Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясы

Машинатаануу, автоматика жана геомеханика институту
Б.Н.Ельцин атындагы Кыргыз – Россия Славян Университети

Диссертациялык кеңеш Д.05.23.686

Кол жазма укугунда
УДК 51:51-71

Абдрасакова Айзада Байышбековна

Кыргызстандын айрым облустары үчүн аймактык климатты математикалык моделдөө

05.13.18 – математикалык моделдөө, сандык ыкмалар жана программалык комплекстер

физика-математика илимдеринин кандидаты окумуштуулук даражасын изденип алуу үчүн жазылган диссертациянын

Авторефераты

Бишкек – 2025-ж.

Диссертациялык иш И.Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университетигин “Экономикадагы маалымат системалар” кафедрасында аткарылган.

Илимий жетекчиси:	**Сулайманова Света Мукашовна,** Ж.Баласагын атындагы Кыргыз Улуттук Университетинин “Колданомо математика жана информатика” билим берүү программасынын физика-математика илимдеринин доктору, профессору.
Расмий оппоненттер:	
Жетектөөчү мекеме:	

Диссертацияны коргоо ______________________Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын машина тануу, автоматика жана геомеханика институтунун жана Б.Н Ельцин атындагы Кыргыз – Россия Славян университетинин алдындагы физика-математика жана техника илимдеринин доктору (кандидаты) илимий даражасын изденип алуу үчүн диссертацияларды коргоо боюнча Д 05.23.686 диссертациялык кеңешинин отурумунда болот. Дареги: 720055, Бишкек ш., Скрябин көчөсү , конференция залы. Диссертацияны коргоонун онлайн трансляциясынын идентификациялык коду____________________.

Диссертация менен Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын (720071, Бишкек ш., Чүй пр., 265), Б.Н Ельцин атындагы Кыргыз – Россия Славян университетинин (720000, Бишкек ш., Киев көч., 44), И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университетинин (720044, Бишкек ш., Ч. Айтматов пр. 66) китепкананаларынын жана Кыргыз Республикасынын Президентке караштуу Улуттук аттестациялык комиссиясынын сайтынан ___________танышууга болот.

Автореферат 2025-жылдын _____ таркатылган.

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

ДИССЕРТАЦИЯЛЫК ИШТИН ЖАЛПЫ МҮНӨЗДӨМӨСҮ

Диссертациянын темасынын актуалдуулугу. Азыркы климаттын өзгөрүүлөрү дүйнөнүн ар кайсы аймактарына, анын ичинде татаал тоо рельефи жана микроклиматтык зоналарынын ар түрдүүлүгү менен айырмаланган Кыргызстанга да олуттуу таасирин тийгизүүдө. Бул аймактагы климаттык өзгөрүүлөрдү изилдөө мүмкүн болгон табигый кырсыктарды (кургакчылык, суу ташкындары, суу ресурстарынын өзгөрүшү, мөңгүлөрдүн деградациясы) болжолдоо, ошондой эле айыл чарбасын, гидроэнергетиканы жана экономиканын башка стратегиялык маанилүү тармактарын ыңгайлаштыруу үчүн маанилүү.

Глобалдык жылуулануу шартында аймактык деңгээлдеги климаттык процесстерди талдоого жана болжолдоого мүмкүндүк берген так жана ишенимдүү математикалык моделдерди иштеп чыгуу өзгөчө мааниге ээ. Мындай моделдер Кыргызстандын айрым аймактарындагы температуранын, жаан-чачындын, нымдуулуктун жана башка метеорологиялык параметрлердин динамикасын баалоо, климаттын өзгөрүү сценарийлерин жана алардын экономикага, экологияга жана социалдык өнүгүүгө тийгизген кесепеттерин иштеп чыгуу, ошондой эле суу ресурстары, айыл чарбасы, шаар куруу жана энергия менен камсыздоо чөйрөсүндө чечимдерди кабыл алууну колдоо үчүн зарыл.

Мындан тышкары, Кыргызстандын тоолуу райондорунда метеостанциялардын саны чектелүү экенин эске алганда, математикалык моделдөө маалыматтардагы боштуктарды толтуруу жана болжолдоолордун тактыгын жогорулатуу үчүн маанилүү курал болуп саналат. Аймактык климаттык өзгөчөлүктөрдү изилдөө, климаттын келечектеги өзгөрүүлөрүн жана алардын кесепеттерин баалоо Кыргыз Республикасынын аймактарын социалдык-экономикалык өнүктүрүүнү пландаштырууда олуттуу мааниге ээ. Байкалган аймактык климаттык өзгөрүүлөр абанын жылдык орточо температурасынын жогорулашына тенденцияга ээ, мында эң чоң өсүш 1970-жылдардын ортосунан бери белгиленүүдө.

Ошентип, бул тема боюнча изилдөө илимий көз караштан алганда актуалдуу, анткени ал аймактык климаттык моделдөө методдорун өнүктүрүүгө көмөктөшөт, ошондой эле практикалык жактан да актуалдуу, анткени натыйжалар мамлекеттик жана эл аралык уюмдар тарабынан Кыргызстанда климаттын өзгөрүшүнө ыңгайлашуу стратегияларын иштеп чыгуу үчүн колдонулушу мүмкүн.

Диссертациянын темасынын артыкчылыктуу илимий багыттарга, ири илимий программаларга (долбоорлорго), билим берүү жана илимий мекемелер тарабынан жүргүзүлүп жаткан негизги илимий-изилдөө иштерине байланышы. Диссертациялык иш демилгелүү болуп саналат.

Диссертациялык иштин максаты - заманбап машиналык окутуу жана сандык моделдөө ыкмаларынын негизинде Кыргызстандын айрым аймактарындагы климаттык параметрлерди (абанын орточо температурасы, CO_2 деңгээли жана жаан-чачын) талдоо жана болжолдоо үчүн математикалык моделдерди иштеп чыгуу жана колдонуу.

Изилдөөнүн максатына жетүү үчүн төмөнкү милдеттер коюлду:

1. Машиналык окутуу ыкмаларын колдонуу менен убакыт катарларынын негизинде Кыргызстандын айрым аймактарындагы абанын орточо айлык температурасын салыштырмалуу талдоо жана болжолдоо;
2. Климаттык жана антропогендик факторлорду эске алуу менен атмосферага көмүр кычкыл газынын (CO_2) эмиссиясынын динамикасын талдоо жана болжолдоо;
3. Атмосферадагы булгоочу заттардын таралуу процесстерин сүрөттөө үчүн математикалык моделдерди иштеп чыгуу, анын ичинде чыгындылардын кыймылын моделдөө үчүн Навье-Стокс теңдемеси жана тоскоолдуктарды эске алуу эске алуу менен кошулмалардын таралуу теңдемеси;
4. ANSYS Fluent программалык комплексинде эсептөө гидродинамикасынын методдорун колдонуу менен турбуленттүү эффекттерди жана тоскоолдуктардын бар экендигин эске алуу менен атмосферадагы булгоочу заттардын таралуу траекторияларын эсептөө;
5. ANSYS CFX программалык комплексин колдонуу менен чекиттик булактан атмосферага булгоочу заттардын диффузия процесстерин сандык моделдөө, турбуленттүү процесстердин жана аэродинамикалык факторлордун таасирин эске алуу;
6. Убакыт катарларынын моделдерин жана машиналык окутуу ыкмаларын колдонуу менен акыркы 100 жыл ичиндеги метеорологиялык байкоолордун маалыматтары боюнча орточо айлык жаан-чачындын суммасын талдоо жана болжолдоо;
7. Аймактын климаттык системасына таасир этүүчү гидродинамикалык процесстерди баалоо үчүн көзөнөктүүлүктүн үзүлүшүн эске алуу менен суюктуктун агымдарынын көзөнөктүү чөйрөгө чыпкаланышын сандык эсептөө.

Иштин илимий жаңылыгы

1.Нейрондук торчолордун LSTM архитектурасына негизделген жана 100 жылдык мезгилдеги (1921–2021-жж.) маалыматтар боюнча талданган, температуранын 1,6°Сге чейин өзгөрүшүн баалоого мүмкүндүк берген абанын орточо айлык температурасын болжолдоонун математикалык модели иштелип чыгуусунда жатат;

1.1990–2022-жылдардагы көмүр кычкыл газынын (CO_2) чыгындысынын динамикасы жана парник газдарынын (ПГ) жалпы

трендери болжолдонду, 2050-жылга чейин ПГ агындысы аппроксимацияланды;

2. ANSYS Fluent программалык комплексин колдонуу менен иштелип чыккан, чекиттик булактан чыккан түтүн агымынын тоскоолдуктар болгондогу турбуленттүү агымынын математикалык модели алынды;

3.ANSYS CFX программалык комплексин колдонуу менен атмосферага түтүн чыгындыларынын диффузиялык чачырашынын **модели иштелип чыкты,** ал агымдын динамикалык мүнөздөмөлөрүн эске алат;

4.Чекиттик булактан атмосферага түтүн чыгындыларынын диффузиялык чачырашын моделдөө үчүн биринчи жолу энергия агымынын теңдемеси колдонулду;

5.Көзөнөктүүлүктүн үзүлүшүн эске алуу менен суюктук агымынын көзөнөктүү чөйрөгө таралышын чыпкалоонун сандык эсептөөлөрү аткарылды, бул климаттык системага таасир этүүчү бир тектүү эмес катмарлардагы гидродинамикалык процесстерди эске алууга мүмкүндүк берет.

Алынган натыйжалардын практикалык мааниси.

