

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ВА ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ
ФАН ДОКТОРИ ИЛМИЙ ДАРАЖАСИНИ БЕРИШ БЎЙИЧА
14.07.2016.Т.29.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ
ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ**

ОТЕНИЯЗОВ РАШИД ИДРИСОВИЧ

**ТАБИЙ-ТЕХНОГЕН ХАРАКТЕРДАГИ ГИДРОГЕОЛОГИК
ОБЪЕКТЛАРНИ ГЕОАХБОРОТ МОДЕЛЛАШТИРИШ АСОСИДА
ҚАРОРЛАР ҚАБУЛ ҚИЛИШНИ ҚУВВАТЛОВЧИ ТИЗИМ**

**05.01.04 – «Ҳисоблаш машиналари, мажмуалари ва компьютер
тармоқларининг математик ва дастурий таъминоти»
(техника фанлари)**

ДОКТОРЛИК ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент – 2016

Докторлик диссертацияси автореферати мундарижаси
Оглавление автореферата докторской диссертации
Content of the abstract of doctoral dissertation

Отениязов Рашид Идрисович

Табиий-техноген характердаги гидрогеологик объектларни геоахборот
 моделлаштириш асосида қарорлар қабул қилишни қувватловчи тизим
 3

Отениязов Рашид Идрисович

Система поддержки принятия решений на основе
 геоинформационного моделирования гидрогеологических объектов
 природно-техногенного характера 25

Oteniyazov Rashid Idrisovich

Decision support system based on geoinformation modeling of
 hydrogeological objects natural-technogenic character 47

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
 List of published works 66

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ВА ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ
ФАН ДОКТОРИ ИЛМИЙ ДАРАЖАСИНИ БЕРИШ БЎЙИЧА
14.07.2016.Т.29.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ
ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ**

ОТЕНИЯЗОВ РАШИД ИДРИСОВИЧ

**ТАБИЙ-ТЕХНОГЕН ХАРАКТЕРДАГИ ГИДРОГЕОЛОГИК
ОБЪЕКТЛАРНИ ГЕОАХБОРОТ МОДЕЛЛАШТИРИШ АСОСИДА
ҚАРОРЛАР ҚАБУЛ ҚИЛИШНИ ҚУВВАТЛОВЧИ ТИЗИМ**

**05.01.04 – «Ҳисоблаш машиналари, мажмуалари ва компьютер тармоқларининг математик ва дастурий таъминоти»
(техника фанлари)**

ДОКТОРЛИК ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент – 2016

3

Докторлик диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида 30.09.2014/В2014.3-4.Т166 рақам билан рўйхатга олинган.

Докторлик диссертацияси Тошкент ахборот технологиялари университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз) илмий кенгашнинг веб саҳифаси (www.tuit.uz) ва «ZIYONET» таълим ахборот тармоғида (www.ziyonet.uz) жойлаштирилган.

Илмий маслаҳатчи: Усманов Ришат Ниязбекович

техника фанлари доктори

Расмий оппонентлар: Хабибуллаев Иброҳим Хабибуллаевич

техника фанлари доктори, профессор

Мухамедиева Дилноз Тулкуновна

техника фанлари доктори, профессор

Жмудь Вадим Аркадьевич (Россия Федерацияси)

техника фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот: Тошкент давлат техника университети

Диссертация ҳимояси Тошкент ахборот технологиялари университети ва Ўзбекистон Миллий университети ҳузуридаги 14.07.2016.Т.29.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2016 йил «1» декабрь соат 10⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100202, Тошкент ш., Амир Темур кўчаси, 108. Тел.: (99871) 238-64-43; факс: (99871) 238-65-52; e-mail: tuit@tuit.uz).

Докторлик диссертацияси билан Тошкент ахборот технологиялари университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (2519 рақами билан рўйхатга олинган). Манзил: 100202, Тошкент ш., Амир Темур кўчаси, 108. Тел.: (99871) 238-64-43).

Диссертация автореферати 2016 йил «16» ноябрь куни тарқатилди.
(2016 йил «16» ноябрдаги 1 рақамли реестр баённомаси).

Р.Х.Хамдамов

Фан доктори илмий даражасини берувчи
Илмий кенгаш раиси т.ф.д., профессор

М.С.Якубов

Фан доктори илмий даражасини берувчи
Илмий кенгаш илмий котиби т.ф.д., профессор

Х.Н.Зайнидинов

Фан доктори илмий даражасини берувчи
Илмий кенгаш ҳузуридаги илмий
семинар раиси т.ф.д.

4

КИРИШ (Докторлик диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Бугунги кунда жаҳонда геоахборот технологиялари ютуқларига асосланиб табиий техноген характерга эга бўлган гидрогеологик объектларнинг мелиоратив ва экологик ҳолатларини мавсумий ўзгариш жараёнларини моделлаштириш ва юқори самарадорликка эга бошқариш тизимларини яратиш долзарб муаммолардан бирига айланиб бормоқда. «Табиий-техноген объектларда ҳар йили 6-7млн. гектар ерда сув танқислиги кузатилмоқда, сайёрамизда географик жойлашган ўрни ва экологик хусусиятларини инобатга олган ҳолда геоахборот технологиялари асосида ишлов бериладиган 1,5 млрд. гектар ерларнинг мелиоратив ҳолатини 75-78% даражага қадар таъминлашга эришилган».¹

Ўзбекистон Республикасида интенсив фойдаланиладиган табиий техноген характердаги ерларнинг мелиоратив ҳолатини яхшилаш ва самарадорлигини оширишда гидрогеологик объектларни геоахборот технологиялари асосида бошқарув қарорларини қабул қилишни қўллаб қувватлаш тизимини такомиллаштириш борасида кенг қамровли илмий

тадқиқот ишлари амалга оширилмоқда. Бу борада, жумладан, қишлоқ хўжалигининг турли соҳаларида фойдаланиладиган ерларнинг мелиоратив ҳолатини юқори технологиялар ёрдамида яхшилаш, тупроқ унумдорлигини тиклаш жараёнларини моделлаштириш ва мелиоратив тизимларни бош қариш, улардан самарали фойдаланишга боғлиқ тадбирлар ўтказишга бағишланган қатор илмий-тадқиқот ишлари олиб борилган.

Жаҳонда табиий-техноген характердаги гидрогелогик объектларнинг математик моделларини геоахборот технологиялари асосида ишлаб чиқиш ва техноген ҳудудларнинг мавсумий ва экологик ҳолатларини ўзгариши ҳақидаги геомаълумотлар базасини шакллантириш ва улар асосида бошқарув тизимларини такомиллаштириш муҳим аҳамият касб этмоқда. Бу борада қатъиймас маълумотлар шароитида турли характердаги ечимлар қабул қилиш моделларини ишлаб чиқиш, тупроқ хоссаларини ва сизот сувлар чуқурлигини ҳисобга олган ҳолда коллектор-зовурлар системасини ишлаб чиқиш, қатъиймас мантикий асосида турли характердаги ечимлар орасидаги боғланишларни тадқиқ қилишнинг (огоҳлантириш, ажратиш, тиклаш) моделлаштириш алгоритмлари ва дастурларини ишлаб чиқиш, растрли тасвирлар асосида ҳудудлар геоахборот моделини яратиш каби йўналишларда мақсадли илмий изланишларни амалга ошириш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади. Юқорида келтирилган илмий-тадқиқотлар йўналишида бажарилаётган илмий изланишлар мазкур диссертация мавзусининг долзарблигини изоҳлайди.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2013 йил 27-июндаги ПҚ 1989-сон «Ўзбекистон Республикаси Миллий ахборот-коммуникация тизимини янада ривожлантириш тўғрисида»ги Қарори, Вазирлар

¹ <http://www.agrowebcee.net/awuz-ru/nauka/materialy-konferencii/>

Маҳкамасининг 2013 йил 19 мартдаги 82-сон «Ўзбекистон Республикасида сувдан фойдаланиш ва сув истеъмоли тартиби тўғрисида»ги қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланиши нинг устувор йўналишларига боғлиқлиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг IV. «Ахборотлаштириш ва ахборот -коммуникация технологияларини ривожлантириш» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи.² Табиий-техноген характердаги гидрогеологик объектлар учун геоахборот технологиялари асосида ечимлар қабул қилишни қўллаб - қувватлаш тизими, мураккаб тизимларни ахборот ноаниқлиги шароитида гидрогеологик, техно-логик ва иқтисодий асосларини геоахборот технологиялари асосида

комплекс тадқиқ қилиш жараёнларини интеллектуаллаштириш усулларини ишлаб чиқишга йўналтирилган илмий изланишлар жаҳоннинг етакчи илмий марка-злари ва олий таълим муассасалари, жумладан, Aquila Space, Dauria Aerospace, Esri Inc, Exelis VIS, Modflow, University of California, Berkeley (АҚШ), Geomatics Canada, Schlumberger Water Services (Канада), Karlsruhe Institute of Technology, Institute of Applied Geosciences (Германия), Centre for Ecology and Hydrology, Centre for Water Science, Cranfield University (Буюк Британия), Airbus Defence and Space, Geo-Intelligence, SpotImage (Франция), DEIMOS Imaging, Remote Sensing Laboratory of the University of Valladolid (Испания), University of Technology (Польша), University of Pisa, Department of Geosciences, University of Camerino (Италия), University of Technology (Дания), National Institute of Hydrology, Waterloo Hydro geologic, Excel Geomatics (Хиндистон), GISTDA (Таиланд), Technical University of Denmark (Дания), ESRI GIS, ООО «Дата», Москва давлат университети, Москва алоқа ва ахборотлаштириш университети, Қозон университети (Россия), Тошкент ирригация ва мелиорация институти қошидаги Ирригация ва сув муаммолари илмий тадқиқот институтида (Ўзбекистон) кенг қамровли илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда.

Табиий-техноген характердаги гидрогеологик объектлар учун геоахборот технологиялари асосида ечимлар қабул қилиш, технологик асосларини геоахборот технологиялари ёрдамида баҳолаш ва башоратлаш моделларини яратиш усул ва алгоритмларини ишлаб чиқиш, мониторинг тизими тузилмасини такомиллаштиришга оид жаҳонда олиб борилган тадқиқотлар натижасида қатор, жумладан, қуйидаги илмий натижалар олинган: GPS-

²Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқот шарҳи <http://www.fao.org/docrep/018/i1688r/i1688r03.pdf>, <http://www.slb.com/services/additional/water.aspx>, https://en.wikipedia.org/wiki/Centre-_for_Ecology_and_Hydrology, <http://jr.rse.cosmos.ru/article.aspx?id=167>, <http://nihroorkee.gov.in/>, <http://ecoruspace.me/GISTDA.html>, <https://www.linkedin.com/company/excel-geomatics-pvt-ltd-> ва бошқа манбаалар асосида ишлаб чиқилган

6

навигация тизимини қўллаш ҳамда геодезик қурилмалари ва дастурий маҳсулотларини яратишда юқори даражадаги фотограмметрик дастурий ечимлар ишлаб чиқилган (Trimble, Digital Globe, АҚШ); юқори Sport & Pleiades ечимли оптик аэрокосмик тасвирларни ҳисоблаш усуллари ишлаб чиқилган (Airbus Defense and Space, Франция); қишлоқ хўжалиги соҳасида космик мониторинги асосида сув захиралари харитаси яратилган (Aquila Space, АҚШ); ер ости сув захиралари космик тасвирлари ва геоахборот ресурсларини қайта ишлашнинг дастурий таъминоти ишлаб чиқилган (ESRI, АҚШ); табиий-техноген характердаги гидрогеологик объектларнинг геоахборот технологиялари асосида электрон геоахборот моделлари ишлаб чиқилган (ESRI GIS, Россия); ер ости сувлари ҳаракатини моделлаштириш сифатини баҳолаш ва захираларидан фойдаланишни бошқариш хариталарини яратишнинг дастурий таъминоти ишлаб чиқилган (Waterloo Hydrogeologic, Россия).

Дунёда табиий-техноген характердаги гидрогеологик объектларнинг

мелиоратив ҳолатини, ер ости сув захираларини ҳимоялаш ва мазкур ҳудудлардаги экологик вазиятларни замонавий ахборот технологиялари ва математик моделлаштириш усуллари асосида комплекс қайта тиклаш бўйича қатор, жумладан, қуйидаги устувор йўналишларда тадқиқотлар олиб борилмоқда: ер ости сувли қатламлар гидрогеохимик режимларини математик моделлаштириш алгоритмлари ва дастурий воситаларини ишлаб чиқиш; тупроқ ҳоссаларини ва сизот сувлар сатҳини ҳисобга олган ҳолда, коллектор-зовурлар тизимларини такомиллаштириш; техноген ҳудудларнинг мавсумий ва экологик ҳолатларини ўзгариши ҳақидаги маълумотлар базасини шакллантириш; симсиз сенсор тўрлари асосида суғориладиган майдонлар мелиоратив ҳолатларини тезкор мониторинг қилишнинг компьютерлаштирилган тизимини яратиш; ер ости сувли қатламларини мелиоратив, экологик ҳолатини баҳолаш ва улар асосида бошқарув қарорларини қабул қилиш масалаларини ечишнинг алгоритмлари ва дастурий мажмуаларини ҳамда геоахборот тизимларининг интеграциялашуви механизмини ишлаб чиқиш.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Табiiй-техноген характердаги гидрогеологик тизимларни мелиоратив ва экологик ҳолатини қайта тиклаш жараёнларини математик моделларини яратиш ва бошқарув тизимини такомиллаштиришнинг назарий ва амалий масалаларини ечишда табiiй техноген типдаги гидрогеологик объектларнинг деярли барчасида табiiй режимнинг бузилганлиги шароитларида қарорлар қабул қилиш; табiiй техноген типдаги гидрогеологик объектлар бўйича маълумотлар етишмаслиги, уларнинг аниқмаслиги, рўй бераётган вазиятларнинг мураккаблиги ва турли характердаги маълумотлар билан ишлаш имкониятларининг чекланганлиги туфайли экологик вазият кескин ҳудудларда ер ости гидросфераси ва ташқи муҳит орасида муносабатларнинг геоахборот моделлари ва алгоритмларини яратиш; табiiй-техноген гидрогеологик объектлар (ТТГГО) мураккаблиги ва уларга техноген факторлар таъсирининг кучлилиги, ер ости сув тутувчи қатламлар чегараларининг қатъиймаслиги,

7

параметрлари ва характеристикаларининг ноаниқлигини адекват аниқлаш муаммолари; гидрогеологик объектларни турли маълумотлар шароитида комплекс тадқиқ қилиш муаммоларини геоахборот технологияларини қўллаш асосида ечиш масалалари бир қатор олимлар: V. Velasco (Institute of Environmental Assessment and Water Research (IDAEA), CSIC, Barcelona, Spain), A. García-Gil (Department of Earth Sciences, University of Zaragoza, Zaragoza, Spain), Thomas Kalbacher (Department of Environmental Informatics, Helmholtz Centre for Environmental Research, Leipzig, Germany), Arnis Lektavers (Riga Technical University), Yangxiao Zhou (UNESCO-IHE Institute for Water Education), Wenpeng Li (China Institute for Geo-environmental Monitoring, Beijing) ва бошқаларнинг ишларида кўриб чиқилган.

Табiiй-техноген характердаги гидрогеологик объектларни мелиоратив ва экологик ҳолатини башоратлаш ва баҳолашнинг компьютерлаштирилган

воситаларини яратиш муаммосини ечишда турли хилдаги маълумотлардан ягона компьютерлаштирилган муҳитда фойдаланиш алгоритмларини ишлаб чиқиш, автоматик кузатиш датчикларидан келаётган маълумотларни ихчамлаштириш, спектрал таҳлил қилиш ва сақлаш масалалари билан боғлиқ тадқиқотлар бир қатор олимлар томонидан олиб борилган, жумладан, И.К.Гавич, J.Jeffrey, В.М.Шестаков, Ф.Б.Абуталиев, У.У.Умаров, Ж.Х.Джуманов ва бошқалар таҳлили шуни кўрсатадики, ҳозирги вақтда табиий-техноген характердаги гидрогеологик объектлар ҳақида тезкор ахборот олиш учун симсиз сенсор тўрларига асосланган компьютерлаштирилган кузатиш асбобларидан фойдаланишда бир қатор ижобий натижаларга эришилган.

