кируу режими: <https://drive.google.com/file/d/1uhyTbWZLPiD2MSSgndHu6cMooCRlFw13/view?pli=1>.

Верзунов Сергей Николаевичтин «Интеллектуалдык маалыматтарды талдоонун негизинде геоэкологиялык процесстерге мониторинг жүргүзүү жана аныктоо методдорун иштеп чыгуу» деген темада 05.13.01 – системалык талдоо, маалыматтарды башкаруу жана иштеп чыгуу адистиги боюнча техника илимдердин доктору окумуштуулук даражасын алуу үчүн диссертациясынын

РЕЗЮМЕСИ

Негизги сөздөр: жасалма интеллект, машиналык үйрөнүү, маалыматтарды иштеп чыгуу, геоэкологиялык мониторинг, маалыматтарды алдын ала иштеп чыгуу, маалыматтарды классификациялоо, концепция, прогностикалык моделдер, маалыматтарды башкаруу.

Изилдөө методдору: системалык талдоо методдору, компьютердик моделдөө, эксперименталдык маалыматтарды иштеп чыгуу методдору, ошондой эле заманбап жасалма интеллект жана кроссплатформалык программалоо технологиялары.

Изилдөөнүн объектиси - геоэкологиялык процесстер.

Изилдөөнүн предмети - геоэкологиялык мониторингдин интеллектуалдык методдору жана каражаттары.

Изилдөөнүн максаты - интеллектуалдык маалымат жана өлчөө тутумдарын түзүү аркылуу геоэкологиялык процесстерди аныктоо маселелерин чечүүнүн натыйжалуулугун жогорулатуу

Алынган натыйжалар жана алардын жаңылыгы. Геоэкологиялык чөйрөнүн абалына мониторинг кылуу боюнча жаңы концепция сунушталды, бул геоэкологиялык процесстердин параметрлерине мониторинг кылуу жана талдоо үчүн комплекстүү чечим болуп саналат. Мониторинг датчиктеринин индуктивдүү компоненттеринин параметрлерин тактап аныктоого мүмкүнчүлүк берген жаңы метод сунушталды, бул метод кокусунан пайда болгон фондук электромагниттик талаалардын шарттарында индуктивдүү компоненттердин параметрлерин эки эсе так аныктоого мүмкүндүк берет. Микротолкундуу антенналардын CCSR элементтеринин конструкциялык дизайнын тандоо процессин оптималдаштыруунун жаңы жолу сунушталды. Адаптивдүү мультимедийалык тармактын жаңы структурасына негизделген геоэкологиялык убакыт ырааттуулуктарын болжолдоо методикасы иштелип чыкты. Медициналык геоэкология чөйрөсүндө COVID-19ду ыкчам диагностикалоого арналган жасалма интеллекте негизделген универсалдуу мониторинг системалары иштелип чыкты.

Диссертациялык изилдөөлөрдүн **натыйжалары** геоэкологиялык мониторингдин натыйжалуулугун жогорулатуу үчүн колдонулушу мүмкүн, бул геоэкология чөйрөсүндө башкаруу процесстерин оптималдаштырууга көмөктөшөт.

Колдонуу чөйрөсү: геоэкология, инженердик геофизика.

РЕЗЮМЕ

диссертация Верзунова Сергея Николаевича на тему «Разработка методов мониторинга и идентификации геоэкологических процессов на базе интеллектуального анализа данных» на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.01 – системный анализ, управление и обработка информации

Ключевые слова: искусственный интеллект, машинное обучение, обработка данных, геоэкологический мониторинг, предварительная обработка информации, классификация данных, концепция, прогностические модели, управление данными.

Методы исследования: методы системного анализа, компьютерное моделирование, методы обработки экспериментальных данных, а также современные технологии искусственного интеллекта и кроссплатформенного программирования.

Объектом исследования являются геоэкологические процессы.

Предметом исследования являются интеллектуальные методы и средства геоэкологического мониторинга.

Целью исследования является повышение эффективности решения задач идентификации геоэкологических процессов путем создания интеллектуальных информационно-измерительных систем.

Полученные результаты и их новизна. Предложена новая концепция интеллектуальной системы мониторинга состояния геоэкологической среды, представляющая собой комплексное решение для мониторинга и анализа параметров геоэкологических процессов. Обоснован новый метод измерения параметров индуктивных компонентов датчиков, позволяющий в два раза точнее определять параметры индуктивных компонентов датчиков мониторинга в условиях воздействия случайных фоновых электромагнитных полей. Предложен новый способ оптимизации процесса проектирования микрополосковых антенн для выбора дизайна конструктивных CCSR- элементов микрополосковых антенн. Разработана методика прогнозирования геоэкологических временных последовательностей, основанная на новой структуре адаптивной мультимедийной сети. Разработаны универсальные системы мониторинга на основе искусственного интеллекта в сфере медицинской геоэкологии, предназначенные для оперативной диагностики COVID-19.

Результаты диссертационных исследований могут использоваться для повышения эффективности геоэкологического мониторинга, что будет способствовать оптимизации процессов управления в сфере геоэкологии.

Область применения: геоэкология, инженерная геофизика.

SUMMARY

of the dissertation by Sergey Nikolaevich Verzunov on the topic "Development of Methods for Monitoring and Identifying Geoecological Processes Based on Intelligent Data Analysis" for the degree of Doctor of Technical Sciences in the specialty 05.13.01 – system analysis, control, and information processing.

Keywords: artificial intelligence, machine learning, data processing, geoecological monitoring, data preprocessing, data classification, concept, predictive models, data management.

Research methods: system analysis methods, computer modeling, experimental data processing methods, as well as modern artificial intelligence technologies and cross-platform programming.

The object of the research is geoecological processes.

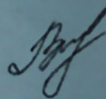
The subject of the research is intelligent methods and tools for geoecological monitoring.

The aim of the research is to improve the efficiency of identifying geoecological processes by developing intelligent information-measurement systems.

Obtained results and their novelty: A new concept of an intelligent system for monitoring the state of the geoecological environment has been proposed, representing a comprehensive solution for monitoring and analyzing the parameters of geoecological processes. A new method for measuring the parameters of inductive components of sensors has been substantiated, allowing for twice the accuracy in determining sensor parameters under the influence of random background electromagnetic fields. A new approach to optimizing the design process of microstrip antennas has been proposed, facilitating the selection of constructive CCSR elements for these antennas. A methodology for forecasting geoecological time series has been developed, based on a new structure of an adaptive multi-wavelet network. Universal monitoring systems based on artificial intelligence have been developed in the field of medical geoecology, intended for rapid diagnosis of COVID-19.

The results of the dissertation research can be applied to enhance the efficiency of geoecological monitoring, contributing to the optimization of management processes in the field of geoecology.

Field of application: geoecology, engineering geophysics.



Верзунов Сергей Николаевич

Интеллектуалдык маалыматтарды талдоонун негизинде геоэкологиялык процесстерге мониторинг жүргүзүү жана аныктоо методдорун иштеп чыгуу

техника илимдеринин доктору окумуштуу даражасын алуу үчүн
диссертациянын
Авторефераты

Басмага кол коюлган: 18.10.2024

Буйрутма № 128

Формат 60x84 /16. Көлөмү 2.5 басма табак. Наклад 100 даана.

Басма: Ала-Тоо, Бишкек