1.Иштелип чыккан моделдер климаттык параметрлерди, анын ичинде абанын орточо айлык температурасын, жаан-чачынды жана булгоочу заттардын эмиссиясынын динамикасын натыйжалуу болжолдоого мүмкүндүк берет, бул Кыргызстандын айрым аймактарындагы климаттык өзгөрүүлөрдү так талдоого көмөктөшөт;

2.Түтүктөрдөн чыккан эмиссиялардын таралышынын иштелип чыккан математикалык моделдери тоскоолдуктардын жана метеорологиялык факторлордун таасирин эске алуу менен атмосферадагы булгоочу заттардын, анын ичинде көмүр кычкыл газынын (СО2) кыймыл траекторияларын баалоого жана алардын эң көп топтолгон аймактарын алдын ала айтууга мүмкүндүк берет;

3.Турбуленттүү жана диффузиялык процесстерди моделдөө үчүн Навье-Стокс жана энергия агымынын теңдемелерин колдонуу туруксуз факторлорду эске алуу менен үч өлчөмдүү мейкиндикте атмосфералык эмиссиялардын динамикасын так эсептөөгө мүмкүндүк берет;

4.ANSYS Fluent жана ANSYS CFX программалык комплекстерин колдонуу 3D моделдөөдө туруктуу жана туруксуз маселелерди чечүүгө мүмкүндүк берет, бул атмосферадагы булгоочу заттардын таралуу процесстерин эсептөөнүн тактыгын жогорулатууга мүмкүнчүлүк түзөт;

5.Түтүн агымдарынын ылдамдыгынын жана таралуу аралыгынын шамалдын багытына жана ылдамдыгына, атмосферанын туруктуулугуна, түтүктөн чыккандагы агымдын температурасына, абанын температурасына сандык көз карандылыгы экологиялык мониторингде жана өнөр жай эмиссияларынын зыяндуу таасирин азайтуу боюнча чараларды иштеп чыгууда

колдонулушу мүмкүн;

6.Абанын температурасынын жана жаан-чачындын өзгөрүшүнүн иштелип чыккан болжолдуу моделдери айыл чарбасында, суу ресурстарында жана шаар курууда климаттын өзгөрүшүнө ыңгайлашуу жана жаратылыш ресурстарын натыйжалуу башкаруу үчүн колдонулушу мүмкүн.

Жактоого коюлуучу диссертациянын негизги жоболору:

1. **100 жылдык мезгил ичиндеги климаттык маалыматтарды талдоонун негизинде,** ал Кыргызстандын айрым аймактарындагы температуранын узак мөөнөттүү өзгөрүү тенденцияларын аныктоого мүмкүндүк берген LSTM, XGBoost нейрондук торчолорунун архитектурасын колдонуу менен абанын орточо айлык температурасын болжолдоонун математикалык модели;

2. Атмосфералык абанын күзүндөгү жана жазындагы курамын салыштырмалуу изилдөө жана талдоо, ал метеорологиялык шарттарга жана антропогендик жүктөмгө байланыштуу булгоочу заттардын концентрациясынын сезондук өзгөрүүлөрүнүн өзгөчөлүктөрүн аныктайт;

3. **Атмосферага көмүр кычкыл газынын (CO_2) чыгындыларынын динамикасынын болжолдуу модели**, ал климаттык жана техногендик факторлорду эске алуу менен чыгынды деңгээлинин өзгөрүшүнүн сандык баалоолорун, ошондой эле 2050-жылга чейинки парник газдарынын чыгындыларынын тренддерин камтыйт;

4. **Чекиттик булактан атмосферага түтүн чыгындысынын диффузия жана чачыроо процесстерин сандык моделдөөнүн натыйжалары**, алар агымдын аэродинамикалык мүнөздөмөлөрүн эске алуу менен булгоочу заттардын таралышынын негизги мыйзам ченемдүүлүктөрүн аныктайт;

5. **ANSYS Fluent программалык комплексиндеги эсептөөлөрдүн негизинде курулган**, булгоочу заттардын таралышына тоскоолдуктардын (имараттардын жана башка объекттердин) таасирин эске алган түтүн чыгындысыгыг турбуленттүү агымынын модели, ал шаар чөйрөсүндөгү абанын сапатына чыгындысынын таасирин баалоого мүмкүндүк берет;

6. **1921–2021-жылдардагы метеорологиялык маалыматтарга негизделген,** Кыргызстандын айрым аймактарында 2040-жылга чейин алардын динамикасын баалоо үчүн сандык көз карандылыктарды камтыган атмосфералык жаан-чачындын суммасын болжолдоо модели;

7. Көзөнөктүүлүктүн үзүлүшүн, топурактын атмосфералык жаан-чачын жана температуранын өзгөрүшү менен өз ара аракеттенүүсүн эске алган, гидрологиялык жана климаттык процесстерди болжолдоо үчүн маанилүү болгон көзөнөктүү топурактагы жылуулук жана нымдуулук алмашуу процесстерин эсептөө.

Изденип алуучунун жеке салымы изилдөөнүн негизги идеяларын жана жоболорун теориялык жана практикалык жактан негиздөөдөн; машиналык окутуу жана сандык моделдөө методдорун колдонуу менен климаттык параметрлерди, анын ичинде абанын орточо айлык температурасын, жаан-чачынды жана көмүр кычкыл газынын (CO_2) чыгындысын болжолдоонун математикалык моделдерин иштеп чыгуудан; тоскоолдуктарды эске алуу менен атмосферадагы булгоочу заттардын диффузиясынын жана турбуленттүү таралышынын моделдерин түзүүдөн жана ишке ашыруудан; жылуулук жана нымдуулук алмашуу процесстерин сандык эсептөөлөрдү жүргүзүүдөн турат.

Иштин жалпы максатын түзүү, милдеттерди коюу жана изилдөөнүн жалпы методологиясы илимий жетекчиси, профессор С.М.Сулаймановага таандык.

[1, 2] эмгектерде Сулайманова С.М. изилдөө проблемасын түзүүгө таандык. [3-7] эмгектерде Сулайманова С.М. нейрондук тармактарды колдонуу менен климаттык маалыматтарды талдоо жана болжолдоо кирет. [1, 2] эмгектерде Картанова А.Ж. газ жана катуу бөлүкчөлөрдүн аралашмасынын эки фазалуу агымын моделдөөсүнө таандык.

Диссертациянын жыйынтыктарын апробациялоо. Бул иштин негизги жыйынтыктары төмөнкү конференцияларда талкууланды: Эл аралык илимий-практикалык конференция "Н.Исанов атындагы КМКТАУнун ИТИнин 20 жылдыгы", Бишкек, 19-21-октябрь, 2021-ж.; Эл аралык "Илимдин жана билим берүүнүн азыркы дүйнөдөгү интеграциясы" конференциясы, Нур-Султан (Астана), Казакстан, 15-окябрь, 2021-ж.; Эл аралык "Н.Исанов атындагы КМКТАУнун 30 жылдыгы" конференциясы, Бишкек, 28-30-май, 2022-ж.; Эл аралык "Тоолуу аймактарды жана экосистемаларды туруктуу өнүктүрүүдөгү илимдин жана инновациялык технологиялардын ролу" илимий-практикалык конференциясы, И. Раззаков атындагы КМТУ (Кыргызстан, Бишкек, 27-28-октябрь, 2022-ж.); Эл аралык "Илимий изилдөөлөрдөгү заманбап техника жана технологиялар" илимий конференциясы, Россия Илимдер академиясынын Бишкек шаарындагы Илимий станциясы (РИА ИС), 26-апрель, 2023-ж.; Эл аралык "Курулуштагы заманбап тренддер: көйгөйлөр жана чечүү жолдору" илимий-практикалык конференциясы, "КР көрүнүктүү мамлекеттик жана саясий ишмери Н.Исановдун 80 жылдыгы", Бишкек, 2-ноябрь, 2023-ж.; Эл аралык "Коомдун санариптик трансформациясы жана жасалма интеллект" илимий-практикалык конференциясы, Кыргыз-Герман колдонмо информатика институту, 23-ноябрь, 2023-ж.

Диссертациянын жыйынтыктарынын жарыялоолордо толук чагылдырылышы. Бул диссертациянын мазмуну боюнча 7 илимий макала жарыяланган. Диссертациянын негизги жыйынтыктары төмөнкү журналдарда жарыяланган: "Автоматика жана башкаруу проблемалары" (1 макала), "КМКТАУ жарчысы" (2 макала), "Кыргызстандын ЖОЖдорунун кабарлары" (1

макала), "Кыргызстандын илими, жаңы технологиялары жана инновациялары" (1 макала), "Илим жана инновациялык технологиялар" (2 макала).

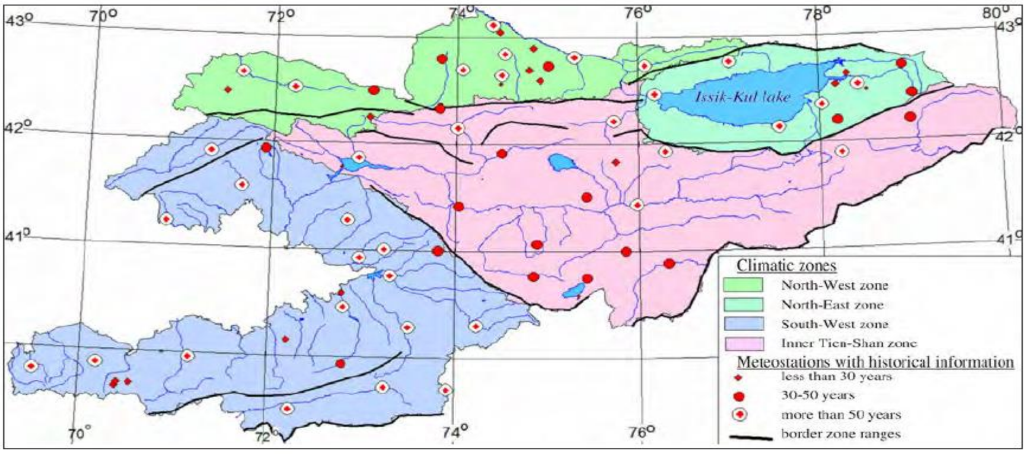
Диссертациянын түзүлүшү жана көлөмү. Диссертациялык иш киришүүдөн, беш бөлүмдөн, корутундулардан, жыйынтыктардан, колдонулган адабияттардын тизмесинен жана тиркемеден турат.