Табиий-техноген характердаги гидрогеологик объектларнинг ҳудудий маълумотлар базаларини шакллантириш, улар асосида гидрогеологик объектларни геоахборот моделларини ишлаб чиқиш ва бошқарув қарорларини қабул қилишда қатъиймас мантиқ элементларидан фойдаланиш масалаларига бағишланган ишлар A.Farajzadeh, G.D.Smith, O.Kaleva, N.E.Mohamed, Т.Саати, Е.Мамдани, Д.А.Поспелов, В.В.Веселов, Д.А.Паничкин, Л.Зода, Д.Дюба, Т.Саати, Е.Мамдани, П.Ротштейн, Т.Ф.Бекмуратов, Ш.Х.Пазилов, Д.Т.Мухаммадиева, М.А.Рахматуллаев ва бошқа тадқиқотларида кўрилган. Амалиётда, гидрогеологик маълумотлар сифатида фақат сон кўринишидаги маълумотлар тушунилади, бундай маълумотлар эса табиий режими бузилмаган объектлар учун катта аҳамиятга эгалиги кўрилган. Шу билан бирга, табиий-техноген гидрогеологик объектлар учун сон кўринишидаги маълумотларнинг ишончли эмаслиги билан характерланиши, гидрогеологик тадқиқотларда лингвистик кўринишда берилувчи эксперт баҳолашлар, аэрокосмик тасвирлар, ҳудудий ва атрибутив маълумотларидан фойдаланиш усуллари яратиш ва келгусида такомил лаштиришга бағишланган илмий изланишлар ҳозирги кунда етарли даражада кўрилмаган.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент ахборот технологиялари университетининг илмий-тадқи-

8

қот ишлари режасининг А5-020-«Қатъиймас тўпламлар асосида турли хил гидрогеологик маълумотларга ишлов беришнинг аппарат дастурий воситаларини ишлаб чиқиш» (2012-2014), А5-022-«Телекоммуникация тизимлари электромагнит хавфсизлигини комплекс баҳолашга ГАТ технологияларининг интеграллашуви» (2015-2017) мавзуларидаги лойиҳалар доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади турли хилдаги маълумотлар шароитида табиий-техноген характердаги гидрогеологик объектлар учун қарорлар қабул қилишга кўмаклашувчи геоахборот-аналитик тизим ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

табиий-техноген гидрогеологик объектларларни ҳолатларини ифода ловчи мавжуд барча маълумотлар мажмуидан фойдаланиш имконини бе рувчи

геоахборот технологияларига асосланган ахборот-аналитик бошқарув тизим концепциясини ишлаб чиқиш;

табiiй-техноген гидрогеологик объектлар экологик ҳолатини баҳоловчи ва башоратловчи тажрибали мутахассис-экспертларнинг фикрлари, хулосалари ва тажрибаларини формаллаштириш ва умумийлаштириш усулларини ишлаб чиқиш;

қатъиймас маълумотлар шароитида табiiй-техноген характердаги гидрогеологик объектларни қайта тиклаш, локаллаштириш, огоҳлантириш ва бошқарув қарорларини қабул қилиш масалаларининг ечимларини топишга кўмаклашувчи моделларни ишлаб чиқиш;

қатъиймас-мантиқий тўпламлар назарияси принциплари асосида табiiй техноген характердаги гидрогеологик объектлар орасидаги ўзаро боғланишларини ифодаловчи моделлар асосида вазиятни баҳолаш ва бошқарув қарорларини қабул қилиш алгоритмлари ва дастурларини ишлаб чиқиш;

табiiй-техноген гидрогеологик объектлар тасвирларига тезкор параллел ишлов бериш алгоритмлари ва дастурий воситаларини ишлаб чиқиш ҳамда растрли тасвирлар асосида ҳудудлар геоахборот моделини яратиш;

кўп факторли классификациялаш услубини қўллаш асосида Қорақалпоғистон Республикаси Шимолий қисми мисолида табiiй-техноген характердаги гидрогеологик объектларнинг геоахборот моделларини растрли тасвирлар асосида ишлаб чиқиш;

комплекс моделларга асосланиб тематик қатламлар орасидаги корреляцион боғланишлар харитасини яратиш ва бошқарув қарорларини қабул қилиш алгоритм ва дастурий комплексини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида табiiй-техноген характерга эга бўлган гидрогеологик объектларнинг экологик ҳолатларини геоахборот технологиялари ва қатъиймас мантиқий усуллар асосида комплекс қайта тиклаш жараёнлари қаралади.

Тадқиқотнинг предмети табiiй-техноген характердаги гидрогеологик объектларнинг маълумотларини қайта ишлаш алгоритмлари, математик моделлари, компьютерлаштирилган интеллектуал бошқарув қарорларини қабул қилиш тизимини ишлаб чиқиш усуллари ташкил этади.

9

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида қатъиймас тўпламлар назарияси, математик моделлаштириш, маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш, эксперт тизимлари асосида баҳолаш ва бошқарув қарорларини қабул қилиш усуллари қўлланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

табiiй-техноген характердаги гидрогеологик объектлар маълумотлари ни тўплаш, сақлаш ва ишлов бериш, геоахборот технологиялар асосида моделлаштириш, интеллектуаллаштиришга мўлжалланган ахборот-аналитик компьютерлаштирилган тизим ишлаб чиқилган;

табiiй-техноген характердаги гидрогеологик объектлар ҳолатларини

катъиймас тўпламлар назарияси тамойиллари асосида баҳолаш ва умумлаштиришга асосланган бошқарув қарорларини қабул қилиш моделлари ишлаб чиқилган;

табiiй-техноген характердаги гидрогеологик объектлар тасвирларидан маълумот олиш, ишлов бериш жараёнларини параллеллаштириш алгоритм ва дастурий воситалари ишлаб чиқилган;

табiiй-техноген характердаги гидрогеологик объектлар геоахборот модели тематик қатламлари орасидаги ўзаро боғланишларни акс эттирувчи электрон карталар яратиш асосида қарорлар қабул қилишга кўмаклашувчи компьютерлаштирилган тизимнинг алгоритмлари ва дастурий воситалари ишлаб чиқилган;

катъиймас маълумотлар шароитида табiiй-техноген характердаги гидрогеологик объектларни вазиятлари бўйича қайта тиклаш, локаллаштириш, огоҳлантириш ечимлари ва улар орасидаги ўзаро боғланишларини баҳолаш моделлари, алгоритмлари ва дастурий воситалари ишлаб чиқилган;

табiiй-техноген характердаги гидрогеологик объектларнинг тасвирларига тезкор параллель ишлов бериш алгоритмлари ҳамда растрли тасвирлар асосида ҳудудлар геоахборот модели ва вазиятни баҳолаш алгоритмлари ишлаб чиқилган;

геоахборот моделга асосланиб, тематик қатламлар орасидаги корреляцион боғланишлар харитасини яратиш ва бошқарув қарорларини қабул қилиш алгоритм ва дастурий мажмуаси ишлаб чиқилган

Тадқиқотнинг амалий натижаси қуйидагилардан иборат: геоахборот технологиялари асосида табiiй-техноген характердаги гидрогеологик объектларни геоахборот моделлаштириш ва комплекс баҳолаш компьютерлаштирилган тизимдан экологик вазият танг бўлган табiiй-техноген ҳудудларнинг тупроқ ва сув таъминоти шароитларини яхшилаш бўйича бошқарув қарорларини қабул қилиш усуллари ишлаб чиқилган.

ер ости сувлари кўтарилиши натижасида табiiй-техноген ҳудудларда кузатиладиган курғоқланиш ёки ботқоқланиш жараёнларини аввалдан башоратлаш ва ҳудудлардаги ер ости сувлари сатҳларини пасайтириш юзасидан инженерлик қарорларини қабул қилишда суғориладиган ер майдон-

10

ларининг мелиоратив ҳолатларини қайта тиклашнинг геоахборот моделлари ишлаб чиқилган.

табiiй-техноген ҳудудлар ер ва сув шароитлари мониторинги тизимларини гидрогеологик, аэрокосмик тасвир маълумотлари билан таъминлашда ҳамда катъиймас маълумотлар салмоғи юқори бўлган шароитларда бошқарув қарорларини қабул қилишга кўмаклашувчи геоахборот аналитик компьютерлаштирилган тизим мониторинг усуллари ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги табiiй-техноген

характердаги гидрогеологик объектлар бўйича олинган геоахборот моделлаштириш ва математик моделлаштириш натижаларини қаралаётган ҳудудлар бўйича кузатиш ва ўлчаш натижалари билан солиштириш, қаралаётган гидрогеологик объектларни ҳолатини тадқиқот этувчи юқори малакали олимлар ва мутахассис экспертларнинг якуний натижалар бўйича ҳулосалари билан тавсифланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқотда олинган натижаларнинг илмий аҳамияти табиий-техноген характердаги гидрогеологик объектларни геоахборот моделлаштириш натижалари ва интеллектуал таҳлиллаш алгоритмлари ва дастурий воситалари асосида математик моделлаштириш ва бошқарув қарорларини қабул қилиш жараёнларини турли типдаги маълумотлар шароитида интеллектуаллаш масаласини самарали ечиш имконини берувчи математик моделлар, алго-ритмлар ва дастурлар яратиш услубиятини ишлаб чиқишга хизмат қилади.

Олинган натижаларнинг амалий аҳамияти табиий-техноген характер даги гидрогеологик объектларнинг экологик вазиятига кўра маслаҳат берувчи компьютерлаштирилган тизим табиий-техноген ҳудудларнинг мелиоратив, сақлаш ва экологик муаммолари нуқтаи назардан комплекс баҳолаш ва башоратлаш ҳамда бошқарув қарорларини қабул қилиш ва асослаш имконини яратади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Табиий-техноген характердаги гидрогеологик объектларнинг геоахборот ресурсларига ишлов бериш жараёнларини бошқариш тизими ва математик моделлари асосида:

табиий-техноген характердаги ҳудудлар ер қатламларида ва шўрланиш даражасини башоратлаш моделларининг инструментал дастурий воситалар мажмуи Қорақалпоғистон Республикаси шимолий зонасида Ўзбекистон Республикаси Давлат геология ва минерал ресурслар қўмитаси тизимига кирувчи корхоналарнинг технологик тизими «Орол бўйи гидрогеологик экспедициясининг Қорақалпоғистон гидрогеологик станцияси» давлат корхонасига жорий қилинган (Давлат геология ва минерал ресурслар қўмитасининг 2015 йил 14 июлдаги 08-1266-сон маълумотномаси). Илмий натижанинг қўлланилиши табиий-техноген характердаги ҳар бир гидрогеологик объектларнинг мелиоратив ва экологик ҳолатини баҳолаш ва башоратлаш имконини берган;

табиий-техноген характердаги гидрогеологик объектларнинг мелиоратив ҳолатини таъминлаш жараёнининг геоахборот моделлари ва инструментал

дастурий воситалар мажмуи Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлиги тизими корхоналарида жорий этилган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2016 йил 31 октябрдаги 33-8/5937-сон маълумотномаси). Илмий-тадқиқот натижалари табиий-техноген характер даги гидрогеологик объектларнинг геоахборот карталарини яратиш ва

мелиоратив ҳолатини баҳолаш алгоритмлари ва башоратлаш моделларини амалда жорий этиш ҳисобига самарали бошқарув қарорларини қабул қилиш тизимини шакллантириш ва экологик хавфсизлик даражасини 11.2% га оширишни таъминлайди;

табiiй-техноген характердаги гидрогеологик объектлар тасвирларидан маълумот олиш ва ишлов бериш жараёнларини параллеллаштириш дастурий воситалари «Китоб-Шаҳрисабз ер ости сув олиш иншоотлари» тизимида жорий этилган (Давлат геология ва минерал ресурслар қўмитасининг 2015 йил 24 ноябрдаги 01/574-сон маълумотномаси). Илмий-тадқиқот натижалари табiiй-техноген характердаги гидрогеологик объектларнинг мелиоратив ва экологик ҳолатини қайта тиклаш жараёнларини бошқариш тизимини такомиллаштириш, техноген объектлар сонини камайтириш ҳисобига мелиорация ҳудудларининг самарадорлигини 58,7% дан 66,08% га оширишни таъминлашга хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 27 та илмий-техник, шу жумладан 10 та халқаро анжуманларда муҳокама қилинган: «5th International Scientific Conference. European Applied Sciences: challenges and solution» (Германия, Stuttgart, 2015й.); «Radiotexnika, Telekom munikatsiya va Axborot Texnologiyalari: Muammolari va kelajak rivoji» (Ташкент, 2015й.); «Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии, геоэкологии и пути их решения» (Ташкент, 2015й.); «Ахборот технологияларининг ривожланиш истикболлари, ITPA-2014» (Ташкент, 2014й.); «Амалий математика ва ахборот технологияларининг долзарб муаммолари-Ал Хоразмий» (Тошкент, 2012; Самарқанд, 2014й.); «XXI аср фан ва технологияларининг устувор йўналишлари, Тинбо» (Тошкент, 2014й.); «Ишлаб чиқаришни автоматлаштириш интеллектуал тизимлар бутунжаҳон конференцияси, WCIS» (Тошкент, 2012, 2014й.); «Фан, таълим ва ишлаб чиқариш интеграциясини ахборот коммуникация технологиялари асосида ривожлантириш истикболлари» (Қарши, 2016й.); «Ахборот техноло гиялари ва телекоммуникация муаммолари» (Тошкент, 2013й.); «Проблем ные вопросы гидрогеологии, инженерной геологии, геоэкологии и пути их решения» (Тошкент, 2012й.); «Ахборот технологиялари ва телекоммуника ция тизимларини самарали ривожлантириш истикболлари» (Тошкент, 2014й.); «Фан, таълим ва ишлаб чиқариш интеграциясида ахборот комуникация технологияларини қўллашнинг ҳозирги замон масалалари» (Нукус, 2015); «Телекоммуникация ва алоқа соҳасида замонавий ахборот технологиялари» (Тошкент, 2011й.), «Фан ва амалиётнинг интеграллашуви Ўзбекистон Республикаси геология соҳасини самарали ривожлантириш механизми» (Тошкент, 2016й.).

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 45 та илмий иши чоп этилган, шулардан, 1 та монография, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий

нашрларда 17 та мақола, жумладан, 15 таси республика ва 2 таси хорижий журналларда нашр этилган.

Диссертациянинг ҳажми ва тузилиши. Диссертация таркиби кириш, бешта боб, хулоса, 115 фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 185 бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, объект ва предметлари тавсифланган, республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **«Табиий-техноген гидрогеологик объектларни қатъиймас тўпламлар назарияси асосида тадқиқ қилиш ва қарорлар қабул қилиш концепциясини ишлаб чиқиш»** деб номланган биринчи бобида ўлчашлар жараёнларида инсон таъсирини камайтириш, турли характердаги маълумотлар манбааларидан (сонли, лингвистик, тасвир) ахборот олиш асосида фойдаланиш киради.

Мазкур концепцияни жорий қилишдан мақсад гидрогеологик объектларни тадқиқот қилиш натижаларини турли нуктаи назардан (мелиоратив, сақлаш, экологик, иқтисодий ва ҳ.к) тадқиқ қилиш ва шу асосда турли ечимлар қабул қилишдир. Бу ўринда, табиий-техноген гидрогеологик объектларга тегишли маълумотларнинг ноаниқликларининг келиб чиқиш сабаблари ва табиати, ҳамда уларни камайтириш йўллари топиш кам ўрганилган ва долзарб муаммолар сирасига киради. Шу сабабли, экспертлар гидрогеологларнинг гидрогеологик объект ҳақидаги лингвистик кўринишда ифодаланган билимларини олиш ва формаллаштириш ва сонли, яъни қатъиймас сон кўринишида ифодалашга имкон берувчи алгоритмлар ва дастурий воситалар ишлаб чиқиш самаралидир. Бунда, тадқиқот олиб борилаётган ТТГГО параметрлари ҳақида зарур миқдор ва сифатга эга маълумотлар олиш ҳаммавақт ҳам иложиси йўқлигини таъкидлаш лозим. Бунинг асосий сабаби ер ости сувли қатламлар табиий режими бузилганлиги ҳолатида, кўп сонли тажрибалар ўтказиш учун бир хил зарур шароитлар яратишнинг имконияти йўқлигидир. Бу ўринда, ҚТН принципларининг ТТГГО ларга тегишли маълумотларни тўплаш, уларни ишлаш ва қарорлар қабул қилиш интеграциялашуви моделлаштириш ва қарорлар қабул

қабул қилиш объектнинг ҳозирги ва аввалги ҳолатларини таққослаш асосида амалга оширилади. Мазкур ҳолат бўйича табиий-техноген гидрогеологик объектлар билан яхши таниш бўлган ва ишлаш тажрибасига эга бўлган мутахассис гидрогеологларнинг фикрлари, иш тажрибалари ва билимларидан кенг фойдаланилади.

Ечимлар қабул қилиш алгоритмлари ҳолатли таҳлилга асосланади ва қуйидаги ечимлар қабул қилиниши мумкин:

A_U - <мумкин бўлган ечимлар тўплами>

$^D A_U$ - <мумкин бўлган ечимлар ичида керакли ечимлар тўплами>

$^{PP} A_U$ - <профилактик характердаги ечимлар тўплами>

$^II A_U$ - <огохлантириш характердаги ечимлар тўплами>

$^L A_U$ - <ажратиш характердаги ечимлар тўплами>

$$^{PP} A_D \subset A_U, A_U = A_U \cup A \cup A \cup A$$

$\begin{matrix} \Pi U & BC U & LU \end{matrix}$

Ечимлар: <ошириш>, <камайтириш>, <ўзгартирмаслик>, каби кўринишларда берилади ва қуйидагича ифодаланади:

, , - ЛП учун «Ошириш»; $< D T X >$

$$^j < I T X >_{jI} \quad \begin{matrix} i \\ iD \end{matrix}$$

, , - ЛП учун «Камайтириш»;

$$^j < Z T X >_{jZ} \quad I, , \{ \text{«бироз»}, \text{«кучли»} \},$$

{«бироз», «кучли»}, {«ўзгартириш керак эмас»}.

Диссертацияда қабул қилинадиган умумий ечим мумкин бўлган ечимларни қатъиймас баҳолашга асосланган ёйилмаси кўринишидаги аналитик кўринишга келтирилади.

$$^j R = \mu_{jj}(R) \wedge R + \mu_{jj}^I(R) \wedge R + \mu_{jj}^D(R) \wedge R,$$

$$\mu_{R^I} R_I = \vee R R \mu_{jj} R = \vee R R \mu_{jj} R = \vee R R () (,), () (,), () (,)_{jZ}$$

$\begin{matrix} I & R^D & D & R^Z \end{matrix}$

Шуни алоҳида таъкидлаш лозимки, гидрогеологик объектлар ҳолатлари башорати натижалари турли муаммолар нуқтаи назаридан(мелиоратив, ер ости сувларини ифлосланишдан сақлаш, экологик) таҳлил қилиниши лозим ва шу асосда, ҳамда вақтга боғлиқ тарзда қабул қилинадиган ечимлар ўзаро мувофиқлаштирилиши лозим. Бундан қабул қилинадиган ечимлар орасидаги боғлиқликларни хартирафлама чуқур тадқиқ қилиш муаммоси юзага келади. Фараз қилайлик, мелиоратив муаммо юзага келиши муносабати билан^{1 2}

, $R_j R_{j\text{кетма-кет}}$ ечимлар қабул қилинган бўлсин:

$$: R_j P_j \rightarrow P_j;$$

бу ерда¹⁽⁰⁾⁽¹⁾

$$: R_j P_j \rightarrow P_j; {}^{2(1)(2)} P = \{ < m > < c > < b > \}$$

$${}^{(0)} \alpha \alpha \alpha ,$$

$$k k k k_j / , / , / 1 2 2$$

15

₁ α , α , α - k -холоат учун мос термлар тегишлилик k =1,2,3.,

₃

_k
₂

функциялар қийматлари.

¹ R_j ва ² R_j ечимлар орасидаги ўзаро боғланишларни баҳолаш қуйидаги тартибда амалга оширилади:

1. ¹ R_j ва ² R_j ечимлар ₁

_{I , 2}

_{I , D₁ , D₂ ва ^Z} лар бўйича ёйилади.

2. Умумий ечимни топиш учун барча тегишлилик функциялари _{μ D_I D_I , (,)}

_{μ D_I D_I ва (,)}

_{μ R_I R_I , (,)}

_(,)

_{1 2}

_{1 1}

ҳисоблана ди.

_{μ R_I R_I , (,)}

_{1 2 2 2}

_{1 2 1 1}

_{1 2 2 2}

^{1 2} μ R_Z R_Z қийматлари

3. Қийматлари 0,4 дан кичик тегишлилик функциялари ташлаб юборилади.

4. Якуний ечим R_{нинг}

_{I , D_j , Z} лар бўйича ёйилмаси сифатида

аниқланади.

Диссертациянинг «**Табиий-техноген гидрогеологик объектлар тасвирларини рақамли ишлаш**» деб номланган учинчи бобида ТТГГО лар учун муҳим маълумот манбаи бўлган ҳудудлар тасвирларини рақамли ишлашга бағишланган. Бундай объектлар маълумотлар етишмаслиги ва ишончли эмаслиги, ҳамда қатъиймас маълумотлар салмоғи юқорилиги, ҳолатларини аввалдан башорат қилишнинг иложи йўқлиги кабилар сабабли ноаниқлик даражаси юқори бўлган объектлар сирасига киради. Бундай шароитларда, гидрогеологик объектлар тасвирларидан ахборот олиш жуда муҳим ва кам ўрганилган муаммо бўлиб ҳисобланади. Бунда асосий эътибор рақамли тасвирлардан ТТГГО геоахборот модели учун керакли топологик элементларни растрлаштириш орқали аниқлашга асосланган.

ТТГГО ларни уларнинг тасвирлари асосида тадқиқ қилиш жараёнида

турли гидрогеологик объектлар характеристикалари(объект худуди бўйича биржинслимас ётқизиклар, техноген факторлар таъсири, ифлослантирувчи моддалар ва х.к.) чегараларни аниқлаш ва ажратиш каби масалалар долзарбдир. Тасвирлардаги чегаралар ранглар ўзгариши, сиртлар узилишлари, ёрқинлик ва сояларнинг ўзгаришлари туфайли вужудга келиши мумкин.

Агар битта ТТГГО бир нечта тасвирларини олиш имконияти мавжуд бўлса, у ҳолда тасвирлар оқимини самарали ишлаш ва сақлаш билан боғлиқ муаммолар юзага келади. Диссертацияда гидрогеологик объектлар тасвирларига ишлов беришда Адамар матрицаларини шакллантириш асосида ҳисоблашларни параллеллаштириш масалалари қаралади.

Бунда Адамар ортогонал базис функциялари асосида тасвирларга ишлов бериш жараёнини параллеллаштириш алгоритмлари ва дастурлари ишлаб чиқилган.

Диссертацияда ArcGIS, Erdas Imagine, ENVI дастурий комплекслар асосида ТТГГО тасвирларини рақамли ишлаш масалалари қаралади. Бунда, Байес классификаторига асосланган ўқитишга асосланган синфлаштириш усулини қўлланилади. Мазкур ёндошув энг юқори эҳтимоллик билан тегишли синфни аниқлашга имкон берувчи ва бунда апостериор максимум

16

баҳога асосланувчи Байеснинг синфлаштириш услубига асосланган қуйидаги синфлаштириш моделидан фойдаланилади:

$$\ln(\cdot) [0,5\ln(\cdot)] [0,5(\cdot)(\cdot)]^{-1} D = a_c - Cov_c - X - M_c T Cov_c X - M_c$$

бу ерда: D – нормалашган масофа (эҳтимоллик бўйича); c – асосий синф; X - асосий пикселнинг векторини ўлчаш; M_c – c синф танланма қийматлари ўрта қийматлари вектори c ; a - ихтиёрий асосий векторнинг c синфга тегишлилигининг фоизли эҳтимоллиги (стандарт тарзда 1,0, ёки априор билим асосида киритилади; Cov_c – одатдаги c синфга тегишли пикселларнинг ковариацион матрицаси; Cov_c – Cov_c нинг детерминанти;

$^{-1} Cov_c$ – Cov_c га тескари матрица; T – транспонирлаш;

Диссертациянинг «**Табийий-техноген гидрогеологик объектларга тегишли растрли маълумотлар асосида ТТГГО нинг геоахборот моделини ишлаб чиқиш**» деб номланган тўртинчи бобида ГГО ларга тегишли растрли маълумотлар асосида ТТГГО нинг геоахборот моделини ишлаб чиқишга бағишланган.

Мазкур жараён қуйидаги босқичлардан иборат:

1. Берилган харита ёки тасвирдан фойдаланиб ҳудуднинг электрон картасини яратиш.
2. Ҳудудий ва атрибутив маълумотлар базаси яратилади ва маълумотлар топологик объектлар билан боғланади
3. Ҳудудни мелиоратив, ер ости сувли қатламларни сувни химоялаш ва

экологик нуқтаи назардан тадқиқ қилиш учун билимлар базаси яратилади.

4. Геоахборот моделлаштириш асосида ҳудуд қисмларининг маълум муаммо нуқтаи назардан классификацияси жадвали шакллантирилади.
5. Икки ва уч муаммодан иборат тематик қатламлар орасидаги боғланишлар корреляцияси «Силжийдиган ойна» усули асосида амалга оширилади.

Тематик қатламлар орасидаги корреляцион боғланишлар электрон картанинг ҳар бир нуқтаси учун «Силжийдиган ойна» алгоритми асосида амалга оширилади(Тикунов В.С.,1997):

$${}^{22}R_{AAA} = R_{AA} + R_{AA} - R_{AA}R_{AA} - R_{AA} \quad (2)/(1)$$

1 2 3 1 2 1 3 1 2 1 3 2 3

$$\sum_{i=1}^n R_{AA} d_i n = - -$$

$$16/()$$

$$\begin{matrix} ij1 \\ i \end{matrix} = \begin{matrix} i, j = 1, 3; \end{matrix}$$

Диссертациянинг мазкур бобида ERDAS IMAGINE дастури асосида ҳудудлар космик тасвирига рақамли ишлов бериш икки босқичда амалга

17

оширилди: бошланғич статистикани шакллантириш ва дастлабки классификацияни амалга оширилди.

Кейинги босқичда *signature editor* модули асосида космик тасвирнинг спектрал статистикаси амалга оширилди ва *supervised classification* модули асосида классификацияни амалга ошириш учун сигнатуралар файли ҳосил қилинди (синфларнинг тасвир спектрал характеристикалари кўп ўлчовли фазосида). Натижада Қорақалпоғистон Республикаси шимолий зонаси(ҚРШЗ) космик тасвири асосида растрли синфлаштириш қатлами ҳосил қилинди. Ҳудуднинг космик тасвирлари Landsat 7 (2000 й.) ва Landsat 8 (2015 й.)дан К-40-Б ҳудудий зона учун 1:500 000 масштабда олинди. Тадқиқ қилинаётган ҳудуд умумий майдони 44 206,4 км² ни ташкил этади. Бунда, тасвирдаги барча объектлар ичида ранглар ёрқинлиги билан ажралиб турувчи 9 та рангли растр ва тадқиқот учун ҳудуд бўйича қуйидаги 3 та объект ажратиб олинди:

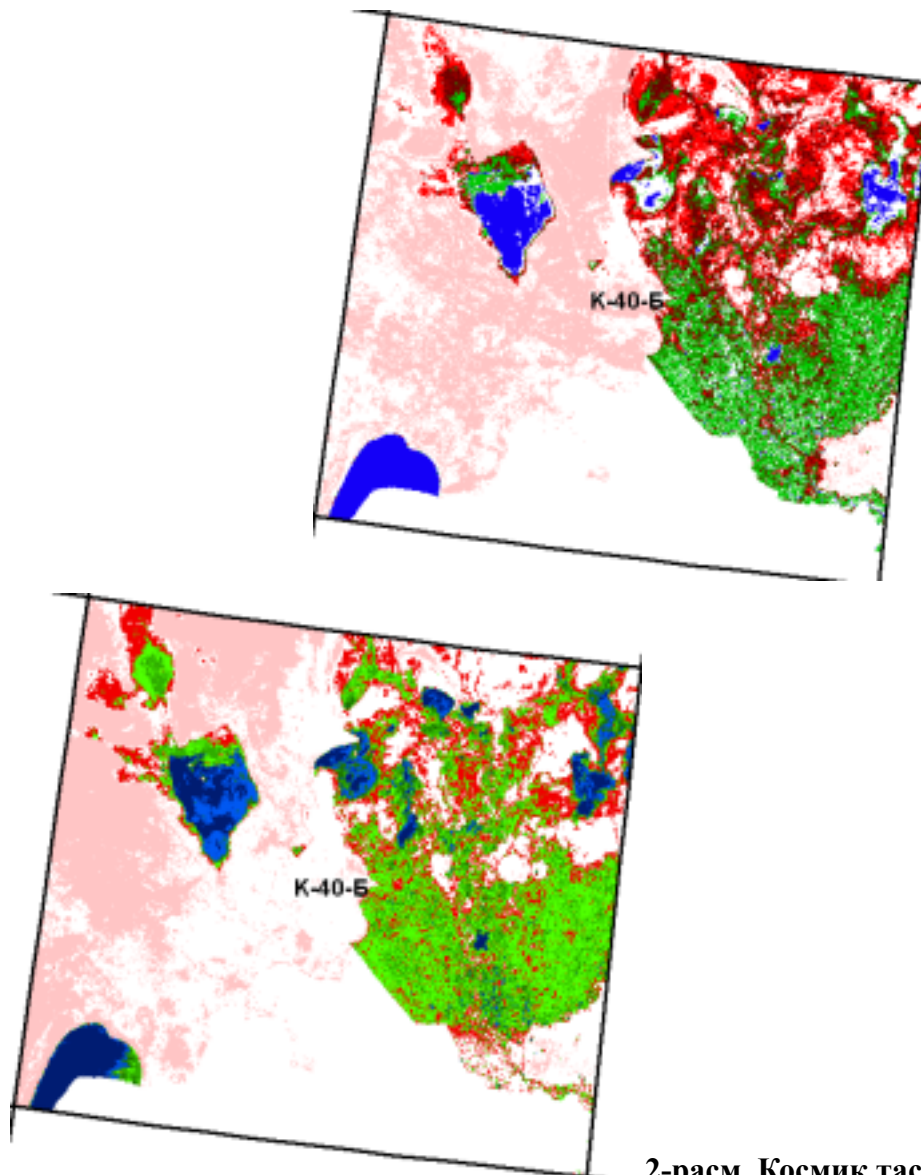
- Сувли қатлам.
- Ўсимлик қатлами.
- Тузли минераллардан ташкил топган тупроқ қатлами.

ҚРШЗ нинг синфлаштирилган космик тасвири асосида ArcGIS муҳитида

моделлаштириш амалга оширилди. Олинган натижалар (2-расмда) ва 1, 2-жадвалларда келтирилди.

Келтирилган натижалар асосида ҳудуд экологик ҳолатининг 2000 йилга нисбатан 2015 йилга келиб ҳудуд усимлик майдонлари камайганлиги ва шу билан бирга тупроқ шўрланиши билан тавсифланувчи майдонларнинг ҳудудининг ошганини кўрсатади

2000 й 2015 й



**2-расм. Космик тасвири асосида растрли
синфлаштириш**

Таблица №1. Космик тасвир асосида Қорақалпоғистон Республикаси шимолий зонасининг 3та қатлам бўйича даврий ўзгариши.

Йиллар	Сувли қатлам	Ўсимлик қатлами	Тузли минераллардан ташкил топган

			тупроқ қатлами
2000	4256,4 км ²	9708,9 км ²	5089 км ²
2015	4108,6 км ²	5587,9 км ²	9716,5 км ²
15 йил фарқи	147,8 км ² <i>кичик</i>	4121 км ² <i>кичик</i>	4627,5 км ² <i>катта</i>

Таблица №2. Қорақалпоғистон Республикаси шимолий зонасининг 3та қатлам бўйича даврий ўзгаришининг фойзларда динамикаси.

Йиллар	Сувли қатлам	Ўсимлик қатлами	Тузли минераллардан ташкил топган тупроқ қатлами
2000	9,6 %	22 %	11,5 %
2015	9,2%	12,6 %	22 %
15 йил фарқи (%)	0,4 <i>кичик</i>	9,4 % <i>кичик</i>	- 10,5 % <i>катта</i>

Диссертациянинг «Компьютерлаштирилган тизимининг Қорақал поғистон Республикаси шимолий зонаси бўйича мониторинг тадқиқот ларини ташкил қилишда амалий қўлланилиши» деб номланган бешинчи боби геоахборот технологиялари асосида ишлаб чиқилган ечимлар қабул қилиш компьютерлаштирилган тизимининг Қорақалпоғистон Республикаси шимолий зонаси бўйича мониторинг тадқиқотларини ташкил қилишда амалий қўлланилишига бағишланган. *Худуднинг гидрогеологик шароитлари.* Геологик нуқтаи-назардан олганда қаралаётган ҳудуд неоген даври қумлида жойлашган тўртламчи давр аллювиал ётқизиклардан иборат. Сувли қатламлар тўртламчи давр қум аралашган ётқизиклардан иборат. Лойли 12- 17 метр чуқурликда, текис тақсимланмаган лойли қатламлар жойлашган.

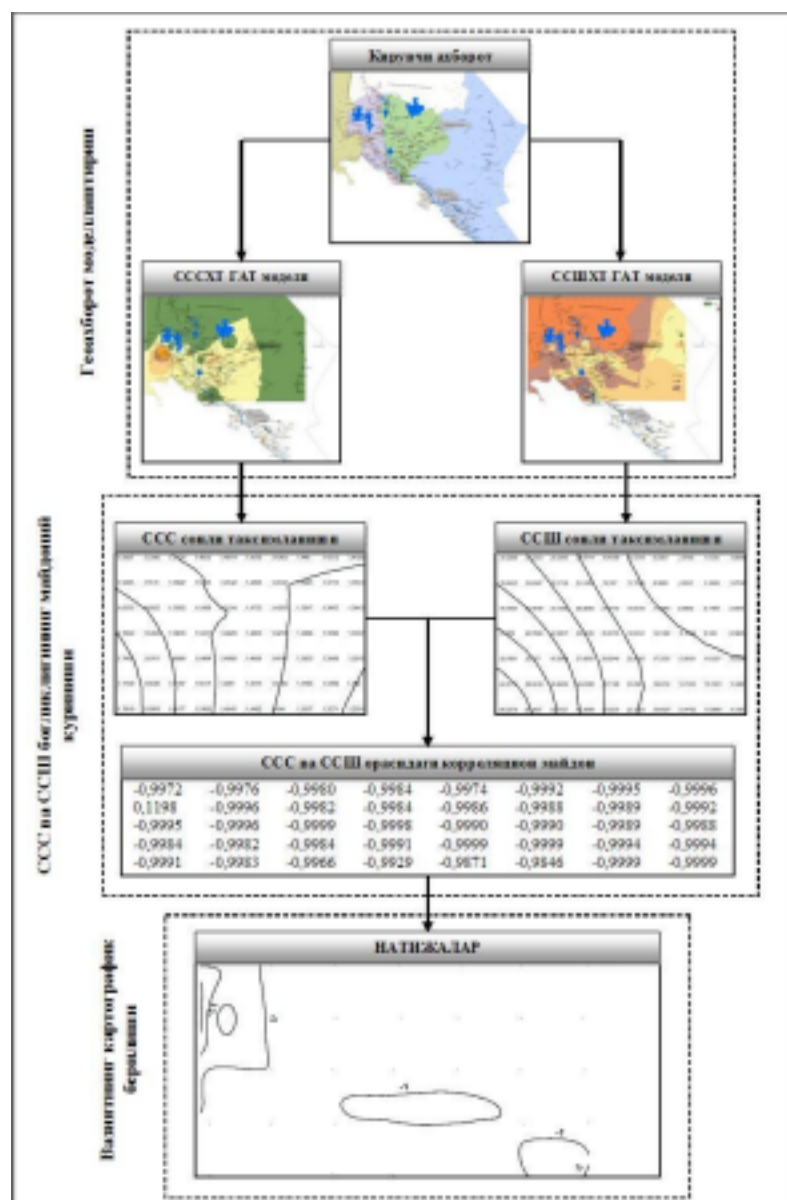
Ушбу жараёнларда қуйидаги мазмундаги тематик хариталар тузилади: геофилтрацион параметрларни фазовий тақсимланиши; ер ости сувли қатлам баланслари фазовий тақсимланиши; геофилтрация ва гидрогеохимия масалалари бошланғич шартларининг фазовий тақсимланиши; ер ости сувлари оқимларининг чегаравий шартлари. Шу тахлит олинган маълумотлар тематик қатламлар ва хариталар кўринишида компьютерлаштирилган тизимга интеграция қилинади ва геофилтрацион параметрлар, бошланғич ва чегаравий шартларни аниқлаш учун ҳисоблаш экспериментлари ўтказилади.

Шу тахлит олинган маълумотлар компьютерлаштирилган тизимга тематик қатламлар ва карталар сифатида киритилади ва тематик қатламлар

орасидаги ўзаро боғланиш «силжийдиган ойна» усули асосида баҳоланади (3-расм).