ДИССЕРТАЦИЯНЫН НЕГИЗГИ МАЗМУНУ

Киришүүдө изилдөөнүн актуалдуулугу негизделген, изилдөөнүн максаты аныкталган жана милдеттери коюлган, иштин илимий жаңылыгы жана практикалык мааниси ачылган, жактоого коюлуучу жоболор берилген, талапкердин жеке салымы жөнүндө маалыматтар келтирилген. Ошондой эле изилдөөнүн жыйынтыктарын апробациялоо сүрөттөлгөн, диссертациянын жыйынтыктарынын жарыялоолордо толук чагылдырылышы көрсөтүлгөн, иштин түзүлүшүнө жана көлөмүнө мүнөздөмө берилген.

Биринчи бөлүмдө изилденип жаткан тема боюнча адабияттарга сереп берилген, климаттык процесстерди, абанын температурасынын жана көмүр кычкыл газынын чыгындыларынын маалыматтарын талдоонун математикалык моделдөөсүнө негизги мамилелер каралган.

Айрым аймактар боюнча орточолонгон температуралар өзүн ар кандай алып жүрөт. Аймактык климаттын өзгөрүүлөрү көбүнчө тезирээк жана кескинирээк болот. Дал ушул өзгөрүүлөр ар бир өлкө үчүн өзгөчө кызыгууну жаратат, бирок алар глобалдык өзгөрүүлөрдүн фонунда өтөт.



1-сүрөт - Республиканын кабыл алынган климаттык чөлкөмдөргө бөлүнүшү (булак: Кыргызгидромет)

Экинчи бөлүмдө "Методология жана изилдөө методдору" деген нейрондук тармактарды колдонуу менен убакыт катарларын болжолдоо ыкмаларын колдонуу талкууланат. Бөлүм климаттын аймактык өзгөрүүлөрүн изилдөө зарылдыгын негиздейт, колдонулган болжолдоо ыкмаларын сүрөттөйт жана LSTM, XGBoost нейрондук тармак архитектурасынын негизинде иштелип чыккан убакыт сериясынын моделин сунуштайт. Үч өлчөмдүү, стационардык эмес жана стационардык транспорттук жана диффузиялык маселелерди моделдөө үчүн ANSYS Fluent жана ANSYS CFX программалык пакеттерин

колдонуу методдору берилген. Тешиктүү чөйрөдө жылуулук жана ным берүүнүн стационардык эмес процесстерин изилдөө үчүн колдонулган теңдемелердин системасы берилген.

Үчүнчү бөлүмдө 100 жылдык мезгилдеги (1921–2021-ж.) Кыргыз Республикасынын айрым аймактарындагы климаттын өзгөрүшүн изилдөөгө жана абанын орточо айлык температурасын, CO2 эквивалентиндеги парник газдарын жана жылдык орточо жаан-чачынды болжолдоо үчүн машиналык окутуунун ыкмаларын колдонууга арналган.

Климатты болжолдоонун жана өткөн жана келечектеги климаттын өзгөрүүлөрүн баалоонун негизги каражаты болуп абанын жылдык орточо температурасы саналат. Көптөгөн изилдөөлөр көрсөткөндөй, глобалдык жылуулануу шартында айрым аймактар боюнча орточолонгон температуралар өзүн ар кандай алып жүрөт. Аймактык климаттын өзгөрүүлөрү глобалдык өзгөрүүлөрдүн фонунда көбүнчө тезирээк болот.

1-таблица. Базалык мезгилге салыштырмалуу аймактар боюнча температуранын өзгөрүшү (°C)

Облус Көрсөткүч	Баткен	Жалал-Абад	Ысык-Көл	Нарын	Ош	Талас	Чүй
Орточо 1961 -1900	9,45	8,11	3,04	-0,34	6,32	6,13	5,11
Орточо 1991-2010	10,13	9,00	3,30	0,11	7,16	6,66	5,65
Орто.айырмасы	0,67	0,89	0,32	0,46	0,84	0,53	0,54
1991ден 2010го чейин өсүш	1,61	1,42	0,88	1,57	1,36	1,39	1,22

Бөлүм Кыргыз Республикасынын айрым облустарындагы 100 жылдык мезгилдеги (1921–2021-жж.) климаттык өзгөрүүлөрдү изилдөөгө жана абанын орточо айлык температурасын болжолдоо үчүн машиналык окутуу методдорун колдонууга арналган. Бөлүмдө аймактык климаттык өзгөрүүлөрдү изилдөөнүн зарылдыгы негизделген, колдонулган болжолдоо методдору сүрөттөлгөн жана LSTM, XGBoost нейрондук торчолорунун архитектурасына негизделген убакыт катарларынын иштелип чыккан модели берилген.

Изилдөө абанын орточо айлык температурасынын убакыт катарларын талдоого негизделген. Баштапкы климаттык маалыматтар берилген, алардын негизги мүнөздөмөлөрү, анын ичинде сезондук өзгөрүүлөр жана узак мөөнөттүү тенденциялар сүрөттөлгөн.

Маалыматтарды иштетүү үчүн аларды стандартташтыруу колдонулду: температуралык катардын орточо мааниси эсептелди, андан кийин моделдин туура иштешин камсыз кылуу үчүн маалыматтар нормалдаштырылды.

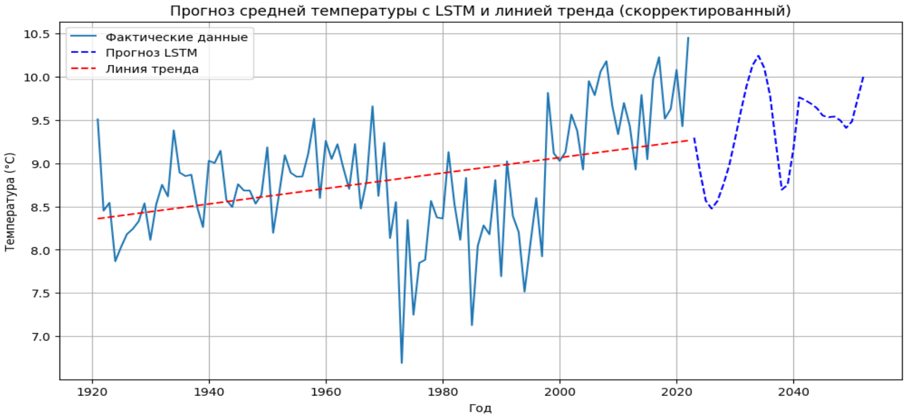
Абанын орточо айлык температурасын болжолдоо узак жана кыска мөөнөттүү эс тутуму (LSTM) бар рекурренттүү нейрондук торчонун жардамы менен ишке ашырылды. LSTM-торчолор татаал убакыттык көз карандылыктарды талдоого жөндөмдүү жана климатологиядагы убакыт катарларын болжолдоо үчүн натыйжалуу курал болуп саналат.

Моделди түзүү үчүн төмөнкү этаптар колдонулду: маалыматтарды окутуу жана тесттик тандоолорго бөлүү: 90% маалымат окутуу үчүн, 10% – моделди тестирлөө үчүн колдонулду; маалыматтарды нормалдаштыруу: моделдин тактыгын жогорулатуу үчүн температуранын маанилерин бирдиктүү масштабга келтирүү; LSTMди окутуу үчүн киргизүү ырааттуулуктарын түзүү; моделдин параметрлерин аныктоо, анын ичинде: жашыруун катмарлардын саны – 200 нейрон; оптимизациялоо методу – Adam; эпохалардын саны – 250; баштапкы окутуу ылдамдыгы – 0,005, адаптивдүү төмөндөө менен.

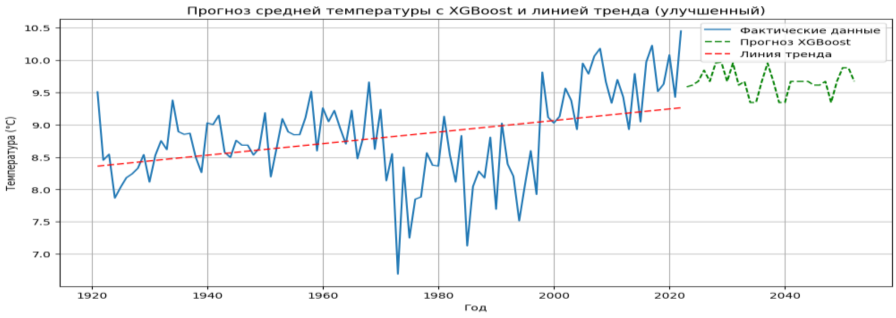
Моделди окутуу градиенттик түшүү алгоритмин колдонуу менен жүргүзүлдү, ашыкча окутуунун алдын алуу градиентти чектөө жана адаптивдүү окутуу ылдамдыгы аркылуу камсыз кылынды. Окутуу аяктагандан кийин, торчо мурда колдонулбаган маалыматтарда текшерилди

Божомолдоо этап-этабы менен, мурда алынган болжолдоолордун негизинде келечектеги маанилерди ыраттуу болжолдоо методун колдонуу менен аткарылды.

2-сүрөттө LSTM моделин колдонуу менен алынган кийинки 5 жылга абанын орточо айлык температурасынын болжолдонгон маанилери көрсөтүлгөн. Болжолдонгон маалыматтар реалдуу тенденцияларга дал келери көрүнүп турат.

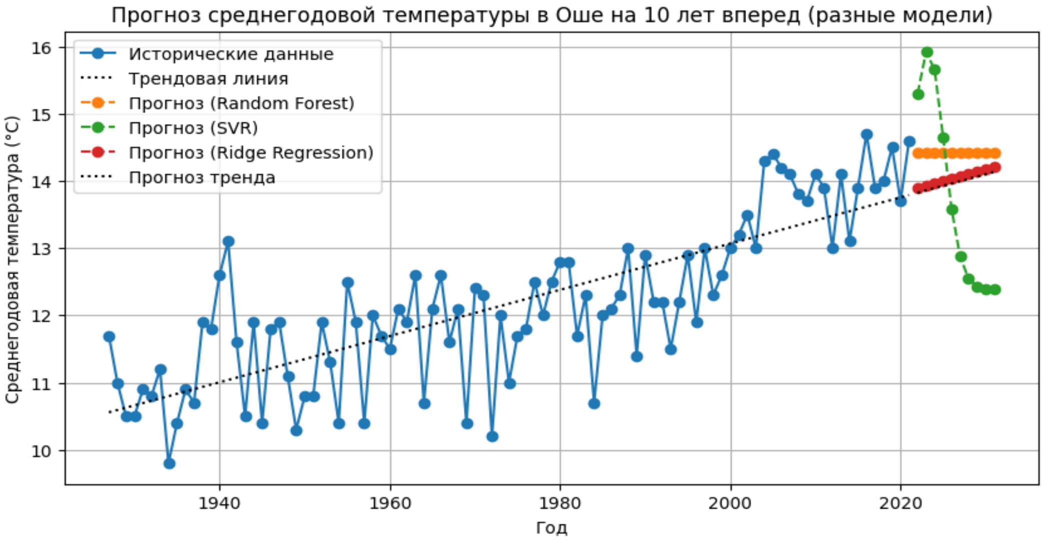


2-сүрөт - Орточо жылдык температуранын узак мөөнөттүү болжолдонгон LSTM менен маанилери

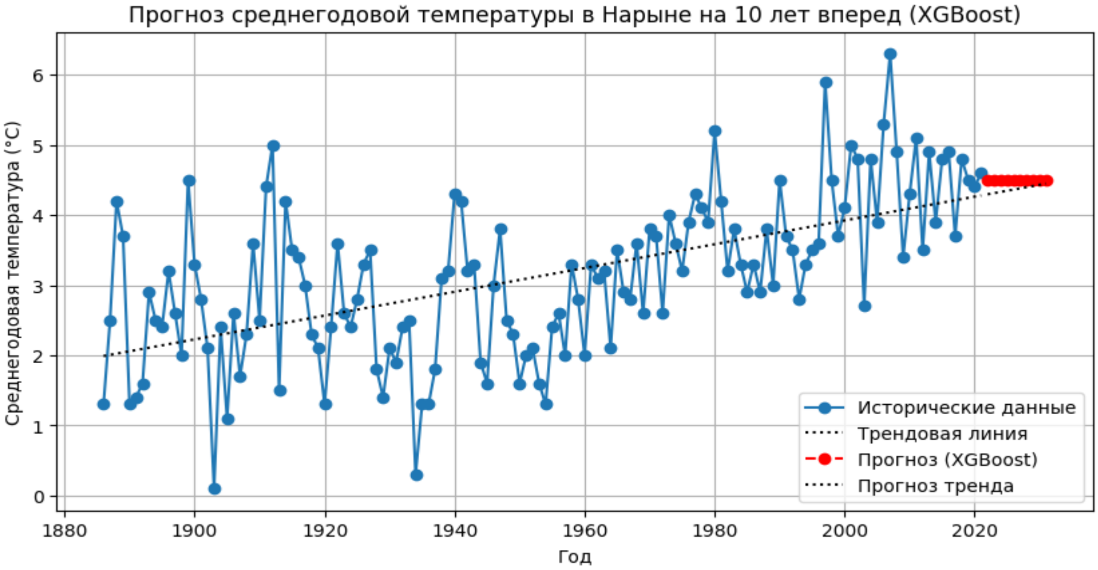


3-сүрөт - Орточо жылдык температуранын узак мөөнөттүү болжолдонгон XGBoost менен маанилери

Болжолдоолордун сапатын баалоо үчүн орточо квадратикалык ката (RMSE) колдонулду. Эксперименттердин жүрүшүндө RMSE 158.1ди түздү, бул моделдин жогорку тактыгын ырастайт.



4-сүрөт - Ош шаарындагы орточо жылдык температуранын өзгөрүү тенденциясы



5-сүрөт - Нарын шаарындагы орточо жылдык температуранын өзгөрүү тенденциясы

Климаттын өзгөрүшү боюнча көптөгөн изилдөөлөрдө глобалдык жылуулануу атмосферадагы көмүр кычкыл газынын (CO2) аз концентрациясынын (кco2=5x10-4) өсүшү менен байланыштырылат. 1977-жылдан 2023-жылга чейинки жылдардагы миң тонна CO2 эквивалентиндеги эмиссиялар жана парник газдары кирген убакыт катарларын болжолдоо маселесин чечүүдө нейрондук торчо катары ядролук аппроксимациялоо методдорун ишке ашыруучу жалпыланган-регрессиялык торчо (GRNN) тандалды. GRNN жардамы менен болжолдоо жаатындагы акыркы изилдөөлөр GRNN салттуу убакыт катарларынын моделдерине келечектүү альтернатива боло аларын көрсөтүп турат. Ал сызыктуу эмес убакыт катарларын моделдөөдө жана болжолдоодо чоң мүмкүнчүлүктөрдү көрсөттү жана бара-бара көп максаттуу, кеңири колдонулган методдордун катарына кирип баратат.

GRNN-торчосу эки жашыруун катмарга ээ: радиалдык элементтердин катмары жана чыгаруу катмарынын тиешелүү элементи үчүн салмакталган сумманы түзгөн элементтердин катмары. Чыгаруу катмарында салмакталган орточо маани салмакталган сумманы салмактардын суммасына бөлүү жолу менен аныкталат. Радиалдык функция катары Гаусс функциясы колдонулат. Жалпыланган регрессиялык торчону түзүү үчүн NEWGRNN функциясын колдонобуз.

6-сүрөт - 1977-2025-жылдардагы чыгындылардын динамикасы

7-сүрөт -2025-2050-жылдарга парник газдарынын келечектеги эмиссияларынын болжолдонгон маанилери

Ошентип, Кыргыз Республикасындагы климаттын өзгөрүүсүн талдоо 1885-жылдан 2020-жылга чейинки мезгилде температура бир кыйла жогорулаганын көрсөттү, мында өзгөрүүлөрдүн динамикасы сызыктуу эмес мүнөзгө ээ. Акыркы он жылдыктарда, өзгөчө 1970-жылдардан баштап, температуранын жогорулоо темпи кыйла жогорулады, бул температуралык тренддердин графиктери менен ырасталат.

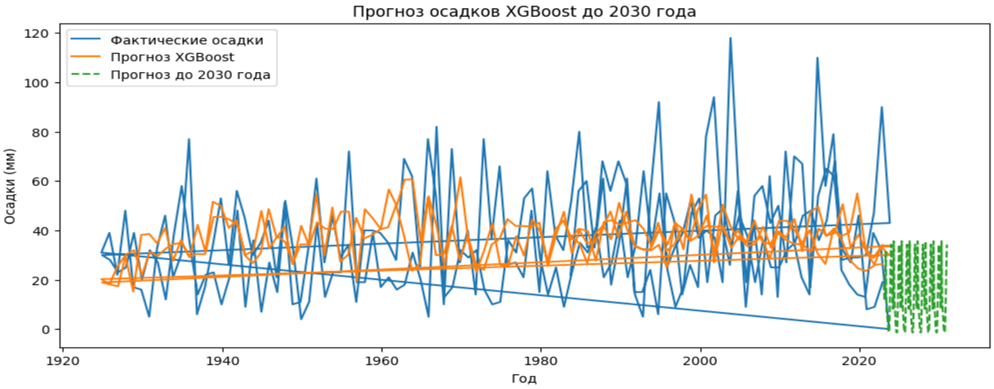
Орточо алганда, жакынкы он жылдыкта орточо температуранын 1,8°Сге жогорулашы болжолдонууда. 90 жылдык мезгилде (1925–2015-жж.) сызыктуу тренддерге ылайык, жылдык орточо температуранын жогорулоосу 1,6°Сди түзгөн. Климаттык маалыматтарды талдоонун жана нейрондук торчолордун жардамы менен аткарылган болжолдоонун натыйжалары машиналык окутуу

методдорунун жогорку жалпылоо жөндөмдүүлүгүнөн кабар берет. Классикалык моделдерге салыштырмалуу, нейрондук торчо методдору убакыт катарларын так аппроксимациялоону жана болжолдоону камсыз кылат, бул алардын климаттык моделдөө жана болжолдоо маселелериндеги натыйжалуулугун ырастайт.

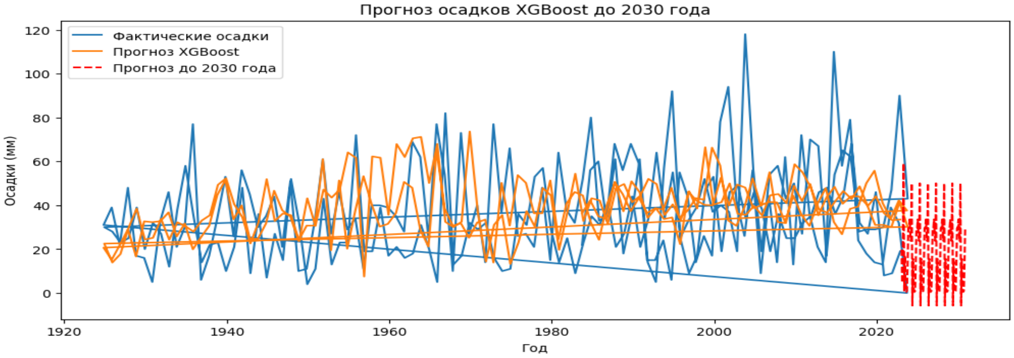
Бул бөлүмдө ошондой эле нейрон тармактарын колдонуу менен жаан-чачындын убакыт серияларын болжолдоо талкууланат.

Кыргыз Республикасында жаан-чачындын режими олуттуу аймактык жана сезондук өзгөрмөлүүлүк, ошондой эле жылдар аралык туруксуздук жана циклдик мүнөз менен мүнөздөлөт. Жалпысынан, XX кылымдын башынан бери республикада жылдык жаан-чачындын көлөмүнүн акырындык менен көбөйүшү байкалат — орточо эсеп менен жыл сайын 0,11%га (же он жылдыкта 1%га). 1970-жылдардын ортосунан баштап бул процесс тездеп, өсүү темпи жылына 0,2%га (же он жылдыкта 2%га) жетти.