19

Қаралаётган ҳудуд геоахборот модели топологик элементлари сифатида нуқтавий (сув олувчи қудуклар, назорат қудуклари), чизиқли (инфилтрация каналлари, гидроизогиблар, филтрация соҳаси чегаралари ва х.к.), майдон кўринишидаги (филтрация хусусиятлари бўйича ажратилган зоналар, аҳоли яшаш ҳудудлари ва х.к.)лар олинди.



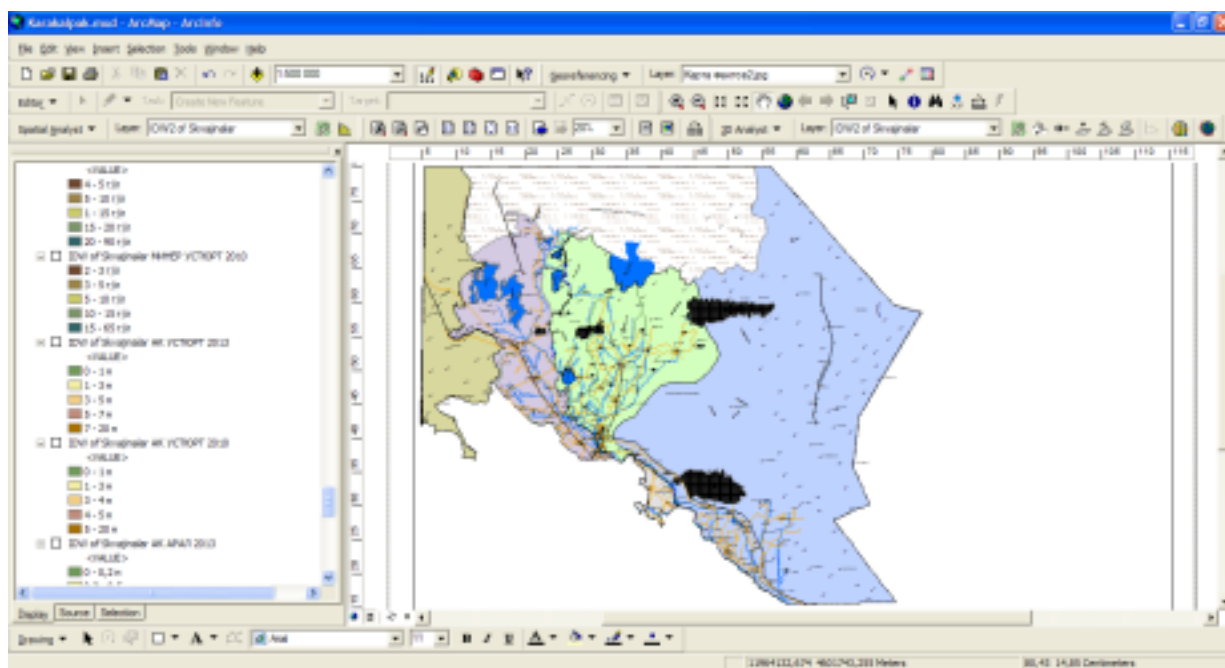
3-расм. «Силжийдиган ойна» усули асосида амалга ошириш алгоритми

Олинган натижалар Қорақалпоғистон Республикаси шимолий зонаси гидрогеолого-мелиоратив ва экологик шароитларининг геоахборот моделлаштиришга асосланган ҳудудий модели асосида гидрогеологик объектларнинг тузилиши, динамикаси ва топологик элементлари орасидаги ахборот муносабатларидан фойдаланиш истикболли эканини кўрсатади.

Геоахборот технологиялари Қорақалпоғистон Республикаси шимолий зонаси ер ости сувлари динамикасини ўрганишнинг самарали воситаларидан бўлиб, ер ости сувларининг сатҳлари ва концентрациялари ҳамда чегаравий

20

шартларидан ҳудуд геоахборот моделининг алоҳида мавзули қатламлари сифатида фойдаланиш имконияти бўлиб ҳисобланади. Шу таҳлит ҳосил қилинган мавзули қатламлардан қаралаётган ҳудуд гидрогеологик шароитларининг ўзгариши, фильтрация соҳасининг биржинслимаслиги шароитида геофильтрация параметрларини аниқлаштириш бўйича ҳисоблаш экспериментлари ўтказишда фойдаланиш имконияти яратилади.



4-расм. Қорақалпоғистон Республикаси шимолий зонаси гидрогеологик шароитларининг геоахборот модели

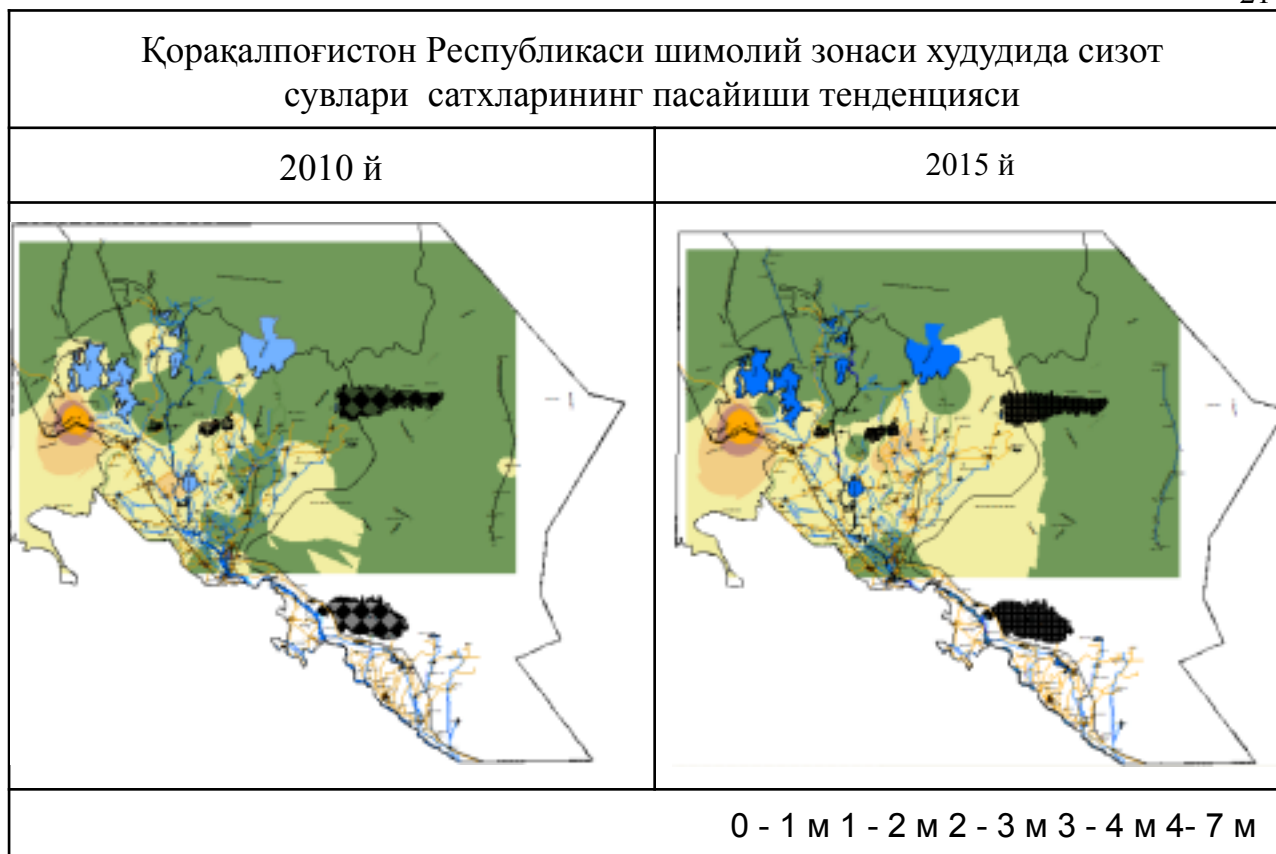
Дастлабки боскичда, ArcGIS дастурий муҳити ArcCatalog дастурий воситаси асосида Қорақалпоғистон Республикаси шимолий зонаси геоахборот моделининг структураси ташкиллаштирилади. Мазкур моделнинг топологик элементлари: полигонал(туманлар, хўжаликлар, ҳудудлар), чизиқли(туманлар, хўжаликлар чегаралари, йўллар, дарёлар, каналлар), нуқтавий(сув олиш ва кузатиш кудуқлари, айрим иншоотлар ва х.к.) (4-расм).

Қорақалпоғистон Республикаси шимолий зонаси геоахборот модели асосида ер ости сизот сувлари сатҳларининг ва шўрланишининг ўзгаришларининг бошқа объектларга таъсирини ўрганиш бўйича ҳисоблаш экспериментлари ўтказилди.

ArcGIS нинг *Spatial Analyst* пакетидан фойдаланилди ва олинган натижалар шуни кўрсатадики, 2010дан 2015 йиллар мобайнида сизот сувлар сатҳининг шимол томон йўналишида пастлашиши кузатилади, бунда сизот сувлари сатҳи 0 дан 1 метргача ҳудудлар майдонлари анчагина камаяди, шу билан бир қаторда ер ости сизот сувлари сатҳи 1 метрдан 2 метргача бўлган

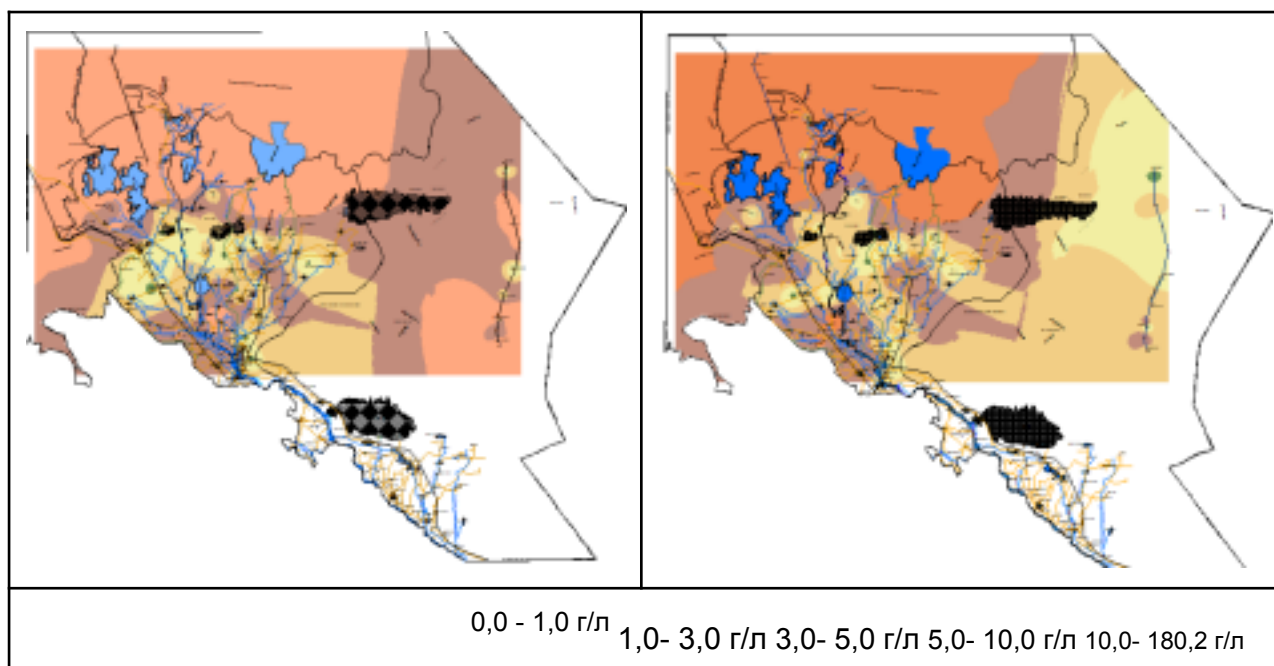
майдонлар улуши ортади (5-расм). Шу асосда таъкидлаш мумкинки, ер ости сизот сувларининг сатхлари пасайганлиги шўрланган майдонлар худудининг ортишига олиб келади (6-расм).

21



5-расм. Геоахборот моделлаштириш асосида Қорақалпоғистон Республикаси шимолий зонаси худуди сизот сувлари сатхларининг ўзгаришини тадқиқ этиш бўйича ҳисоблаш экспериментлари натижалари.

Қорақалпоғистон Республикаси шимолий зонаси сизот сувлари шўрланишининг ўзгариши	
2010 й	2015 й



6-расм. Геоахборот моделлаштириш асосида Қорақалпоғистон Республикаси шимолӣ зонаси ҳудуди сизот сувлари шўрланишининг ўзгаришини тадқиқ этиш бўйича ҳисоблаш экспериментлари натижалари.

Табиий-техноген характердаги гидрогеологик объектларнинг геоахборот моделларини яратишда гидрогеологик объект ва геоахборот модели орасидаги маълумот алмашувни ташкил қилишда координата

22

мутаносиблигига амал қилиш ҳамда тематик қатламлар ҳосил қилиш асосида гидрогеологик объектни комплекс тадқиқ қилиш асосида ечимлар қабул қилиш муҳим аҳамиятга эгадир

Бунда тематик қатламлар сифатида, бир масштабдаги сизот сувлар сатхлари, минераллашуви, геофилтрация параметрларининг ҳудудий тақсимланиши, суғориладиган майдонларнинг сувга бўлган эҳтиёжлари кабиларни келтириш мумкин. Бунда вужудга келувчи белгили характердаги ва фазовий маълумотлар географик аниқмасликларини камайитиришда ArcGIS нинг қатъиймас ҳудудий маълумотлар билан ишлашга имкон берувчи Fuzzy Overlay, Fuzzy Membership инструментал воситаларидан фойдаланиш мақсадга мувофиқ.

ХУЛОСА

«Табиий-техноген характердаги гидрогеологик объектларни геоахборот моделлаштириш асосида қарорлар қабул қилишни қувватловчи тизим» мавзусидаги докторлик диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги хулосаларга келинди:

1. Турли хилдаги маълумотлар (сонли, сифат кўринишидаги лингвистик, растрли, худудий ва ҳ.к.) билан ишлаш геоахборот-аналитик концепцияси ва қабул қилинган ечимларни лингвистик ифодалаш алгоритмлари ва дастурий комплекси ишлаб чиқилди. Компьютерлаштирилган тизим геоахборот, қатъиймас-ахборот ва эксперт-аналитик ташкил этувчиларни ўз ичига олади ва бу ташкил этувчилар орасида ахборот алмашуви алгоритмлари ва дастурий воситалари ишлаб чиқилди.

2. Қатъиймас-мантиқий ва Саати усуллари асосида эксперт гидрогеологлар тажрибалари, билимлари ва тахминларини формаллаштириш ва умумлаштириш усуллари, алгоритмлари ва дастурий комплекси ишлаб чиқилди.

3. Табiiй-техноген характердаги гидрогеологик объектлар ҳолатлари (мелиоратив, ер ости сувларини ҳимоялаш, экологик) асосида қабул қилинадиган турли характердаги (огоҳлантирувчи, тикловчи, ажратувчи) ечимларни умумлаштириш моделлари ишлаб чиқилди ва асосланди.

4. Геоахборот моделлаштириш натижаларини ҳолатли таҳлил қилиш асосида қабул қилинадиган ечимлар орасидаги ўзаро боғланишларни қатъиймас баҳолаш алгоритмлари ишлаб чиқилди. Умумий ечимни кучайтириш, камайитириш, ўзгартмаслик кўринишидаги хусусий ечимлар асосидаги модели ишлаб чиқилди.

5. Гидрогеологик объектлар тасвирларидан маълумот олиш ва тасвирларни параллел ишлаш алгоритмлари ва дастурий воситалари ишлаб чиқилди.

6. Растрли маълумотлар асосида табiiй-техноген гидрогеологик объектлар геоахборот моделини яратиш тамойиллари ишлаб чиқилди. 7. “Силжийдиган ойна” усули асосида, табiiй-техноген гидрогеологик объектлар геоахборот моделининг икки ва уч тематик қатламлари орасидаги

23

ўзаро боғланиш корреляцион майдонларини ҳосил қилиш алгоритмлари ва дастури ишлаб чиқилди.

8. Ишлаб чиқилган компьютерлаштирилган ахборот-аналитик тизим Қорақалпоғистон Республикаси шимолий зонаси худуди мониторинги тадқиқотларда қўлланилди.

9. Қорақалпоғистон Республикаси шимолий зонаси худуди геоахборот модели асосида сизот сувлари сатҳлари ва минераллашуви ўзгаришларининг худуднинг бошқа объектларига таъсирини ўрганиш бўйича ҳисоблаш экспериментлари ўтказилди.

10. Геоахборот моделлаштириш натижаларининг худудий-вақтий таҳлили ArcGIS муҳитининг Spatial Analyst пакети асосида амалга оширилди.

11. Олинган натижалар сизот сувлари сатҳларининг пасайишини ва шўрланиш даражасининг 2010-2015 йиллар оралиғида шимол томон ошувини кўрсатади. Қорақалпоғистон Республикаси шимолий зонасининг вақт бўйича икки даврга (2000 ва 2015 йй.) тегишли космик тасвирлари ERDAS IMAGINE пакети воситасида рақамли таҳлил қилинди. Олинган

натижаларнинг геоахборот моделлаштириш натижалари билан деярли мослигини кўриш мумкин.

24

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ 14.07.2016.Т.29.01 при ТАШКЕНТСКОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ и
НАЦИОНАЛЬНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ УЗБЕКИСТАНА ПО
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК
ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ**

ОТЕНИЯЗОВ РАШИД ИДРИСОВИЧ

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ПРИРОДНО ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА

**05.01.04 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин,
комплексов и компьютерных сетей
(технические науки)**

АВТОРЕФЕРАТ ДОКТОРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ Ташкент – 2016

25

**Тема докторской диссертации зарегистрирована за № 30.09.2014/В2014.3-4.Т166 в
Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан.**

Докторская диссертация выполнена в Ташкентском университете информационных технологий.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский) размещен на веб-странице по адресу www.tuit.uz и Информационно-образовательном портале “ZIYONET” по адресу www.ziyonet.uz

Научный консультант: Усманов Ришат Ниязбекович

доктор технических наук

Официальные оппоненты: Хабибуллаев Иброхим Хабибуллаевич

доктор технических наук, профессор

Мухамедиева Дилноз Тулкуновна

доктор технических наук, профессор

Жмудь Вадим Аркадьевич (Российская Федерация)

доктор технических наук, профессор

**Ведущая организация: Ташкентский государственный технический
университет**

Защита диссертации состоится «1» декабря 2016 г. в 10⁰⁰ часов на заседании научного совета 14.07.2016.Т.29.01 при Ташкентском университете информационных технологий и Национальном университете Узбекистана по адресу: 100202, Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-64-43; факс: (99871) 238-65-52; e-mail: tuit@tuit.uz.

С докторской диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского университета информационных технологий (регистрационный номер 2519) по адресу: 100202, Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-64-43.

Автореферат диссертации разослан «16 » ноября 2016 года.
(протокол рассылки № 1 от «16» ноября 2016 г.).

Р.Х.Хамдамов

Председатель научного совета по присуждению
учёной степени доктора наук
д.т.н., профессор

М.С. Якубов

Ученый секретарь научного совета по
присуждению учёной степени доктора наук
д.т.н., профессор

Х.Н.Зайнидинов

Председатель научного семинара
при Научном совете по присуждению учёной
степени доктора наук д.т.н.

26

ВВЕДЕНИЕ (аннотация докторской диссертации)

Актуальность и востребованность темы диссертации. На сегодняшний день в мире одними из актуальных проблем являются моделирование сезонных изменений мелиоративных и экологических состояний гидрогеологических объектов природно-техногенного характера и создание высокоэффективных систем управления на основе достижений геоинформационных технологий. «Каждый год в природно-техногенных объектах наблюдается нехватка воды на 6-7 млн. гектарах земли, вместе с тем на нашей планете на основе геоинформационных технологий достигнуто улучшение мелиоративного состояния 1,5 млрд. гектара земель до уровня 75-78% с учетом их географического расположения и экологических особенностей»³.

В Республике Узбекистан осуществляются широкомасштабные научно исследовательские работы по совершенствованию системы поддержки

принятия управляющих решений по улучшению мелиоративного состояния и повышения производительности интенсивно используемых земель природно техногенного характера. В этом отношении проведен ряд научно исследовательских работ, в том числе по улучшению мелиоративного состояния земель, используемых в разных областях сельского хозяйства, по моделированию процессов восстановления плодородия земель и управлению мелиоративными системами, а также по их эффективному использованию.

В мире важное значение приобретают вопросы разработки математических моделей гидрогеологических объектов природно техногенного характера на основе геоинформационных технологий и формирования баз геоданных изменений сезонных и экологических состояний техногенных территорий. В связи с этим осуществление целенаправленных научных исследований по направлениям, включающим разработку моделей принятия разнохарактерных решений в условиях нечеткой информации, разработку схемы расположения коллекторно дренажных систем с учетом почвенно-мелиоративных свойств и глубины залегания уровней грунтовых вод, разработку алгоритмов и программных средств моделирования исследований взаимосвязей разнохарактерных решений (предупредительные, локализационные, восстановительные) на основе принципов теории нечеткой логики, разработку геоинформационных моделей границ на основе растрового изображения, считается одной из важных задач. Проведение научных исследований по вышеприведенным научно-исследовательским направлениям подтверждает актуальность темы данной диссертации.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Постановлении Президента Республики Узбекистан №ПП-1989 от 27 июня 2013 года «О мерах по

³ <http://www.agrowebcee.net/awuz-ru/nauka/materialy-konferencii/>

дальнейшему развитию национальной информационно-коммуникационной системы», постановлении Кабинета Министров Республики Узбекистан №82 от 19 марта 2013 года «Порядок водопользования и водопотребления в Республике Узбекистан», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики IV. «Развитие информатизации и информационно коммуникационных технологий».

Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации.⁴ Научные исследования, направленные на разработку систем поддержки принятия решений для гидрогеологических объектов природно-техногенного

характера (ГГОПТХ) на базе геоинформационных систем, разработку методов интеллектуализации процессов комплексного исследования гидрогеологических, технологических и экономических основ сложных систем в условиях информационной неопределенности на базе геоинформационных технологий, осуществляются в ведущих научных центрах и высших образовательных учреждениях мира, в том числе в Aquila Space, Dauria Aerospace, Esri Inc, Exelis VIS, Modflow, University of California, Berkeley (США), Geomatics Canada, Schlumberger Water Services (Канада), Karlsruhe Institute of Technology, Institute of Applied Geosciences (Германия), Centre for Ecology and Hydrology, Centre for Water Science, Cranfield University (Великобритания), Airbus Defence and Space, Geo-Intelligence, SpotImage (Франция), DEIMOS Imaging, Remote Sensing Laboratory of the University of Valladolid (Испания), University of Technology (Польша), University of Pisa, Department of Geosciences, University of Camerino (Италия), University of Technology (Дания), National Institute of Hydrology, Waterloo Hydro geologic, Excel Geomatics (Индия), GISTDA (Таиланд), Technical University of Denmark (Дания), Esri CIS, ООО «Дата», Московском государственном университете, Московском университете связи и информатизации, Казанском университете (Россия), Научно-исследовательском институте ирригации и водных проблем при Ташкентском институте ирригации и мелиорации и т.д.

В результате исследований, проведенных в мире по разработке алгоритмов и методов создания оценки и прогнозирования моделей с помощью технологических основ геоинформационных технологий в принятии решения на основе геоинформационных технологий для гидрогеологических объектов природно-техногенного характера, совершенствованию структуры системы мониторинга получены ряд научных результатов, в том числе: разработаны фотограмметрические программные

⁴ Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации проведена на основе нижеприведенных и других источников: <http://www.slb.com/services/additional/water.aspx>, https://en.wikipedia.org/wiki/Centre_for_Ecology_and_Hydrology, <http://jr.rse.cosmos.ru/article.aspx?id=167>, <http://nihroorkee.gov.in/>, <http://ecospace.me/GISTDA.html>, <https://www.linkedin.com/company/excel-geomatics-pvt-ltd->

решения высокого уровня разрешения по использованию навигационной системы GPS и геодезических установок (Trimble, Digital Globe, США); разработаны методы обработки оптических аэрокосмических снимков высокого Sport & Pleiades разрешения (Airbus Defense and Space, Франция); карты водных запасов в области сельского хозяйства на основе космического мониторинга (Aquila Space, США); созданы программное обеспечение обработки космических снимков запасов подземных вод и геоинформационных ресурсов (ESRI, США); разработаны электронные геоинформационные модели на основе геоинформационных технологий гидрогеологических объектов природно-техногенного характера (ESRI GIS, Россия); разработана программное обеспечение по созданию карт управления оценкой

качества моделирования движения подземных вод и использованием их запасами (Waterloo Hydrogeologic, Россия).

В мире по защите мелиоративного состояния подземных водных ресурсов и комплексов по восстановлению экологических ситуаций на исследуемых территориях на основе современных информационных технологий и методов математического моделирования по ряду приоритетных направлений проводятся следующие исследования: разработка алгоритмов и программных средств математического моделирования гидрохимического режима подземной гидросферы; усовершенствование коллекторно-дренажных систем с учетом почвенных условий и уровней грунтовых вод; формирование баз данных изменений сезонных и экологических состояний техногенных территорий; создание компьютеризированной системы оперативного мониторинга мелиоративных состояний орошаемых территорий на базе беспроводных сенсорных сетей; разработка алгоритмов и программных комплексов, а также механизмов интеграции геоинформационных систем для принятия управляющих решений задач по оценке мелиоративных и экологических состояний подземных водоносных пластов.

Степень изученности проблемы. Вопросы исследования проблем, связанных с математическим моделированием восстановления мелиоративных и экологических состояний гидрогеологических объектов природно-техногенного характера и решением теоретических и прикладных задач совершенствования систем управления в условиях повсеместного нарушения естественного режима гидрогеологических объектов; разработки геоинформационных моделей и алгоритмов отношений между подземной гидросферой и окружающей средой на территориях с экологически напряженной обстановкой, из-за нехватки неопределенности данных для гидрогеологических объектов природно-техногенного характера, сложности возникающих ситуаций и ограниченности возможностей работы с разнородными данными; сложности ГГОПТХ и сильного влияния на них техногенных факторов, нечеткости границ подземных водоносных пластов, проблемы с адекватным определением их параметров и характеристик, характеризующихся неопределенностью; комплексным исследованием гидрогеологических объектов в условиях разнородной информации на основе

29

геоинформационных технологий рассмотрены в работах ряда исследователей: V. Velasco (Institute of Environmental Assessment and Water Research (IDAEA), CSIC, Barcelona, Spain), A. García-Gil (Department of Earth Sciences, University of Zaragoza, Zaragoza, Spain), Thomas Kalbacher (Department of Environmental Informatics, Helmholtz Centre for Environmental Research, Leipzig, Germany), Arnis Lektavers (Riga Technical University), Yangxiao Zhou (UNESCO-IHE Institute for Water Education), Wenpeng Li (China Institute for Geo-environmental Monitoring, Beijing).

Вопросам, связанным с разработкой компьютеризированных средств, позволяющих решать задачи на основе алгоритмов оценки и прогнозирования

мелиоративного и экологического состояний гидрогеологических объектов природно-техногенного характера в условиях разнородной информации в рамках единой компьютеризированной среды, сжатием данных, поступающих с датчиков автоматического измерения, их спектральной обработкой и хранением, посвящены исследования ряда ученых: И.К.Гавича, J.Jeffrey, В.М.Шестакова, Ф.Б. Абуталиева, У.У.Умарова, Ж.Х.Джуманова и др. Анализ их исследований позволяет сделать вывод о значительных результатах в области получения оперативной информации о гидрогеологических объектах природно-техногенного характера, связанных с использованием компьютеризированных приборов наблюдения, основанных на использовании беспроводных сенсорных сетей.

Вопросам формирования территориальных баз данных гидрогеологических объектов природно-техногенного характера и разработки геоинформационных моделей гидрогеологических объектов на их основе, а также применения принципов теорий нечетких множеств в принятии управляющих решений посвящены работы A.Farajzadeh, G.D.Smith, O.Kaleva, N.E.Mohamed, Т.Саати, Е.Мамдани, Д.А.Поспелова, В.В.Веселова, Д.А.Паничкина, Л.Заде, Д.Дзюбы, П.Ротштейна, Т.Ф.Бекмуратова, Ш.Х.Пазилова, Д.Т.Мухамадиевой, М.А.Рахматуллаева и др. На практике, как правило, под гидрогеологическими данными понимаются данные числового характера, имеющие большое значение для объектов с ненарушенным режимом. В то же время следует отметить недостоверность данных числового характера для гидрогеологических объектов природно-техногенного характера, недостаточную исследованность вопросов применения лингвистических оценок экспертов, данных, получаемых с аэрокосмических снимков, разработанность методов использования данных территориального и атрибутивного характера.

Связь диссертационной работы с тематическими планами НИР.

Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно исследовательских проектов Ташкентского университета информационных технологий по темам: А5–020 «Разработка аппаратно-программных средств обработки разнородной гидрогеологической информации на базе нечетко множественного подхода» (2012-2014); А5-022 «Интеграция ГИС технологий для комплексной оценки электромагнитной безопасности телеком муникационных систем» (2015-2017).

30

Целью исследований является разработка геоинформационно аналитической системы поддержки принятия решений для гидрогеологических объектов природно-техногенного характера в условиях разнородной информации.

Задачами исследований:

разработка концепции информационно-аналитической комплексной системы управления состоянием гидрогеологических объектов природно техногенного характера, позволяющей использовать всю доступную

информацию на основе геоинформационных технологий;

разработка методов формализации и обобщения опыта, мнений и выводов специалистов-экспертов при оценке и прогнозировании экологического состояния гидрогеологических объектов природно техногенного характера;

разработка моделей поддержки принятия восстановительного, локализационного, предупредительного и управляющего решения для гидрогеологических объектов природно-техногенного характера в условиях нечетких данных;

разработка алгоритмов и программ ситуационного оценивания и принятия управляющих решений на основе моделей взаимосвязи между гидрогеологическими объектами природно-техногенного характера на основе принципов теории нечетких логических множеств;

разработка алгоритмов и программных средств для быстрой обработки изображений гидрогеологических объектов природно-техногенного характера, а также геоинформационной модели на основе данных растровых изображений;

разработка геоинформационной модели природно-техногенных гидрогеологических объектов на основе растровых данных с применением метода многофакторной классификации на примере Северной зоны Республики Каракалпакстан;

создание алгоритма и комплекса программ формирования карты корреляционных взаимосвязей между тематическими слоями и разработка управленческими решениями на основе комплексных моделей.

Объектом исследования являются процессы комплексного восстановления экологических состояний гидрогеологических объектов природно-техногенного характера на основе геоинформационных технологий методом нечеткой логики.

Предметом исследований являются алгоритмы обработки данных гидрогеологических объектов природно-техногенного характера, математические модели, методы разработки системы интеллектуального принятия управляющих решений.

Методы исследования. В процессе исследований применены методы теории нечетких множеств, математического моделирования, интеллектуального анализа данных, оценивания и принятия управленческих решений на основе экспертных систем.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработана информационно-аналитическая компьютеризированная система, предназначенная для сбора, хранения, обработки и моделирования данных на основе геоинформационных технологий и интеллектуализации принятия решений для гидрогеологических объектов природно-техногенного характера; разработаны модели принятия управленческих решений, основанные на

оценках и обобщении состояний гидрогеологических объектов природно-техногенного характера с учетом принципов теории нечетких множеств;
разработаны алгоритмы и программные средства получения информации от изображений гидрогеологических объектов природно-техногенного характера и параллельной обработки изображений;

разработаны алгоритмы и программные средства для компьютеризированной системы поддержки принятия решений, основанные на создании электронных карт взаимосвязи между тематическими слоями геоинформационной модели гидрогеологических объектов природно-техногенного характера;

разработаны модели, алгоритмы и программные средства для оценки взаимосвязи решений восстановительного, локализационного или предупредительного характера, определяемых по ситуациям гидрогеологических объектов природно-техногенного характера в условиях нечеткой информации;

разработаны алгоритмы оперативной параллельной обработки изображений гидрогеологических объектов природно-техногенного характера, а также алгоритмы формирования геоинформационной модели территорий на основе растровых изображений и оценки ситуаций;

разработаны алгоритмы и комплекс программ принятия управленческих решений и созданы карты корреляционных взаимосвязей между тематическими слоями на основе геоинформационной модели.

Практические результаты исследования заключаются в следующем: разработаны методы принятия управляющих решений по улучшению водных и почвенных условий для природно-техногенных объектов, характеризующихся экологической напряженностью на основе компьютеризированной модели геоинформационного представления и комплексной оценки гидрогеологических объектов природно-техногенного характера с учетом геоинформационных технологий;

разработаны геоинформационные модели по принятию инженерных решений по восстановлению мелиоративного состояния природно-техногенных территории на основе прогнозирования процессов опустынивания или заболачивания посредством понижения уровней подземных вод;

разработаны методы мониторинга геоинформационно-аналитических компьютеризированных системах, основанная на поддержке принятия управляющих решений в условиях доминирования информации нечетких данных в информационном обеспечении систем мониторинга земельных и

водных ресурсов природно-техногенных территорий полученными с аэрокосмических изображений объектов.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования обосновывается на сопоставлении результатов геоинформационного моделирования и математического моделирования по

гидрогеологическим объектам природно-техногенного характера с данными наблюдений и измерений, с итоговыми выводами специалистов-экспертов и исследованиями ученых высокого уровня по рассматриваемым гидрогеологическим объектам.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследований заключается в разработке математических моделей, алгоритмов и программ интеллектуализации, позволяющих эффективно решать задачи математического моделирования и принятия управляющих решений в условиях разнородной информации на основе результатов геоинформационного моделирования и алгоритмов интеллектуального анализа.

Практическая значимость результатов работы компьютеризированной системы ситуационно-советующего характера по состояниям гидрогеологических объектов природно-техногенного характера заключается в том, что она позволит принимать управляющие решения мелиоративного, водоохранного и экологического характера по природно-техническим территориям и обосновать их.

Внедрение результатов исследования. На основе системы управления и математического моделирования процессов обработки геоинформационных ресурсов гидрогеологических объектов природно-техногенного характера:

инструментальный программный комплекс средств моделей прогнозирования состояний подземных слоев территорий природно-техногенного характера и степени засоленности земель внедрен на ГП “Приаральская гидрогеологическая экспедиция” на территории Северной зоны Республики Каракалпакстан (справка №08-1266 от 14 июля 2015 года Государственного комитета по геологии и минеральным ресурсам). Применение научного результата дало прогнозирования и оценка мелиоративных и экологических состояний гидрогеологических объектов природно-техногенного характера.

геоинформационные модели и инструментальный программный комплекс процесса обеспечения мелиоративного состояния гидрогеологических объектов природно-техногенного характера внедрены в предприятиях министерства информационных технологий и развития коммуникаций (справка №33-8/5937 от 31 октября 2016 года Министерства информационных технологий и развития коммуникаций). Внедрение результатов научных исследований по созданию геоинформационных карт гидрогеологических объектов природно-техногенного характера, а также алгоритмов оценки мелиоративных состояний и моделей прогнозирования позволило сформировать систему принятия решений, что повысило степень экологической безопасности на 11,2 %.