Бишкек шаарындагы 100 жылдык жаан-чачындын убакыт катарын болжолдоо үчүн нейрондук торчолордун LSTM моделдери, ошондой эле XGBoost сыяктуу альтернативдүү болжолдоо методу колдонулду. Градиенттик бустинг — бул жакшыртылган аткаруу жана ылдамдык үчүн кошумча жакшыртуулары бар градиенттик күчөтүлгөн дарактарды ишке ашырган ачык булактуу алгоритмдер, б.а. регрессия жана классификация маселелеринде колдонулган машиналык окутуу методу. Ал болжолдоо моделин башка, алсызыраак болжолдоо моделдеринин ансамбли катары түзөт, алар көбүнчө чечим дарактары болуп саналат.



8-сүрөт - 1925-2030-жылдардагы Бишкек шаарындагы жаан-чачындын өзгөрүү динамикасы жана тренддери, а) LSTM-модели



9-сүрөт - 1925-2030-жылдардагы Бишкек шаарындагы жаан-чачындын өзгөрүү динамикасы жана тренддери б) XGBoost

График 8,9 - сүр. жаан-чачындын деңгээлинин олуттуу термелүүлөрүн жана мезгилдүү өзгөрүүлөрүн көрсөтөт. Трендder Бишкек шаарында жаан-чачындын көлөмүнүн мындан аркы өсүшүн көрсөтүп турат. Тенденциялар жана мүмкүн болгон сезондук мүнөз байкалат, мында жаан-чачындын күтүлүп жаткан сезондук бөлүштүрүлүшү жалпысынан акыркы он жылдыктардагы байкоолорго дал келет.

Ошентип, климаттык жана экологиялык процесстерди болжолдоо маселелеринде сандык моделдөөнүн маанилүүлүгүн белгилей кетүүгө болот. Сунушталган моделдерди колдонуу атмосферадагы кошулмалардын таралышына жана кыртыш катмарларындагы суу алмашуу процесстерине тышкы факторлордун таасирин так баалоого мүмкүндүк берет.

Төртүнчү бөлүм ANSYS Fluent жана ANSYS CFX программалык комплекстерин колдонуу менен өнөр жай түтүгүнөн булгоочу заттардын таралуу процесстерин үч өлчөмдүү сандык моделдөөгө арналган. Моделдөөнүн негизги этаптары, метеорологиялык параметрлердин булгоочу заттардын чачырашына тийгизген таасири, ошондой эле түтүн чыгаруучу түтүктүн параметрлеринин чыгынды процессине тийгизген таасири берилген.

Изилдөө Кыргызстандагы эң ири көмүр керектөөчүсү болгон Бишкек ЖЭБи үчүн аткарылган. Иште көмүрдү жана жаратылыш газын жагуудагы чыгындылардын параметрлери, ошондой эле ишкананы модернизациялоонун чыгындылардын мүнөздөмөлөрүнө тийгизген таасири каралган. Түтүн чыгаруучу түтүктөрдүн конструкциясына, алардын геометриялык параметрлерине жана аба агымдарынын динамикасына талдоо жүргүзүлдү.

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial (U_x C)}{\partial x} - \frac{\partial (U_y C)}{\partial y} - \frac{\partial (U_z C)}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial x}\left(K_x \frac{\partial C}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(K_y \frac{\partial C}{\partial y}\right) + \\ + \frac{\partial}{\partial z}\left(K_z \frac{\partial C}{\partial z}\right) + E - (k_1 + k_2)C + Q(C) \qquad (1)$$

мында (1) теңдемесинде C – моделге кирген химиялык заттардын концентрациясы (CO, NOx, SO2 жана TH), U – шамалдын ылдамдыгы, Kx, Ky жана Kz – диффузия коэффициенттери, Es – эмиссиянын булактары, Ks жана Ks – чөкүү коэффициенттери (тиешелүү түрдө кургак чөкүү жана нымдуу чөкүү үчүн) жана Q(Cs) химиялык реакцияларды билдирет.

Кабыл алынган божомолдор: процесс стационардык (DC/Dt=0); Uy=0 Uz= 0 (шамалдын ылдамдыгы x багытында гана жана z функциясы болуп саналат); x багытындагы көлөмдүн транспорту x багытындагы диффузиядан ашат (Kx =0); Системада депозиттер жок (Kc = Kc = 0); Системада реакция жок (Q=0).

$$\frac{\partial (U_x C^s)}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial y}\left(K_y \frac{\partial C^s}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(K_z \frac{\partial C^s}{\partial z}\right) + E^s \qquad (2)$$

Баштапкы жана чек ара шарттары (2) теңдемесинде: x=0, C(0,j,k)=0 боюнча; боюнча y=0, DC/Dy=0; боюнча y=W, DC/Dy=0; z=0, DC/Dz=0. Бул жерде z - жылышуунун узундугу.

ANSYS Fluent жана ANSYS CFX программаларын колдонуу менен төмөнкүлөр талданды: шамалдын ылдамдыгынын, курчап турган абанын температурасынын, атмосферанын туруктуулугунун жана жер бетинин бодуракай болушунун булгоочу заттардын чачырашына тийгизген таасири; температуранын, концентрациянын, ылдамдыктын жана түтүн чыгаруучу түтүктүн бийиктигинин чыгындылардын мүнөзүнө тийгизген таасири; аба агымынын турбуленттүү мүнөздөмөлөрү жана чыгындылардын айлана-чөйрө менен өз ара аракеттенүүсү.

Моделде объекттин геометриялык параметрлери, анын ичинде түтүн чыгаруучу түтүктүн, имараттын жана айланадагы мейкиндиктин өлчөмдөрү эске алынган. Негизги параметрлер 2-таблицада берилген:

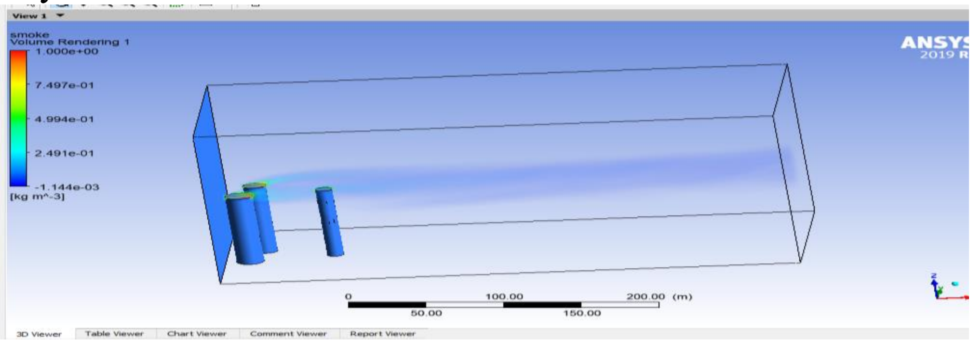
2-таблица. Түтүктүн геометриясынын баштапкы параметрлери.

№	Моделдин маалыматтары	Өлчөм бирдиги
1.	Мейкиндиктин (кубдун) узундугу L1	600м
2.	Мейкиндиктин (кубдун) узундугу L1	100м
3.	Мейкиндиктин (кубдун) бийиктиги H1	200м
4.	Түтүн чыгуучу түтүктүн чыгуучу жеринин диаметри (outlet1)	20м
5.	Түтүн чыгаруучу түтүктүн бийиктиги H2	150м
6.	Имараттын узундугу L3	50м
7.	Имараттын туурасы L4	16м
8.	Имараттын бийиктиги H3	25м
9.	Түтүн чыгаруучу түтүк менен имараттын ортосундагы аралык L5	300м
10.	Шамалдын ылдамдыгы	3м/с
11.	Түтүн чыгаруучу түтүктөн чыккан түтүндүн ылдамдыгы	1м/с
12.	Мейкиндиктин температурасы	150С
13.	Түтүн чыгаруучу түтүктөн чыккан түтүндүн температурасы	300°С

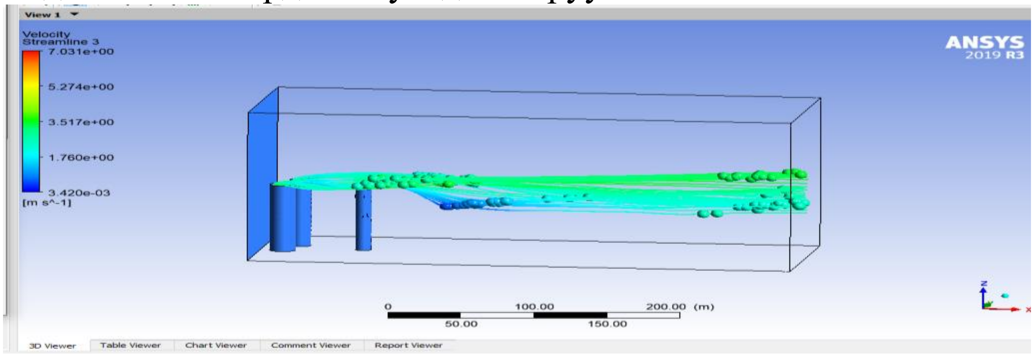
Чыгындыларды моделдөө үчүн ANSYS Workbench колдонулду, ал геометрияны түзүү, эсептөө торчосун куруу, чек ара шарттарын коюу жана сандык анализ жүргүзүү үчүн модулдук интерфейсти камсыз кылат. Платформа менен иштөөнүн негизги этаптары сүрөттөлгөн, анын ичинде: эсептөө аймагын түзүү жана аны параметрлештирүү; гибриддик эсептөө торчосун (Mesh) куруу; кирүүчү жана чыгуучу агымдар үчүн чек ара шарттарын коюу; ANSYS Fluentте сандык эсептөө жүргүзүү.

Атмосферадагы булгоочу заттардын таралуу процесстерин так сүрөттөөгө мүмкүндүк берген k-ε турбуленттүүлүк модели колдонулду. Моделдөөнүн натыйжасында төмөнкүлөр жөнүндө маалыматтар алынды: аба агымдарынын басымы жана ылдамдыгы; чыгындылардын кыймылынын вектордук талаалары; температуранын жана булгоочу заттардын концентрациясынын бөлүштүрүлүшү.