программные средства извлечения данных из изображений гидрогеологических объектов природно-техногенного характера и распараллеливания процессов обработки изображений внедрены в систему

«Китаб-Шахриябзского водозабора подземных вод» (справка №01/574 от 24 ноября 2015 года Государственного комитета по геологии и минеральным ресурсам). Результаты научных исследований позволяют усовершенствовать процессы управления восстановлением мелиоративного и экологического состояний гидрогеологических объектов природно-техногенного характера, повысить производительность мелиоративных территорий за счет уменьшения количества техногенных объектов с 58,7 до 66,08 %.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования доложены на 27 научно-технических, в том числе на 10 международных конференциях: «5th International Scientific Conference. European Applied Sciences: challenges and solution» (Германия, Stuttgart, 2015); «Radiotexnika, Telekom-munikatsiya va Axborot Texnologiyalari: Muammolari va kelajak rivoji» (Ташкент, 2015); «Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии, геоэкологии и пути их решения» (Ташкент, 2015); «Перспективы развития информационных технологий, ИТРА-2014» (Ташкент, 2014); «Актуальные проблемы прикладной математики и информационных технологий-Ал Хоразмий» (Ташкент, 2012; Самарканд, 2014); «Приоритетные направления в области науки и технологий в XXI веке» (Ташкент 2014); Всемирной конференции WCIS–2012 «Интеллектуальные системы для индустриальной автоматизации» (Ташкент 2012, 2014); «Фан, таълим ва ишлаб чиқариш интеграциясини ахборот коммуникацияси технологиялари асосида ривожлантириш истикболлари» (Қарши, 2016); «Ахборот технологиялари ва телекоммуникация муаммолари» (Ташкент, 2013); «Проблемные вопросы гидрогеологии, инженерной геологии, геоэкологии и пути их решения» (Ташкент, 2012); «Интеграция науки и практики как механизм эффективного развития геологической отрасли Республики Узбекистан» (Ташкент, 2014); «Современные вопросы применения информационных технологий в интеграции науки, образования и производства» (Нукус, 2015); «Современные информационные технологии в сферах телекоммуникации и связи» (Ташкент, 2011); Международной научно-технической конференции «Интеграции науки и практики как механизм эффективного развития геологической отрасли Республики Узбекистан » (Ташкент, 2016) и на 17 республиканских конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 45 научных трудов. Из них 1 монография, 17 журнальных статей, в том числе 2 в иностранных, 15 в республиканских журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертации, а также получено 6 свидетельств о регистрации программ для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация содержит 185 страниц и состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной

литературы из 115 наименований и приложения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность темы, приведен краткий обзор работ по теме диссертации, сформулированы актуальность, цель и основные задачи исследования, описаны состав и структура работы, определены ее новизна и научно-практическая ценность, представлены опубликованные работы.

Первая глава диссертации **«Разработка концепции исследования и принятия решений на основе применения методов нечетких множеств»** посвящена вопросам уменьшения влияния человеческого фактора на измерительные процедуры, извлечение из источников разнородных данных (числовые, лингвистические, изображение).

Основной целью разработки такой концепции является анализ результатов гидрогеологических исследований с позиции разных проблем (мелиоративной, водоохраной, экологической) и принятие решений на такой основе. В этой связи вопросы исследования причин возникновения и характера неопределенностей данных при изучении ПТГГО природно техногенного характера, а также поиск путей их уменьшения являются слабоизученной и актуальной проблемой. Поэтому разработка алгоритмов и программных средств извлечения и формализации знаний экспертов – гидрогеологов, представленных в лингвистической форме с последующим представлением их в количественной форме, т.е. в форме нечетких чисел, является перспективной. При этом получение числовой информации необходимого количества и качества о параметрах исследуемого объекта не всегда достигается, что объясняется невозможностью организации необходимых условий для проведения многократных опытов. В некоторых случаях, при наличии нечисловой и неполной информации в виде экспертных суждений, существует возможность формализации этих знаний и их обработка на основе принципов ТНМ и нечеткой логики. Недостаточность информации, ее противоречивость и малая достоверность приводят к необходимости использования при принятии решений всей доступной информации разнородного характера.

При этом результаты гидрогеологических исследований имеют более общее значение и должны трактоваться с позиций не менее чем трех проблем: мелиоративной, охранной и экологической. Содержание и назначение исследований гидрогеологических процессов определяют стратегию принятия решений, обоснование которых должно осуществляться на основе рассмотрения и анализа всей предметной области и всей доступной информации. Это и есть основа принятия модели комплексного исследования ПТГГО. Концептуальная схема обработки всей доступной информации в процессе комплексного исследования ПТГГО представлена на рис.1.

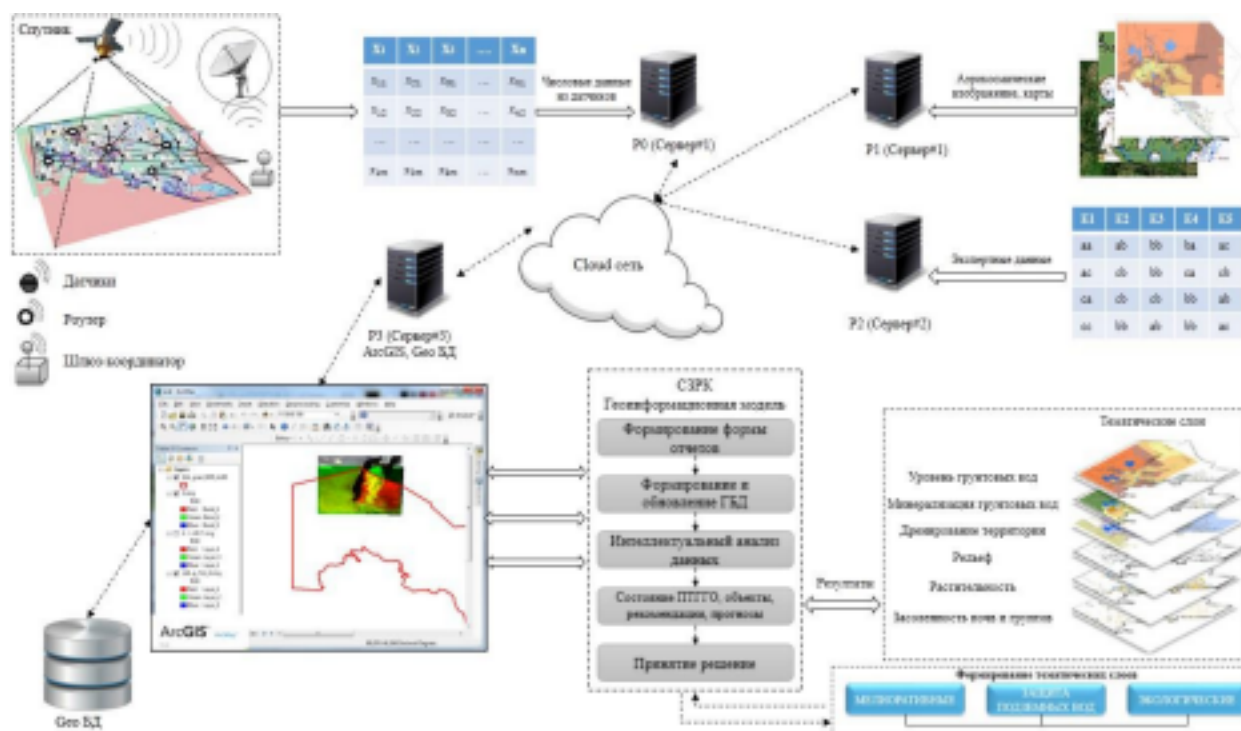


Рис.1. Концептуальная схема обработки всей доступной информации в процессе комплексного исследования ПТГГО

Вторая глава диссертации «Математическое моделирование процессов поддержки принятия решений в условиях доминирования информации нечеткого характера» посвящена вопросам математического моделирования процессов поддержки принятия решений в условиях доминирования информации нечеткого характера.

Принятие решений по состояниям гидрогеологических объектов природно-техногенного характера осуществляется путем сопоставления их текущего и предыдущего состояний. При этом используются опыт, знания, мнения специалистов-гидрогеологов, имеющих опыт работы с изучаемыми гидрогеологическими объектами природно-техногенного характера.

Алгоритмы принятия решения основываются на ситуационном анализе и состоят из различных по характеру решений:

A_U - <множество возможных решений>; A_U - <множество допустимых решений из возможных>; $^{PP} A_U$ - <множество решений профилактического характера (ПФ)>; $^П A_U$ - <множество решений предупредительного характера (П)>; $^{BC} A_U$ - <множество решений восстановительного характера (BC)>; $^Л A_U$ - <множество решений локализационного характера (Л)>.

$$^{PP} A_D \subset A_U, A_U = A_U \cup A_U \cup A_U \cup A_U.$$

Ясно, что $^Л A_U$

$U \quad U$

При этом возможны три типа управляющих решений: «Увеличить», «Уменьшить» и «Не изменить» (Мелихов А.Н., Бернштейн Л.С., Коровин С.Я., 1990). Обозначая эти решения значениями ЛП $\langle \text{«Увеличить»}, T_I, X \rangle$, $\langle \text{«Уменьшить»}, T_D, X \rangle$, $\langle \text{«Не изменить»}, T_Z, X \rangle$, где $T_I T_D T_Z$

, , - терм

множества ЛП $\langle \text{«Увеличить»}, \text{«Уменьшить»}, \text{«Не изменить»} \rangle$. Введем обозначения: $\langle I T X \rangle$

, , - для ЛП «Увеличить»; $\langle D T X \rangle$

j
 jI

, , - для ЛП

«Уменьшить»; $\langle Z T X \rangle$

j
 jD

, , - для ЛП «Не изменять»; ЛП $jD_j Z_j$

j
 jZ

I , , имеют

терм-множества $\{\text{«немного»}, \text{«сильно»}\}$, $\{\text{«немного»}, \text{«сильно»}\}$, $\{\text{«не изменить»}\}$.

В диссертации предлагается метод разложения общего решения:

$$R = \mu_j(R) \wedge R + \mu_j(R) \wedge R + \mu_j(R) \wedge R,$$

$R^I \quad I \quad R^D \quad D \quad R^Z \quad Z$

$j \quad j \quad j \quad j \quad j$

$$\mu_{R^I} R^I = \vee R R \quad \mu_{R^D} R^D = \vee R R \quad \mu_{R^Z} R^Z = \vee R R. \text{ где } () (,), () (,), ()$$

$(,)^j Z$

$I \quad R^D \quad D \quad R^Z$

Следует отметить, что результаты прогнозов состояний гидрогеологических объектов должны трактоваться с позиций разных проблем (мелиоративной, водоохраной, экологической) с последующим согласованием решений, принимаемых с учетом временного фактора (координация решений). Этими объясняется необходимость тщательного исследования вопроса о взаимосвязях принимаемых решений. Предположим, что в связи с возникновением проблемы мелиоративного характера приняты $R_j R_j$, где $^{1(0)}$

(1)

последовательные решения $^{12} : R_j P_j \rightarrow P_j; ^{2(1)(2)}$

$: R_j P_j \rightarrow P_j;$

$$P = \{ \langle m \rangle \langle c \rangle \langle b \rangle \}$$

$\alpha \alpha \alpha$,
 $k k k k$

$$j/ , / , /$$

1 2 2

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ - значения ФП соответствующих термов для k - ситуации. $k = 1, 2, 3, \dots, k_3$

k
 k_2

Оценка взаимосвязи решений 1R_j и 2R_j осуществляется в следующем порядке:

1. Решения 1R_j и 2R_j разлагаются по I, D_1, D_2 и Z .

R_j разлагаются по I, D_1, D_2 и Z .

I, D_1, D_2 и Z .

2. Для определения общего решения вычисляем значения всех ФП μR_z .

R_z .

$\mu D_1 D_2$ и μZ .

$\mu D_1 D_2$ и μZ .

$\mu R_1 R_2$ и μZ .

$\mu R_1 R_2$ и μZ .

$(,)$
 $1 2$

$1 1$
 $1 2 2 2$

$1 2 1 1$

$1 2 2 2$

3. Отбрасываются те ФП, значения которых меньше 0,4.

4. Окончательное решение R получается разложением ФП решений I, D_j, Z .

D_j, Z .

по j

В третьей главе диссертации «**Цифровая обработка изображений гидрогеологических объектов природно-техногенного характера**», рассматриваются вопросы цифровой обработки изображений территорий, являющихся важным источником информации для природно-техногенных гидрогеологических объектов. Такие объекты характеризуются высокой степенью неопределённости, что объясняется недостаточностью и недостоверностью данных, доминированием информации нечёткого

37

характера, непредсказуемостью, неясностью и т.д. В таких условиях весьма важной и недостаточно изученной в гидрогеологической практике является проблема извлечения информации из изображений гидрогеологических объектов. В диссертации основное внимание уделяется определению нужных топологических элементов из растровых изображений ПТГГО.

При изучении ПТГГО на основе анализа изображений полезными являются локализация, усиление и выделение границ-линий разделения различных гидрогеологических характеристик (зон неоднородностей в плане, границ влияния техногенных факторов, распространения загрязняющих веществ и т.д.). Границы на изображениях могут быть образованы разными условиями, объясняемыми изменением цвета, разрывом поверхностей, перепадами освещения и тенями.

Если имеется возможность получения нескольких изображений одного ПТГГО на несколько моментов времени, то возникают проблемы с

организацией эффективной обработки и хранением потоков изображений.

В диссертации для обработки изображений гидрогеологических объектов применяется способ распараллеливания вычислений на основе формирования матрицы Адамара. Предложены алгоритмы и программные средства распараллеливания процесса обработки изображений на основе ортогональных базисных функций Адамара. Также рассмотрены вопросы цифровой обработки космических изображений ПТГГО на базе программных комплексов ArcGIS, Erdas Imagine, ENVI. Применяется способ обучаемой классификации, основанный на Байесовском классификаторе, использующем оценку апостериорного максимума для определения наиболее вероятного класса и осуществленном на базе следующей модели классификатора⁵:

$$\ln() [0,5\ln()] [0,5() ()] ^{-1} D = a_c - Cov_c - X - M_c T Cov_c X - M_c$$

где D - взвешенное расстояние (вероятность); c - основной класс; X - измерение вектора основного пикселя; M_c - вектор средних значений выборки класса c ; a_c - процентная вероятность, что любой основной пиксель относится к классу c (по умолчанию 1,0, или вводится из априорного знания); Cov_c - ковариационная матрица пикселей в обычном классе c ; Cov_c - определитель Cov_c ; $^{-1} Cov_c$ - обратная Cov_c ; T - транспонирование. В четвертой главе диссертации «**Геоинформационное моделирование на основе растровой модели данных гидрогеологических объектов**» рассмотрены вопросы разработки принципов геоинформационного моделирования ПТГГО на основе растровой модели данных гидрогеологических объектов.

⁵https://wiki.hexagongeospatial.com/index.php?title=Classification_Decision_Rules

Разработка ГИС модели для комплексного исследования ПТГГО осуществляется в следующем порядке:

1. По исходной карте (снимку) создаётся электронная карта исследуемой территории.
2. Создаётся база территориальных и атрибутивных данных и осуществляется привязка атрибутивных данных к выделяемым топологическим объектам.
3. Создаётся база данных для исследования территории с позиции мелиоративной, водоохраной и экологической.
4. Формируется таблица классификации частей территории с точки зрения определенной проблемы на основе геоинформационного моделирования.
5. Осуществляется корреляционный анализ между двумя или тремя

тематическими слоями на основе метода «скользящее окно». На основе матриц состояний (A_1, A_2, A_3) с использованием метода «скользящее окно» формируются поля корреляций между парами тематических слоев и тремя слоями (A_1, A_2, A_3) по формулам (Тикунов В.С., 1997):

$$R_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (A_{ik} - A_{jk})^2$$

$i, j = 1, 2, 3;$

d – разность рангов явлений A_i и A_j , снятых с разных карт, n – объем выборки для данной серии.

В данной главе диссертации приводятся результаты классификации территории гидрогеологических объектов на базе цифровой обработки космических снимков по данной территории с использованием программного комплекта ERDAS Imagine, ENVI. При этом на первом этапе осуществляется начальная классификация. Далее, на следующем этапе с помощью модуля Signature editor формируется спектральная статистика космического снимка с использованием модуля *supervised classification*, формируется файл сигнатур для осуществления окончательной классификации. Космические снимки территории Северной зоны Республики Каракалпакстан получены с Landsat 7 (за 2000 г.) и Landsat 8 (2015 г.) на территорию листа К-40-Б в масштабе 1:500 000. В результате получен растровый слой для классификации данной территории на основе космических снимков. Общая площадь территории исследования 44 206,4 км². Согласно рис. 1, цветовые яркости по всем объектам выделены явно отличимыми по яркости цветами 9 разных цветовых характеристик. Для исследования процесса изменения цветовых характеристик территории были выбраны три вида объекта:

- водный покров;

39

- растительность;
- почва, содержащая солевые минералы.

Постобработка классифицированного космического снимка осуществлялась с помощью программного обеспечения ERDAS IMAGINE, с применением способа обучаемой классификации на Байесовском классификаторе. Полученные результаты приведены на рис.2 и в табл. 1, 2.

На основе приведенных результатов и по сопоставлению снимков 2000 и 2015 гг. видно, что экологическое состояние территории отличается

уменьшением площади растительности на территории и повышением площади засоленной территории.

2000 г. 2015 г.

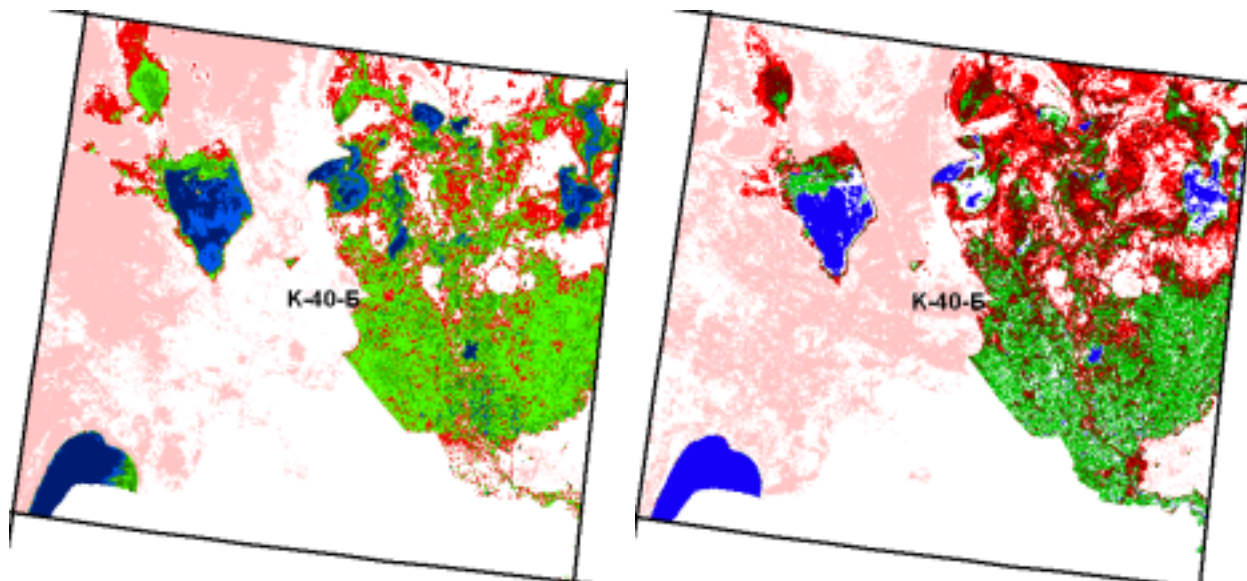


Рис. 2. Растровая классификация на основе космических снимков Таблица 1

Соотношение трех объектов с космоснимков разного периода съемки Приаральского региона

Периоды, гг.	Водный покров, км ²	Растительность, км ²	Засоленность, км ²
2000	4256,4	9708,9	5089
2015	4108,6	5587,9	9716,5
Разница за 15 лет	147,8 км ² <i>меньше</i>	4121 км ² <i>меньше</i>	4627,5 км ² <i>больше</i>

Таблица 2

Динамика изменения поверхности Приаральского региона в процентном соотношении

Охват территории, %	Водный покров, %	Растительность, %	Засоленность, %
2000	9,6	22	11,5
2015	9,2	12,6	22
Разница, %	0,4 <i>меньше</i>	9,4 <i>меньше</i>	- 10,5 <i>больше</i>

северной зоны Республики Каракалпакстан» посвящена вопросам практического применения разработанной на базе геоинформационных технологий компьютеризированной системы поддержки принятия решений для мониторинговых исследований Северной зоны Республики Каракалпакстан (СЗРК).

Гидрогеологические условия территории. С геологической точки зрения рассматриваемая территория относится к верхненеоген нижне четвертичных отложений. Водоносные пласты состоят из песчаных отложений. Глинистые отложения расположены на глубине П-17 м и представлены неровно расположенными глинистыми отложениями.

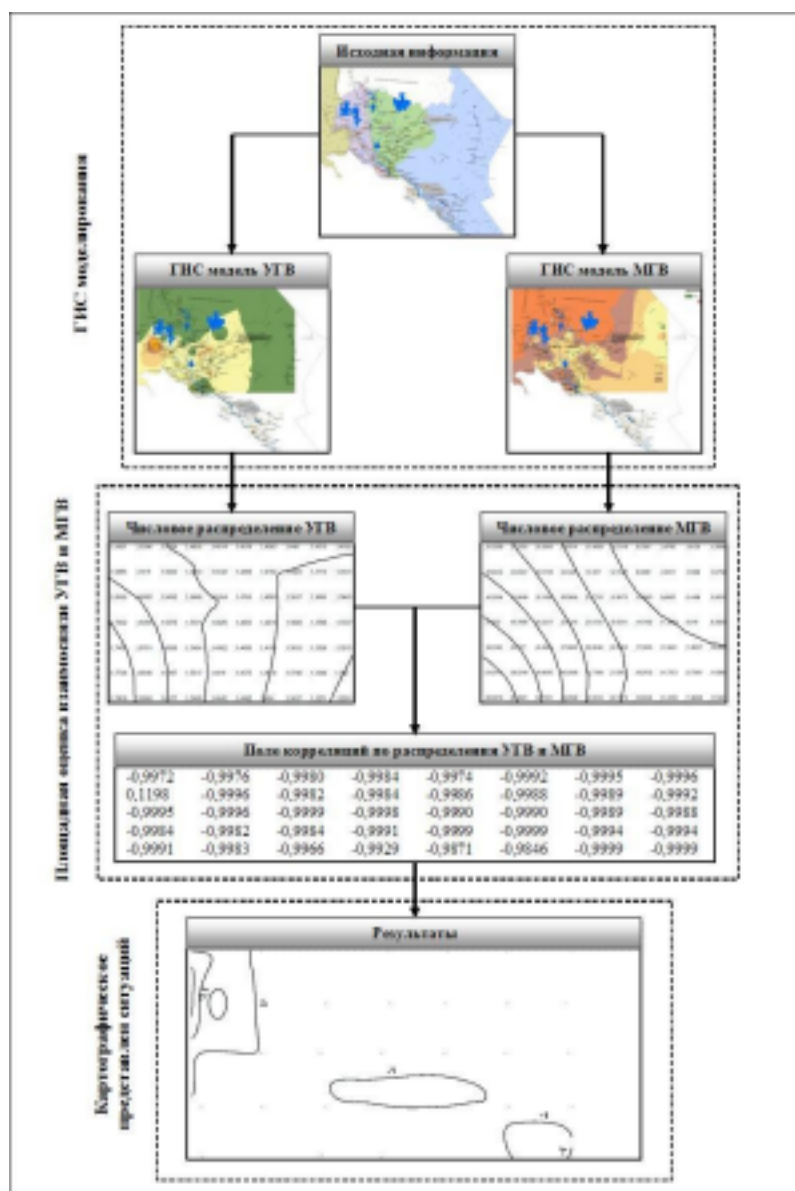


Рис.3. Реализация алгоритма оценки взаимосвязи тематических слоев методом «скользящего окна»

Для исследования территории СЗРК формируются следующие тематические слои: пространственное распределение балансов подземных водоносных слоев; пространственные распределения начальных условий

геофильтрационных и гидрогеохимических задач; пространственное распределение граничных условий потоков подземных вод. Полученная таким образом информация интегрируется в компьютерную систему в виде тематических слоев и карт, производится оценка взаимосвязи между тематическими слоями на основе метода «скользящее окно» (рис. 3). Далее, на такой основе проводятся вычислительные эксперименты для определения геофильтрационных параметров и граничных условий.

В качестве топологических элементов геоинформационной модели рассматриваемой территории приняты точечные (скважины водозаборов, наблюдений), линейные (инфильтрационные каналы, границы геофильтрационных зон и т.п.), площадные (зоны, выделенные по фильтрационным свойствам, населенные пункты и т.п.).

Геоинформационные технологии являются перспективным средством изучения динамики подземных вод, при этом имеется возможность использования данных по уровням грунтовых вод и степени их концентраций, а также начальных и граничных условий как тематических слоев геоинформационной модели.

На первом этапе на базе программной среды ArcCatalog системы ArcGIS формируется структура геоинформационной модели территории СЗРК. Топологические элементы данной модели: полигональные (районы, хозяйство, территории), линейные (границы районов, хозяйств, дороги, реки, каналы), точечные (водозаборные и наблюдательные скважины, отдельные строения и т.д.) (рис. 4).

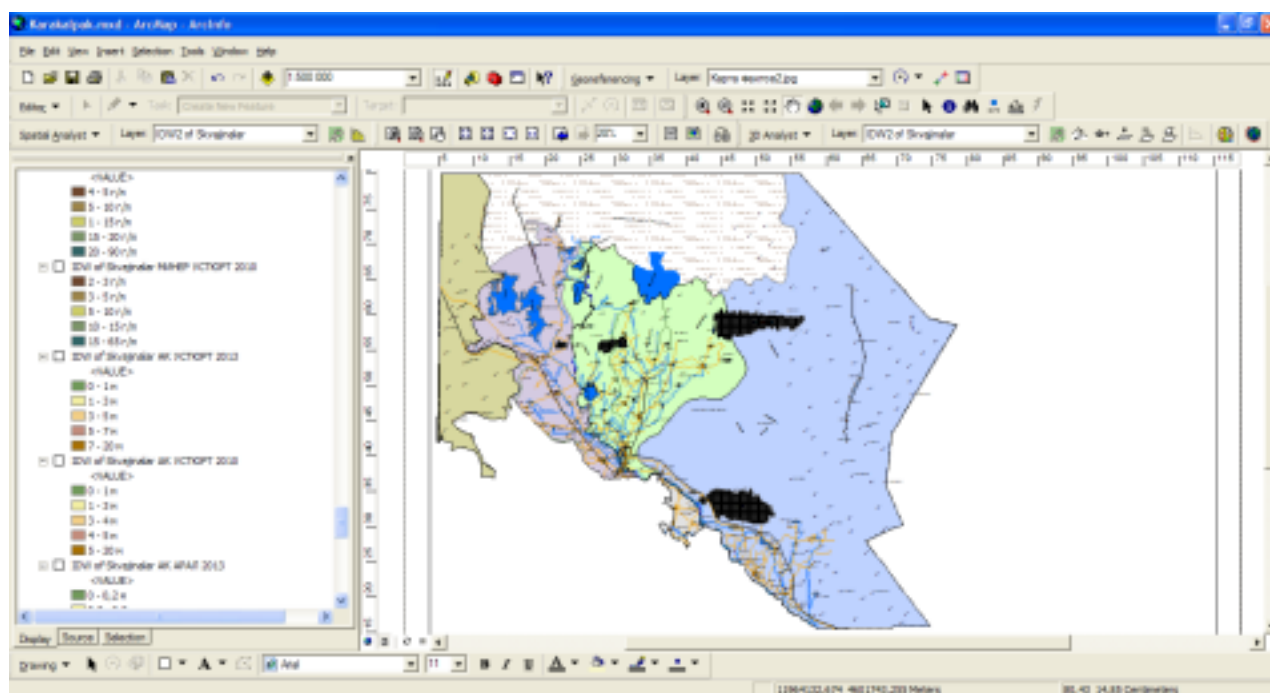


Рис. 4. Геоинформационная модель гидрогеологических условий Северной зоны Республики Каракалпакстан

На основе геоинформационной модели СЗРК проведены вычислительные эксперименты по оценке влияния изменений уровней грунтовых вод и их минерализаций на другие территории и объекты с применением пакета Spatial Analyst среды ArcGIS.



Рис. 5. Результаты вычислительных экспериментов по изменению уровней грунтовых вод территории СЗРК на основе геоинформационного моделирования

Тенденция повышения минерализации грунтовых вод на территории Северной зоны Республики Каракалпакстан	
2010 г.	2015 г.

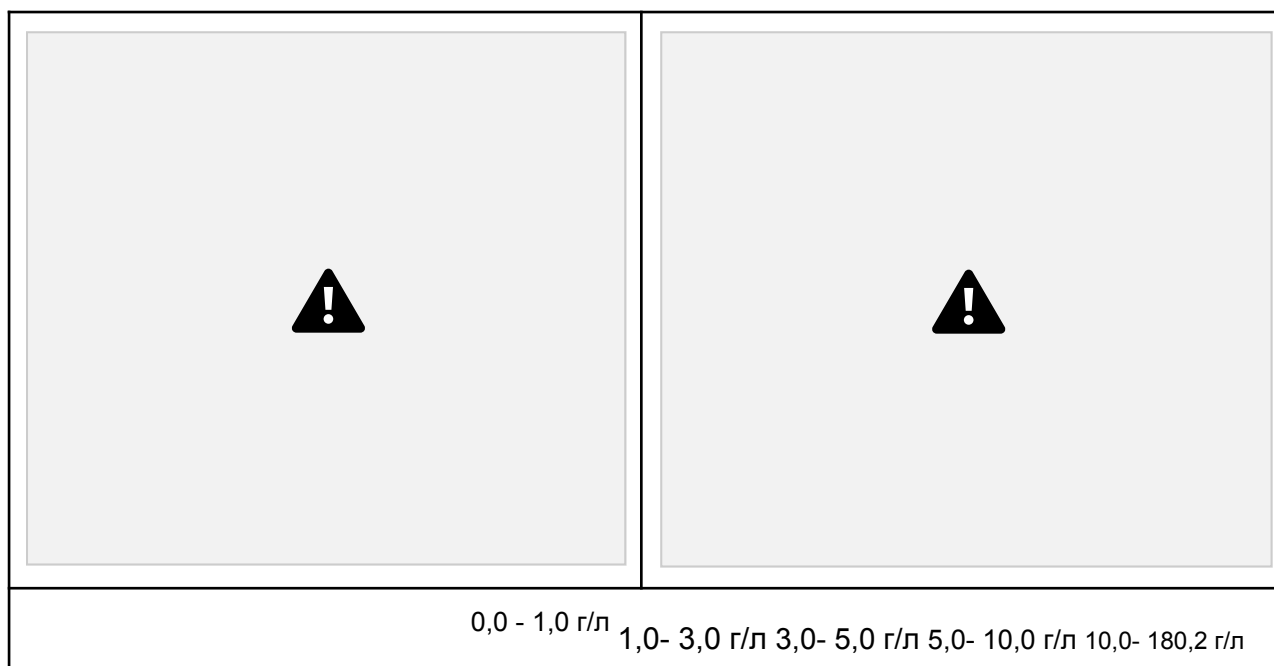


Рис. 6. Результаты вычислительных экспериментов по минерализации грунтовых вод территории СЗРК на основе геоинформационного моделирования

43

При проведении вычислительных экспериментов использован пакет Spatial Analyst системы ArcGIS. Полученные результаты показывают, что на период с 2010 по 2015 гг. наблюдается понижение уровней грунтовых вод в северном направлении, при этом наблюдается значительное уменьшение площадей с уровнем грунтовых вод от 0 до 1 м, в то же время повышается доля площадей с уровнем грунтовых вод от 1 до 2 м. На этой основе можно прийти к выводу, что понижение уровней грунтовых вод привело к увеличению площадей засоленных земель (рис.5).

В процессе разработки геоинформационных моделей гидрогеологических объектов природно-техногенного характера важное значение при организации информационного обмена между гидрогеологическим объектом и ее геоинформационной моделью имеют вопросы координатного соответствия и принятия решений на основе комплексного исследования тематических слоев гидрогеологического объекта.

В качестве тематических слоев можно формировать слои изменений уровней грунтовых вод, их концентраций, пространственное распределение геофильтрационных параметров, потребности орошаемых территорий в воде и др. Для уменьшения возможных при этом неопределенностей можно применить инструментальное средство ArcGIS, позволяющее оперировать с территориальными данными Fuzzy Overlay, Fuzzy Membership.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследований по докторской диссертации на тему «Система поддержки принятия решений на основе геоинформационного моделирования гидрогеологических объектов природно-техногенного характера» сводятся к следующим выводам:

1. Разработаны концепция геоинформационно-аналитической комплексной системы обработки данных (числового, качественного, лингвистического, растрового, территориального характера и т.д.), алгоритмы и лингвистическое представление полученных решений. Структура компьютеризированной системы включает геоинформационную, нечетко-информационную и экспертно-аналитическую составляющие, разработаны алгоритмы и программные средства информационного обмена между составляющими компьютеризированной системы.

2. Предлагаются методы, алгоритмы и программный комплекс для формализации и агрегирования опыта, знаний и интуиций экспертов гидрогеологов на нечетко-множественной основе с применением метода Саати.

3. Разработаны и обоснованы модели принятия решений, основанные на обобщении решений по состояниям (мелиоративное, водоохранное и

экологическое) гидрогеологических объектов природно-техногенного характера и позволяющие принимать разнохарактерные решения: предупредительного, восстановительного и локализационного характера.

4. Разработаны алгоритмы нечеткой оценки взаимосвязи принимаемых решений на основе ситуационного анализа результатов геоинформационного моделирования. Предлагается модель принятия общего решения, состоящая из решений, имеющих характер усиления, уменьшения и неизменения.

5. Предложены алгоритмы и программные средства извлечения информации из изображений гидрогеологических объектов, распараллеливания цифровой обработки изображений гидрогеологических объектов.

6. Предложены принципы построения геоинформационной модели гидрогеологических объектов природно-технического характера на базе данных растрового характера.

7. Предложены алгоритм и программный код формирования корреляционных полей взаимосвязи между двумя или тремя тематическими слоями геоинформационной модели гидрогеологических объектов природно-техногенного характера на основе метода «Скользящее окно».

8. Разработанная компьютеризированная информационно-аналитическая система применена для проведения мониторинговых исследований территории Северной зоны Республики Каракалпакстан.

9. На основе геоинформационной модели проведены вычислительные эксперименты по оценке влияния изменений уровней грунтовых вод и их минерализаций на другие объекты территории Северной зоны Республики Каракалпакстан.

45

10. Пространственно-временной анализ результатов геоинформационного моделирования осуществлялся с помощью пакета Spatial Analyst среды Arc GIS.

11. Полученные результаты показывают уменьшение глубин уровней грунтовых вод и повышение их минерализации в северном направлении на период с 2010 по 2015 гг. Проведена цифровая обработка космических снимков по территории СЗПК на два периода времени (2000 и 2015 гг.) с помощью программного пакета ERDAS IMAGINE. Полученные результаты в целом идентичны результатам, полученным на основе геоинформационной модели территории.

**SCIENTIFIC COUNCIL 14.07.2016.T.29.01 AT TASHKENT UNIVERSITY
OF INFORMATION TECHNOLOGIES AND NATIONAL UNIVERSITY
OF UZBEKISTAN ON AWARD OF SCIENTIFIC DEGREE OF DOCTOR
OF SCIENCES**

TASHKENT UNIVERSITY OF INFORMATION TECHNOLOGIES

OTENIYAZOV RASHID IDRISOVICH

**DECISION SUPPORT SYSTEM BASED ON GEOINFORMATION
MODELING OF HYDROGEOLOGICAL OBJECTS NATURAL
TECHNOGENIC CHARACTER**

**05.01.04- «Mathematical and software of computers
machines, systems and computer networks»**

ABSTRACT OF THE DOCTORAL DISSERTATION

Tashkent – 2016

47

The subject of doctoral dissertation has been registered on number 30.09.2014/B2014.3-4.T166 at the Suprame Attestation Commission of the Cabinet of Ministers of Republic of Uzbekistan.