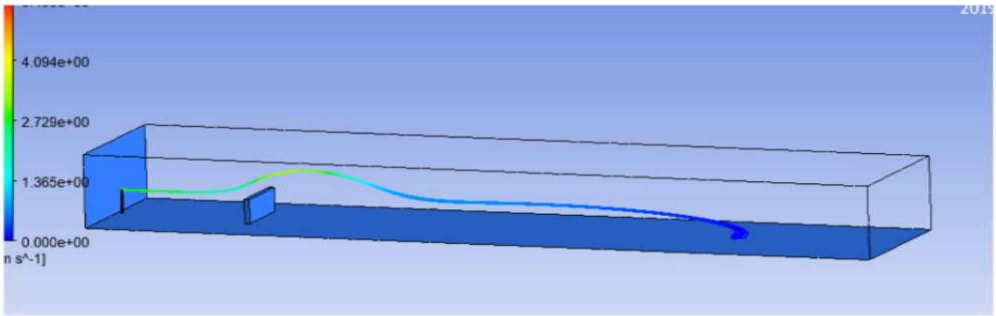
Булгоочу заттардын чачырашын талдоо үчүн убакыттын жана метеорологиялык факторлордун таасирин эске алган диффузиялык модель колдонулду.



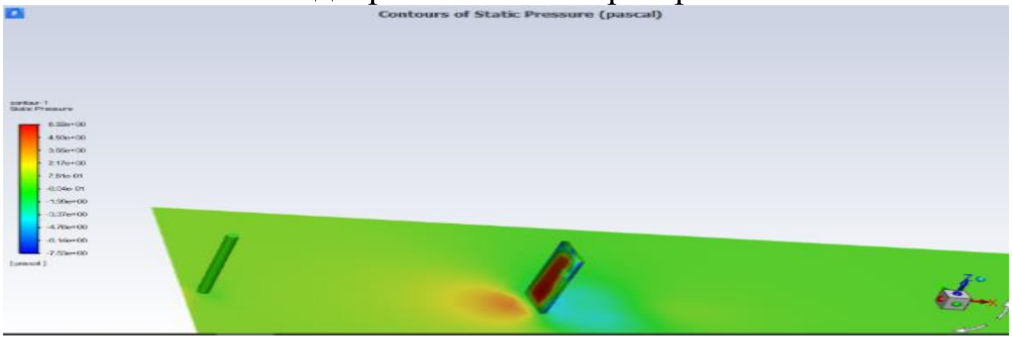
10-сүрөт - Туруксуз (стационардык эмес) эмиссия режимин аныктоонун шарттары; диффузиялык таралуунун параметрлерин берүү; Transperency режиминде натыйжаларды визуалдаштыруу.



11-сүрөт - Туруксуз (стационардык эмес) эмиссия режимин аныктоонун шарттары; диффузиялык таралуунун параметрлерин берүү; Streamline режиминде натыйжаларды визуалдаштыруу



12-сүрөт - Тоскоолдукту эске алуу менен туруксуз (стационардык эмес) чыгынды режиминин шарттарын аныктоо.



13-сүрөт - Стационардык эмес эмиссия режиминин шарттарын эске алуу менен аныктоо

Моделдөөнүн натыйжалары көрсөткөндөй, чыгындылар аба ырайынын шарттарына, шамалдын ылдамдыгына жана булгануу булагынын параметрлерине жараша мүнөздүү кыймылды көрсөтөт.

Сандык моделдөөнүн натыйжасында төмөнкүлөр аныкталды:

Чыгындылардын чачырашынын мүнөзү түтүктүн бийиктигине, шамалдын ылдамдыгына жана чыгындылардын температурасына олуттуу көз каранды;

k-ε турбуленттүүлүк моделин колдонуу булгоочу заттардын таралышын жогорку тактыкта болжолдоого мүмкүндүк берет;

ANSYS CFX программасындагы диффузиялык таралуу методу метеорологиялык шарттардын динамикалык өзгөрмөлүүлүгүн эске алууга мүмкүндүк берет;

Алынган натыйжалар чыгындыларды оптималдаштыруу жана абанын булганышын азайтуу боюнча сунуштарды иштеп чыгуу үчүн колдонулушу мүмкүн.

Ошентип, ANSYS Fluent жана ANSYS CFX программаларындагы сандык моделдөө чыгындыларды талдоо жана алардын айлана-чөйрөгө тийгизген таасирин болжолдоо үчүн натыйжалуу курал болуп саналат.

Бешинчи бөлүм атмосферадагы кошулмалардын таралышын жана көзөнөктүү чөйрөлөрдөгү жылуулук жана нымдуулук алмашуу процесстерин сандык моделдөөгө арналган. Бул процесстерди сүрөттөө үчүн колдонулган иштелип чыккан математикалык моделдер, сандык чечүү методдору жана ар кандай сценарийлер үчүн моделдөөнүн натыйжалары берилген.

5.1 - Кыргыз Республикасын кошо алганда, термикалык жана орографиялык жактан бир тектүү эмес аймактын үстүндөгү бийиктиги боюнча орточолонгон пассивдүү кошулманын таралышын эсептөөнүн математикалык модели каралат. Атмосферанын гидротермодинамикасынын теңдемелерин бийиктиги боюнча интеграциялоо жолу менен алынган эки өлчөмдүү модель колдонулду.

Маселенин коюлушу өнөр жайы өнүккөн жана татаал рельефтик шарттары бар аймактар үчүн өзгөчө актуалдуу болгон антропогендик факторлордун атмосферага тийгизген таасирин изилдөө зарылдыгы менен шартталган. Моделде кыймыл, үзгүлтүксүздүк, жылуулуктун жана кошулманын таралуу теңдемелери, ошондой эле абал теңдемеси колдонулат. Чек аралык жана баштапкы шарттар, анын ичинде жер бетинин рельефинин таасири, турбуленттүүлүк коэффициенттери жана Кориолис эффектиси аныкталган.

Сандык чечүү үчүн татаал атмосфералык процесстерди эске алууга мүмкүндүк берген консервативдик-диссипативдик айырмачылык схемалары колдонулду. Сандык эксперименттер ар кандай метеорологиялык шарттар үчүн, анын ичинде булгоочу заттардын батыш жана чыгыш таралышы үчүн жүргүзүлдү. Чекиттик булактан кошулманын таралышын жана булгануу

булутунун пайда болушун моделдеген учурлар каралды.

Эсептөөлөрдүн натыйжалары жер бетинин топографиясынын аба массаларынын кыймылынын мүнөзүнө жана кошулмалардын таралышына олуттуу таасирин көрсөттү. Шамалдын ылдамдыгына жана багытына жараша кошулманын концентрациясынын изолиниялары курулду, булгоочу заттардын максималдуу топтолгон аймактары аныкталды. Кошулманын таралышы жердин рельефинин татаалдыгы менен шартталган аба агымдарынын циркуляциясын эске алуу менен жүрөрү аныкталды.

5.2 - бир тектүү эмес көзөнөктүү чөйрөдөгү кысылбаган суюктуктун туруксуз (стационардык эмес) чыпкаланышынын математикалык моделине арналган. Негизги көңүл көзөнөктүүлүктүн үзүлүшүн эске алууга бурулган, бул гидрологиялык процесстерде жана инженердик системаларды долбоорлоодо маанилүү ролду ойнойт.

Моделдин негизги теңдемелери үзгүлтүксүздүк теңдемесин, чыпкалоо күчтөрүн эске алган кыймыл теңдемелерин жана суюктуктун көзөнөктүү чөйрө аркылуу агымын сүрөттөө үчүн суюктуктун чыпкаланышынын теңдемесин камтыйт. Моделде толук жана жарым-жартылай нымдануу аймактары, нымдануу фронтунун кыймылы жана суюктуктун капиллярдык түзүлүштөр менен өз ара аракеттенүүсүнүн өзгөчөлүктөрү эске алынат. Ошондой эле көзөнөктүү чөйрөнүн бир тектүү эместигинин чыпкалоо динамикасына тийгизген таасири талданат, бул инфильтрация процесстерин моделдөө жана жер астындагы суулардын деңгээлинин өзгөрүшүн болжолдоо үчүн өзгөчө маанилүү.

Сандык чечүү үчүн айырмачылык схемалары жана ырааттуу релаксация методдору колдонулду. Бир өлчөмдүү туруксуз чыпкалоонун типтүү маселелери, анын ичинде импульстук сугаруу, суюктуктун кургак чөйрөгө кириши жана каныгуу фронтунун таралышы каралды. Көзөнөктүү чөйрөлөрдүн ар кандай аймактарында басымдын градиенттерин жана суюктуктун инфильтрациясынын ылдамдыгын аныктоого маанилүү көңүл бурулду.

Сандык эксперименттердин натыйжалары чыпкалоо процесстерин моделдөөдө көзөнөктүүлүктүн мейкиндиктеги бир тектүү эместигин эске алуунун маанилүүлүгүн ырастады. Алынган маалыматтар ирригациялык системаларды долбоорлоодо, топурактын нымдуулугунун динамикасын болжолдоодо жана жер астындагы сууларга инфильтрация процесстерин баалоодо колдонулушу мүмкүн. Эсептөө маалыматтарынын негизинде топуракты нымдаштыруу процесстерин натыйжалуу башкаруу жана шор басуунун алдын алуу параметрлери аныкталды.

Бул бөлүмдө ошондой эле нейрондук торчолордун жардамы менен жаан-чачындын убакыт катарын болжолдоо каралат.

КОРУТУНДУ

Диссертациялык изилдөөнүн жүрүшүндө Кыргызстандын айрым аймактарындагы климаттык параметрлерди, ошондой эле булгоочу заттардын чыгындыларын жана көзөнөктүү чөйрөлөрдөгү жылуулук жана нымдуулук алмашуу процесстерин талдоо жана болжолдоо үчүн математикалык моделдер иштелип чыкты жана колдонулду.

Акыркы 100 жылдагы климаттык маалыматтарды талдоо аймакта абанын температурасынын жогорулоосуна туруктуу тенденция байкалганын көрсөттү, бул нейрондук торчолорду колдонуу менен моделдөөнүн натыйжалары менен ырасталат. LSTM, XGBoost моделдерин колдонуу менен абанын орточо айлык температурасын болжолдоо жогорку тактыкты жана жалпылоо жөндөмдүүлүгүн көрсөттү, бул бул ыкманы климаттын өзгөрүүсүн узак мөөнөттүү болжолдоо үчүн колдонууга мүмкүндүк берет.

Атмосферадагы СО2 жана башка булгоочу заттардын таралышынын иштелип чыккан сандык моделдери Навье-Стокс теңдемесине жана диффузиялык теңдемелерге негизделген, ар кандай метеорологиялык факторлордун жана тоскоолдуктардын кошулмалардын таралышына тийгизген таасирин изилдөөгө мүмкүндүк берди. ANSYS Fluent жана ANSYS CFX программалык комплекстерин колдонуу менен аткарылган сандык эксперименттер көрсөткөндөй, булгоочу заттардын таралуу ылдамдыгы жана аралыгы шамалдын ылдамдыгына жана багытына, чыгындылардын температурасына жана атмосферанын туруктуулугуна көз каранды. Алынган натыйжалар экологиялык мониторингде жана өнөр жай чыгындыларынын зыяндуу таасирин азайтуу боюнча сунуштарды иштеп чыгууда колдонулушу мүмкүн.

Көзөнөктүү чөйрөлөрдөгү жылуулук жана нымдуулук алмашуу процесстерин изилдөө көзөнөктүү түзүлүштүн бир тектүү эместигинин суюктуктун инфильтрациясынын динамикасына тийгизген таасирин аныктоого мүмкүндүк берди. Сандык эсептөөлөр көзөнөктүүлүктүн үзүлүшүн эске алуу чыпкалоо процесстерин болжолдоодо маанилүү ролду ойноорун ырастады, бул гидрологиялык изилдөөлөр, ирригациялык системаларды долбоорлоо жана суу ресурстарын башкаруу үчүн пайдалуу болушу мүмкүн.

Иштин практикалык мааниси иштелип чыккан математикалык моделдер жана сандык методдор климаттык параметрлерди талдоо жана болжолдоо, булгоочу заттардын чыгындыларын баалоо, экологиялык саясатты оптималдаштыруу жана суу ресурстарын башкаруу жана аймактарды туруктуу өнүктүрүү менен байланышкан маселелерди чечүү үчүн колдонулушу мүмкүн экендигинде.

НЕГИЗГИ ЖЫЙЫНТЫКТАР ЖАНА КОРУТУНДУ

Диссертация маанилүү экономикалык мааниге ээ болгон илимий маселенин чечилишин сунуштайт жана негизги максаты климаттын параметрлерин талдоо жана анын негизги максаты машиналык үйрөнүүнүн жана сандык моделдөөнүн заманбап методдорунун негизинде Кыргызстандын айрым аймактарында климаттын параметрлерин (абанын орточо температурасы, CO_2 деңгээли жана жаан-чачындар) анализдөө жана болжолдоо үчүн математикалык моделдерди иштеп чыгуу жана колдонуу болуп саналат.

Теориялык изилдөөлөрдүн жана байкалган маалыматтарды кылдат талдоо процессинде төмөнкүдөй негизги жыйынтыктар алынды.

1. Кыргызстандын айрым аймактарында абанын орточо айлык температурасын салыштыруу талдоо жана болжолдоо машиналык үйрөнүү методдорун колдонуу менен убакыттык катарлардын негизинде жүргүзүлгөн.

2. Климаттык жана антропогендик факторлорду эске алуу менен атмосферага көмүр кычкыл газынын (CO_2) эмиссиясынын динамикасын талдоо жана болжолдоо жүргүзүлдү. Факторлор орто жана узак мөөнөттүү келечекте парник газдарынын эмиссиясынын олуттуу өсүшү болжолдонууда.

3. Акыркы 100 жылдагы орточо айлык жаан-чачынга талдоо жана болжолдоо LSTM, XGBoost убакыт серияларынын моделдерин колдонуу менен метеорологиялык байкоолордун негизинде жүргүзүлгөн. 2040-жылга чейин Бишкектин мисалында келечекте орточо жылдык жаан-чачындын көбөйүшү фактысы аныкталган.

4. Навье-Стокс теңдемесинин жана диффузиялык теңдемелердин негизинде ANSYS Fluent, ANSYS CFX программалык комплексин колдонуу менен чекиттик булактан CO2 жана башка булгоочу заттардын атмосферага өтүшүнүн сандык моделдери иштелип чыккан, алар ар кандай метеорологиялык факторлордун жана булгоочу заттардын жайылышына тоскоолдуктарды изилдөөгө мүмкүндүк берет. Булгоочу заттардын таралуу ылдамдыгы жана диапазону шамалдын ылдамдыгына жана багытына, эмиссиянын температурасына жана атмосферанын туруктуулугуна көз каранды экени далилденген.

5. Аймактык масштабда чектелген аймактагы атмосфералык процесстердин гидротермодинамикасын эсептөө үчүн математикалык модель иштелип чыккан. Сандык эксперименттер ар кандай метеорологиялык шарттарда Кыргыз Республикасынын аймагына булгоочу заттардын таралуу процессин моделдөө үчүн жүргүзүлгөн.

6. Атмосферадагы жана жер бетиндеги аралашмалардын, анын ичинде радиоактивдүү заттардын концентрациясы метеорологиялык факторлорго өтө көз каранды экени көрсөтүлдү, бул каралып жаткан математикалык моделдин алкагында жүргүзүлгөн сандык эксперименттер менен ырасталат.

7. Региондун климаттык системасына таасир этүүчү гидродинамикалык процесстерге баа берүү үчүн көзөнөктүүлүк ажырымын эске алуу менен суюктук агымдарын тешиктүү чөйрөгө чыпкалоонун сандык эсеби жүргүзүлгөн. Модельдин алкагында нымдоочу фронттун ылдамдыгы анын артындагы ылдамдыктан аз экени аныкталган.

ПРАКТИКАЛЫК СУНУШТАР

1. Диссертациялык изилдөөнүн натыйжалары төмөнкүлөр пайдаланылышы мүмкүн:

- климаттык параметрлерди талдоо жана болжолдоо, булгоочу заттардын эмиссиясын баалоо, экологиялык саясатты оптималдаштыруу жана суу ресурстарын башкаруу жана региондорду туруктуу өнүктүрүү менен байланышкан көйгөйлөрдү чечүү үчүн;
- экологиялык мониторинг жана өндүрүштүк эмиссиялардын зыяндуу таасирин азайтуу боюнча сунуштарды иштеп чыгуу үчүн;
- айыл чарба секторун климаттын өзгөрүшүнө ыңгайлаштыруу.

2. Көмүр кычкыл газынын эмиссиясынын динамикасынын болжолунун негизинде антропогендик чыгарууну, анын ичинде азайтуу боюнча чараларды иштеп чыгуу зарыл, курчап турган чөйрөнү коргоо мыйзамдарын жакшыртуу жана CO_2 кармоо технологияларын киргизүү.

3. Чыгындылардын болжолдонгон өсүшү айлана-чөйрөнү коргоо уюмдары тарабынан күчөтүлгөн контролду талап кылат, буга машиналык окутуунун технологияларын колдонуу менен эмиссияларга автоматташтырылган мониторинг аркылуу жетишүүгө болот.

4. Айыл чарбасында ирригациянын стратегияларын кайра карап чыгуу, жаан-чачындарды топтоо жана эффективдүү пайдалануу технологияларын киргизүү зарыл.

5. Булгоочу заттарды өткөрүп берүүнүн иштелип чыккан сандык моделдери өнөр жай ишканаларынын жайгашуусун оптималдаштыруу жана эмиссияларды чыпкалоо системаларын долбоорлоо үчүн пайдаланылышы мүмкүн.

6. Түзүлгөн математикалык моделдер атмосфералык процесстердин өзгөрүшүнө байланыштуу өзгөчө кырдаалдардын алдын алуу жана алдын алуу үчүн колдонулушу мүмкүн.

7. Климаттын өзгөрүшүнө сезгич инфраструктуралык объекттерди (мисалы, ГЭСтерди, дамбаларды жана суу менен камсыздоо системаларын) долбоорлоодо алынган маалыматтарды пайдалануу максатка ылайыктуу.

8. Сандык эксперименттердин натыйжалары аралашмалардын, анын ичинде радиоактивдүү заттардын таралышын болжолдоодо метеорологиялык шарттарды эске алуу зарылдыгын тастыктайт.

9. Метеорологиялык маалыматтарды жана булгоочу заттарды ташуу моделдерин интеграциялоонун негизинде айлана-чөйрөгө мониторингдин комплекстүү

системасын түзүү сунушталат.
10. Суюктуктарды тешиктүү чөйрөлөрдөгү чыпкалоонун аныкталган схемалары суу ресурстарын, өзгөчө суу менен камсыздоо көйгөйлөрү бар аймактарда сарамжалдуу пайдалануу үчүн пайдаланылышы мүмкүн.
11. Бул моделдер кургакчылык коркунучун алдын ала айтууга жана сууну сактоо стратегиясын иштеп чыгууга жардам берет.

Ошентип, жүргүзүлгөн изилдөө аймактык климаттык моделдөө жана экологиялык болжолдоо методдорун өнүктүрүүгө салым кошот, ал эми анын натыйжалары илимий изилдөөлөрдө да, Кыргыз Республикасында климаттык жана экологиялык мониторинг практикасында да колдонулушу мүмкүн.

ДИССЕРТАЦИЯНЫН ТЕМАСЫ БОЮНЧА ЖАРЫЯЛАНГАН ИШТЕРДИН ТИЗМЕСИ

1. Картанова А.Дж, Сулайманова С.М., Абдрасакова А.Б. Компьютерное моделирование двухфазного течения смеси газа и твердых частиц в канале переменного сечения [Текст] /Проблемы автоматики и управления. №2 (41) 2021г.https://www.elibrary.ru/download/elibrary_46337822_33478829.pdf

2. Абдрасакова А.Б., Картанова А.Дж, Сулайманова С.М. Численное моделирование переноса пассивной примеси над ограниченной территорией.[Текст] / Вестник КГУСТА, Вып. 75 (1), Бишкек, 2022г. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48339918

3. Сулайманова С.М., Абдрасакова А.Б. Анализ климатических данных с помощью нейронных сетей. [Текст] / Вестник КГУСТА, Вып. 77 (3), Бишкек, 2022г. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49803702

4. Абдрасакова А.Б. Компьютерное моделирование температуры воздуха с использованием обобщенных регрессионных нейронных сетей. [Текст] / Известия ВУЗов Кыргызстана, № 2, 2023г. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_54762588_49306008.pdf

5. Абдрасакова А.Б. Абанын температурасынын өзгөрүшүн болжолдоо үчүн нейрондук тармак ыкмаларын колдонуу. [Текст] / Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана, № 5, 2023г. https://elibrary.ru/download/elibrary_59741975_88038308.pdf

6. Абдрасакова А.Б., Сулайманова С.М. Түтүктөрдөн абаны булгоочу заттардын дисперсиясы үчүн ANSYS - CFX негизинде симуляциялык программасын 3D моделдөө [Текст] / МУИТ. Наука и инновационные технологии. №4, 2023г. elibrary_61486578_23946816.pdf

7. Абдрасакова А.Б., Сулайманова С.М. Применения рекуррентных нейронных сетей LSTM для прогнозирования временных рядов среднемесячной температуры воздуха [Текст] /Сулайманова С.М./ МУИТ. Наука и инновационные технологии. №4, 2023г. elibrary.ru/download/elibrary_61486574_78780953.pdf

РЕЗЮМЕ

диссертации Абдрасаковой Айзады Байышбековны на тему: «Математическое моделирование регионального климата для отдельных областей Кыргызстана» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Ключевые слова: математическое моделирование, региональный климат, прогнозирование температуры, выбросы CO_2, атмосферные осадки, машинное обучение, нейронные сети, LSTM, диффузия загрязняющих веществ, ANSYS Fluent, ANSYS CFX, гидротермодинамика, тепловлагоперенос, фильтрация жидкости, уравнение Навье-Стокса.

Объект исследования – климатические параметры отдельных регионов Кыргызской Республики, включая температуру воздуха, осадки и выбросы углекислого газа (CO_2).

Предмет исследования – математические модели прогнозирования климатических параметров и численные методы анализа атмосферных и гидрологических процессов.

Цель работы – разработка и применение математических моделей для анализа и прогнозирования климатических параметров на основе современных методов машинного обучения и численного моделирования.

Методы исследования – в работе использованы методы машинного обучения (нейросети LSTM, XGBoost, GRNN), численного моделирования атмосферных процессов (уравнения Навье-Стокса, модели турбулентности), а также вычислительная гидродинамика (CFD) в программных комплексах ANSYS Fluent и ANSYS CFX.

Основные результаты и их новизна:

- разработана математическая модель прогнозирования среднемесячной температуры воздуха с использованием нейронных сетей LSTM, XGBoost, GRNN, позволяющая с высокой точностью оценивать температурные изменения за 100-летний период (1921–2021 гг.);
- выполнен прогноз динамики выбросов углекислого газа (CO_2) и парниковых газов, включая аппроксимацию выбросов до 2050 года;
- получена математическая модель турбулентного потока дымовых выбросов с учетом препятствий, основанная на уравнении Навье-Стокса и реализованная в ANSYS Fluent;
- разработана диффузионная модель рассеивания выбросов в атмосфере с учетом метеорологических факторов и рельефа местности в ANSYS CFX;
- проведено численное моделирование фильтрации жидкости в пористых средах с учетом разрыва пористости, позволяющее учитывать гидродинамические процессы в неоднородных пластах;
- выполнен анализ среднемесячных осадков за 1921–2021 гг. и построена модель прогнозирования осадков до 2040 года.

Рекомендации по использованию и область применения: Разработанные модели могут быть использованы для климатического мониторинга, прогнозирования экологических изменений, планирования

природоохранных мероприятий, оптимизации выбросов промышленных предприятий, а также в градостроительстве, сельском хозяйстве и управлении водными ресурсами.

Физика-математика илимдеринин кандидаты окумуштуулук даражасын изденип алуу үчүн 05.13.18 – математикалык моделдөө, сандык ыкмалар жана программалык комплекстер адистиги боюнча жазылган Абдрасакова Айзада Байышбековнанын "Кыргызстандын айрым облустары үчүн аймактык климатты математикалык моделдөө" аттуу диссертациясынын

РЕЗЮМЕСИ

Негизги сөздөр: математикалык моделдөө, аймактык климат, температураны болжолдоо, CO_2 чыгындысы, атмосфералык жаан-чачын, машиналык окутуу, нейрондук тармактар, LSTM, булгоочу заттардын диффузиясы, ANSYS Fluent, ANSYS CFX, гидротермодинамика, жылуулук жана нымдуулук өткөрүү, суюктуктун фильтрациясы, Навье-Стокс теңдемеси.

Изилдөөнүн объектиси – Кыргыз Республикасынын айрым аймактарынын климаттык параметрлери, анын ичинде абанын температурасы, жаан-чачын жана көмүр кычкыл газынын (CO_2) бөлүнүп чыгышы.

Изилдөөнүн предмети – климаттык параметрлерди болжолдоонун математикалык моделдери жана атмосфералык жана гидрологиялык процесстерди талдоонун сандык ыкмалары.

Иштин максаты – заманбап машиналык окутуу жана сандык моделдөө ыкмаларынын негизинде климаттык параметрлерди талдоо жана болжолдоо үчүн математикалык моделдерди иштеп чыгуу жана колдонуу.

Изилдөө ыкмалары – иште машиналык окутуу ыкмалары (LSTM, XGBoost, GRNN нейрон торчолору), атмосфералык процесстерди сандык моделдөө (Навье-Стокс теңдемелери, турбуленттүүлүк моделдери), ошондой эле ANSYS Fluent жана ANSYS CFX программалык комплекстеринде эсептөөчү гидродинамика (CFD) колдонулган.

Негизги натыйжалар жана алардын жаңылыгы:

- LSTM, XGBoost, GRNN нейрон торчолорун колдонуу менен абанын орточо айлык температурасын болжолдоонун математикалык модели иштелип чыккан, ал 100 жылдык мезгил ичиндеги (1921–2021-жж.) температуранын өзгөрүүлөрүн жогорку тактыкта баалоого мүмкүндүк берет;
- көмүр кычкыл газынын (CO_2) жана парник газдарынын бөлүнүп чыгышынын динамикасынын болжолу аткарылган, анын ичинде 2050-жылга чейинки чыгарууларды аппроксимациялоо ишке ашырылган;
- Навье-Стокс теңдемесине негизделген жана ANSYS Fluentте ишке ашырылган тоскоолдуктарды эске алуу менен түтүн чыгаруунун турбуленттүү агымынын математикалык модели алынган;
- ANSYS CFXте метеорологиялык факторлорду жана жердин рельефин эске алуу менен атмосферада бөлүнүп чыккан заттардын диффузиялык модели иштелип чыккан;

- бир тектүү эмес катмарлардагы гидродинамикалык процесстерди эске алууга мүмкүндүк берген, көзөнөктүүлүктүн үзүлүшүн эске алуу менен көзөнөктүү чөйрөдө суюктуктун фильтрациясынын сандык моделдөөсү жүргүзүлгөн;
- 1921–2021-жылдар аралыгындагы орточо айлык жаан-чачындын анализи жүргүзүлүп, 2040-жылга чейинки жаан-чачындын болжолдоо модели түзүлгөн.

Колдонуу боюнча сунуштар жана колдонуу чөйрөсү: Иштелип чыккан моделдер климаттык мониторинг, экологиялык өзгөрүүлөрдү болжолдоо, жаратылышты коргоо иш-чараларын пландаштыруу, өнөр жай ишканаларынын чыгарууларын оптималдаштыруу, ошондой эле шаар куруудa, айыл чарбасында жана суу ресурстарын башкарууда колдонулушу мүмкүн.

SUMMARY

of the dissertation by AbdrasakovA Aizada Baiyshbekovna on the topic: "Mathematical Modeling of Regional Climate for Selected Areas of Kyrgyzstan" for the degree of Candidate of Physical and Mathematical Sciences in the specialty 05.13.18 – mathematical Modeling, Numerical Methods, and Software Complexes

Keywords: mathematical modeling, regional climate, temperature forecasting, CO_2 emissions, atmospheric precipitation, machine learning, neural networks, LSTM, pollutant diffusion, ANSYS Fluent, ANSYS CFX, hydrodynamics, heat and moisture transfer, fluid filtration, Navier-Stokes equation.

Object of research – climatic parameters of selected regions of Kyrgyzstan, including air temperature, precipitation, and carbon dioxide (CO_2) emissions.

Subject of research – mathematical models for climate parameter forecasting and numerical methods for analyzing atmospheric and hydrological processes.

Research objective – to develop and apply mathematical models for analyzing and forecasting climate parameters using modern machine learning and numerical modeling techniques.

Research methods – the study employs machine learning methods (LSTM, XGBoost, GRNN), numerical modeling of atmospheric processes (Navier-Stokes equations, turbulence models), and computational fluid dynamics (CFD) in ANSYS Fluent and ANSYS CFX software.

Main results and scientific novelty:

- A mathematical model for forecasting monthly average air temperature using LSTM, XGBoost, GRNN, neural networks has been developed, enabling high-precision assessment of temperature variations over a 100-year period (1921–2021);
- Forecasts of CO_2 and greenhouse gas emissions dynamics have been conducted, including an approximation of emissions trends up to 2050;
- A mathematical model of turbulent smoke plume dispersion, considering obstacles, has been developed based on the Navier-Stokes equation and implemented in ANSYS Fluent;

- A diffusion model for pollutant dispersion in the atmosphere has been created in ANSYS CFX, accounting for meteorological factors and terrain features;
- Numerical modeling of fluid filtration in porous media, considering porosity discontinuities, has been performed to evaluate hydrodynamic processes in heterogeneous formations;
- An analysis of monthly precipitation data from 1921 to 2021 has been conducted, and a precipitation forecasting model has been developed for projections up to 2040.

Practical significance and application: The developed models can be used for climate monitoring, environmental impact assessments, optimization of industrial emissions, and urban and agricultural planning. The results of this study are applicable in hydrology, meteorology, environmental science, and resource management.