Doctoral dissertation is carried out at the Tashkent university of information technologies.

Abstract of dissertation in three languages (Uzbek, Russian and English) is placed on the web-page of Scientific council (www.tuit.uz) and Information-educational portal «ZIYONET» to the address www.ziyonet.uz.

Scientific consultant: Usmanov Rishat Niyazbekovich

doctor of technical sciences

Official opponents: Habibullaev Ibrohim Habibullaevich

doctor of technical sciences, professor

Mukhamedieva Dilnoz Tulkunovna

doctor of technical sciences, professor

Jmud Vadim Arkadevich (Russian Federation)

doctor of technical sciences, professor

Leading organization: Tashkent state technical university

Defense will take place «1» December 2016 at 10⁰⁰ at the meeting of scientific council number 14.07.2016.T.29.01 at Tashkent University of Information Technologies and National University of Uzbekistan. (Address: 100202, Tashkent, 108, Amir Temur str. Ph.: (99871) 238-64-43; fax: (99871) 238-65-52; e-mail: tuit@tuit.uz).

Doctoral dissertation could be reviewed in Information-resource centre of the Tashkent university of information technology (registration number 2514). Address: 100202, Tashkent, Amir Temur str., 108. Ph.: (99871) 238-65-44.

Abstract of dissertation sent out on «16» November 2016 y.
(mailing report № 1 on «16» November 2016 y.)

R.X.Xamdamov

Scientific secretary of scientific council on award of
scientific degree of doctor of technical sciences, professor

M.S. Yakubov

Scientific secretary of scientific council on award of
scientific degree of doctor of technical sciences, professor

X.N. Zaynidinov

Chairman of scientific seminar under scientific
council on award of scientific degree, doctor of technical
sciences, professor

The urgency and relevance of the dissertation topic. To date, the world's current challenges are modeling the seasonal changes in environmental reclamation and hydrogeological conditions of objects of natural and natural-technogenic and development of high-performance-management systems based on the achievements of geoinformation technologies. «Every year, our planet by 6-7 mln. hectares of land on natural-technogenic objects there is shortage of water at the same time, through the use of geo-information technologies were reached improvements of state a melioration 1.5 bln.hectares land to 75-78%, taking into account their geographical location and ecological features»⁶.

In the Republic of Uzbekistan are conducted wide-scale research on the adoption of management decisions on the basis of geoinformation technologies for reclamation and improve the fertility of the land hydrogeological objects of natural-technogenic character. In this regard, were made a number of scientific studies on the improvement of the state of agricultural land in the high-tech simulation of fertility recovery processes of land management and land reclamation systems, as well as their effective use.

In the world, a lot of attention is paid to the development of mathematical models of hydrogeological objects of natural-technogenic character, formation geodatabases on changes seasonal and environmental conditions and the improvement of their condition based on hydrogeological objects control systems. Important in this regard is to conduct targeted research in the following areas: development of models of decision-making in the varying conditions of fuzzy information; development layout of drainage systems, taking into account the soil reclamation conditions and the depth of groundwater levels; research linkages and making the varying development of algorithms and software for decision support to the different positions of the problems (warning, localization, restoration) on the basis of fuzzy set theory; development of geoinformation models of hydrogeological objects, based on raster data.

This dissertation research is to a certain extent the tasks provided for in the Decree of the President of the Republic of Uzbekistan № PP-1989 on June 27, 2013 «On measures for further development of the national information and communication systems» in the Resolution of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan №82 from 19 March 2013, the «Order of water use and consumption in the Republic of Uzbekistan», as well as in other legal instruments adopted in this area.

Compliance research to the priority areas of science and technology of the Republic. This study was performed according to the priority directions of development of science and technology of the Republic IV. «Development of information and communication technologies».

⁶ <http://www.agrowebcee.net/awuz-ru/nauka/materialy-konferencii/>

Review of foreign scientific research on the topic of the thesis⁷. Research a broad plan for the development of support to decision-making systems for hydrogeological objects of natural-technogenic (NTHGO) on the basis of modern geographic information systems, principles and methods of intellectualization process, a comprehensive study of the hydrogeological systems in the conditions of information uncertainty are conducted in many research centers and universities the world, including Aquila Space, Dauria Aerospace, EsriInc, Exelis VIS, Modflow, University of California, Berkeley (USA), Geomatics Canada, Schlumberger Water Services (Canada), Karlsruhe Institute of Technology, Institute of Applied Geosciences (Germany), Centre for Ecology and Hydrology, Centre for Water Science, Cranfield University (Great Britain), Airbus Defence and Space, Geo-Intelligence, SpotImage (France), DEIMOS Imaging, Remote Sensing Laboratory of the University of Valladolid (Spain), University of Technology (Poland), University of Pisa, Department of Geosciences, University of Camerino (Italy), University of Technology (Denmark), National Institute of Hydrology, Waterloo Hydro geologic, Excel Geomatics (India), GISTDA (Thailand), Technical University of Denmark (Denmark), Esri CIS, OOO «Date», Moscow state University, Moscow state University of communications and informatization, the University of Kazan (Russia) in the Tashkent Institute of irrigation and Land reclamation, etc. research Institute of irrigation and water problems

As a result, the world's research on the improvement of decision-making models in an uncertain environment, were received a number of research results, including for the development of the principles of geoinformation modeling and decision-making for geographically-distributed objects; software on the system of GPS-navigation, as well as the adoption of photogrammetric solutions (Trimble, Digital Globe, USA); (Airbus Defense and Space, France) software for Sport & Pleiades high-resolution digital processing of space images; electronic maps of water reserves in the agricultural area (Aguila Space, USA); space imaging systems to study groundwater resources and processing of geographic information resources (ESRI, USA); geoinformation models NTHGO (Esri GIS, Russia); software for simulating the movement of groundwater and evaluation of groundwater quality (Waterloo Hydrogeologic, Russia).

The world's research on the development of reclamation state of prediction methods, the protection of underground water resources and the study of the environmental situation NTHGO through the application of modern information technologies and mathematical modeling research are being conducted in the following areas: development of algorithms and software for mathematical model-

⁷ Review of foreign scientific research on the topic of the thesis had been based on the following and other sources: http://www.fao.org/docrep/018/i1688r/i1688_r03.pdf, <http://www.slb.com/services/additional/water.aspx>, https://en.wikipedia.org/wiki/Centre_for_Ecology_and_Hydrology, <http://jr.rse.cosmos.ru/article.aspx?id=167>, <http://nihroorkee.gov.in/>, <http://ecoruspace.me/GISTDA.html>, <https://www.linkedin.com/company/excel-geomatics-pvt-ltd->

ing conditions of formation of the hydrochemical regime of underground hydrosphere; improvement of drainage systems, taking into account the soil conditions and groundwater levels; formation of database changes, seasonal and environmental conditions technological areas; the development of a computerized system of operational monitoring irrigated areas based on wireless sensor networks; development of algorithms and complex evaluation programs of reclamation and environmental conditions underground aquifers on the principles of integration of geographic information systems.

The degree of knowledge of the problem. On the research questions of theoretical and applied problems of simulation and control processes on restoration and environmental reclamation state of hydrogeological objects of natural technogenic problems associated with: almost universal character of violations of the underground hydrosphere; shortages, uncertainty data NTHGO; difficulty NTHGO conditions and inadequate development of processing techniques of heterogeneous data; the complexity of the development of geoinformation model of the subsurface hydrosphere and environment linkages; fuzzy character boundaries, parameters and characteristics of the subsurface hydrosphere and issues of a comprehensive study of hydrogeological objects in conditions of the heterogeneous information. These issues are involved in a number of research centers: V. Velasco (Institute of Environmental Assessment and Water Research (IDAEA), CSIC, Barcelona, Spain), A. García-Gil (Department of Earth Sciences, University of Zaragoza, Spain), Thomas Kalbacher (Department of Environmental Informatics, Helmholtz Centre for Environmental Research, Leipzig, Germany), ArnisLektuers (Riga Technical University), Yangxiao Zhou (UNESCO-IHE Institute for Water Education), Wenpeng Li (China Institute for Geo environmental Monitoring, Beijing).

Issues of development of algorithms and computerized tools for the assessment and prediction of land reclamation and environmental conditions NTHGO in a conditions of heterogeneous information, organization and use of data from automatic monitoring sensors, their spectral analysis and storage were dedicated studies of I.K.Gavich, J.Jeffrey, V.M.Shestakov, F.B.Abataliev, U.U.Umarov, J.H.Djumanov and others.

Research questions of creation of territorial databases, development of geoinformation models based on them and the application of the principles of J.H.Djumanov fuzzy set theory to support decision-making for complex objects, including the study of hydrogeological objects of natural-technogenic character were dedicated studies of A.Farajzadeh, G.D.Smith, O.Kalev, N.E.Mohamed, T.Saati, E.Mamdani, D.A.Pospelov, V.V.Veselov, D.A.Panichkin, L.Zadeh, D.Dzyuba, P.Rotshteyn, T.F.Bekmuratov, SH.H.Pazilov, D.T.Muhamadiev, M.A.Rahmatullaev and others. In practice of hydrogeological studies, the term «data» generally refers to the data presented in the form of numbers, which are crucial for the hydrogeological objects with inviolated conditions. However, the

numerical data from hydrogeological objects natural-technogenic character in general are characterized by insecurity, due to the impossibility of compliance and the number of repeated measurements. In this context, issues of development of

51

these methods and the application of knowledge in hydrogeological practice, obtained by the expert survey and presented in the linguistic form of by digital processing of space images of large irrigated areas, territorial and attribute data are insufficiently investigated.

Communication thesis with the thematic research plans. Thesis was performed in accordance with the applied theme GKKNTR of Uzbekistan BV number A5-020 «The development of hardware software processing heterogeneous hydrogeological information on the basis of fuzzy set approach» (2012-2014, A5-022) «Integration of GIS technologies for integrated estimation of electromagnetic safety telecom munication systems» (2015-2017).

The aim of research is the development of information-analytical system, of decision support for hydrogeological objects of natural-technogenic character in conditions of heterogeneous information on the geoinformation basis. **The objectives of the study are:**

- development of the concept of information-analytical processing of all the available heterogeneous information based on the application of the principles of the theory of fuzzy sets and GIS technologies;

- development of methods for formalization and aggregation of experience, opinions and knowledge of specialists - experts with extensive experience in the evaluation of the ecological state of NTHGO;

- development of mathematical models of decision-making support for the adoption of preventive solutions of restorative, localization and control nature for NTHGO under fuzzy information;

- development of algorithms and software for decision support based on the fuzzy assessment of the state and the relationship between the decisions made by states NTHGO;

- development of algorithms and software for parallelization digital processing og images NTHGO and principles of geoinformation-simulation based on raster data;
- development of geoinformation model of the northern zone of the Republic of Karakalpakstan (NZRK) based on the raster data;

- development of algorithms and complex decision support software solutions based on the construction of thematic maps the relationship between the layers;

Object of research are issues of complex restoration NTHGO states on the basis of GIS-technologies and principles of the theory of fuzzy sets.

The subject of research are data processing algorithms for NTHGO, geofiltration mathematical models under fuzzy information, methods for developing a computerized system make intelligent decisions.

Research methods. In this thesis are applied methods of the theory of fuzzy sets, mathematical modeling, data mining methods based on the evaluation of expert systems and decision-making.

Scientific novelty of the research is as follow

on the basis of geoinformation technologies was developed computerized system for the collection, processing and storage of data on the natural-technogenic hydrogeological objects;

52

on the principles of the theory of fuzzy sets was developed model of decision making control, based on a synthesis of the state of natural-technogenic hydrogeological objects;

were developed algorithms for data extraction from images of hydrogeological objects of natural-technogenic character, algorithms and software for parallel image processing;

are offered algorithms and a set of software tools to support decision-making on the basis of the construction of electronic maps the relationship between the thematic layers forming geoinformation NTHGO model;

algorithms and software tools for the implementation of models of fuzzy taken preventive solutions, localization and restorative nature and their relationships;

developed algorithms parallelizing image processing hydrogeological objects, as well is developed the algorithm of formation of geoinformation models and assess the situation on the basis of raster data;

are developed algorithms and program codes to generate maps of correlations between the thematic decisions based on fuzzy evaluation of situations. **The practical results of the study are as follows:**

on the basis of a computerized system of integrated research NTHGO were obtained practical recommendations for improving soil and water conditions, as well as on the protection of groundwater resources to natural objects in environmentally stressed areas;

on the basis of geoinformation models was developed a method of decision making to improve the reclamation and environmental conditions in the wetlands and drained lands and restoration of irrigated areas;

were provided land and water survey data from the hydro facilities, with their images, including the conducting of monitoring investigations on the basis of computerized geoinformation-analytical system in terms of information dominance fuzzy character.

The reliability of research results. The reliability of the results of the research is justified by comparing the basis of geoinformation and mathematical modeling results based on data obtained from NTHGO with the results of actual measurements on test points, with the results and conclusions of experienced researchers and qualified specialists in the investigated object.

The scientific and practical significance of the study results. The scientific significance of the results of the study is to develop mathematical models, algorithms and programs based on the use of geoinformation technologies, intellectual data analysis algorithms and software tools, allowing to solve the problem of intellectualization of the decision-making processes in the terms of the

heterogeneous information.

The practical significance of the results of the work is to develop a computerized system opportunistic nature advising on the environmental situation in the NTHGO will make it possible to comprehensively assess and predict the natural-technogenic system of reclamation, health and environmental points of view, as well as to accept and justify the control solutions.

53

Implementation of the research results. The control system modeling and decision on geographic information-based solutions was implemented on "Hydrogeological station of Aral hydrogeological expedition" of the State Committee of the Republic of Uzbekistan on geology and mineral resources, to carry out monitoring studies of groundwater northern zone of the Republic of Karakalpakstan (NZRK) (Protocol № 08-1266 of the State Committee of the Republic of Uzbekistan on geology and mineral resources of 07.14.2015). The results are used to assess and predict reclamation and environmental conditions in North Karakalpakstan region.

The proposed geoinformation models for assessing reclamation state of hydrogeological objects of natural-technogenic, hardware and software complex were implemented at the enterprises of the Ministry of Development of Information Technologies and Communications of the Republic of Uzbekistan (Protocol of the Ministry for the development of information-technologies and Communications of the Republic of Uzbekistan №33-8 / 5937 from 31.10.2016). The results of research make it possible to improve the effectiveness of management decisions and provide enhanced environmental safety level of 11.2% due to the implementation in practice of geoinformation maps and raster images and forecasting models.

The proposed model for assessing geoinformation reclamation state of hydrogeological objects of natural-technogenic set of hardware and software introduced at the enterprises of the Ministry of Development of Information Technologies and Communications of the Republic of Uzbekistan (Protocol of the Ministry for the development of information-precision manufacturing techniques and Communications of the Republic of Uzbekistan №33-8 / 5937 from 31.10.2016). The results of research makes it possible to improve the effectiveness of management decisions and provide enhanced environmental safety level of 11.2% due to the implementation in practice of geo-information maps and raster images and forecasting models.

The proposed method of geoinformation modeling of hydrogeological objects of natural-technogenic character on the basis of the bitmap data of character was implemented in «Water intakes groundwater Kitab-Shahrisyabz groundwater deposits» (Protocol № 01/574 of the State Committee of the Republic of Uzbekistan on Geology and Mineral Resources of 24.11.2015) The obtained results allow to improve the processes of reclamation and environmental restoration of the state of hydrogeological objects, to provide performance intakes of groundwater from 58.7% to 66.08%.

Testing results of the study. Results of the study were published in the 27

science and technology, including 10 international conferences: «5th International Scientific Conference. European Applied Sciences: challenges and solution» (Germany, Stuttgart, 2015); «Radiotechnic, Telecommunication and Information Technologies: Problems and future development» (Tashkent, 2015); "Modern problems of hydrogeology, engineering geology, geo-ecology and ways of their solution" (Tashkent, 2015); "Prospects of development of information technologies, ITPA-2014" (Tashkent, 2014); "Recent developments in applied

54

mathematics and information technologies - Al Khorazmiy" (Tashkent, 2012; Samarkand, 2014); "Priorities in the field of science and technologies in the XXI century" (Tashkent, 2014); WCIS-2012 World Conference "Intelligent Systems for industrial automation" (Tashkent 2012, 2014), The developing perspectives of science, education and manufacturing integration based on Information Communication and Technologies (Karshi, 2016); "Problems of Information Technologies and Telecommunications" (Tashkent, 2013);

"Problems of hydrogeology, engineering geology, geo-ecology and ways of their solution" (Tashkent, 2012); "Integration of science and practice as a mechanism for the effective development of the geological industry of the Republic of Uzbekistan" (Tashkent, 2014); "Modern questions of application of information technologies in the integration of science, education and production" (Nukus, 2015); "Modern information technology and telecommunications spheres" (Tashkent, 2011); International scientific-technical conference «Integration of science and practice as a mechanism for the effective development of the geological industry of the Republic of Uzbekistan» (Tashkent, 2016); and in the 17 national conferences.

Publication of the research results. On the theme dissertation were published 45 scientific papers. Of these, 1 monograph, 17 journal articles, including 2 foreign in 15 national journals recommended by the Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan for publication of basic scientific results of doctoral dissertations and were received six certificates of registration of the computer programs.

The structure and scope of the thesis. Structure of the thesis consists of an introduction, five chapters, conclusion, 115 list of references, applications. The volume of the thesis is 185 pages.

THE CONTENT OF THE WORK

In the introduction was justified the actuality of the topic, was given a brief review of the work on the thesis, were formulated relevance, purpose and main objectives of the study, was described the composition and structure of the work, was determined its novelty, scientific and practical value, were presented the published articles.

The first chapter of the thesis entitled «**Development of the concept of research and decision making on the basis of fuzzy a sets methods of making**»

were considered questions of reducing the influence of the human factor in the measurement procedures, extracted from disparate data sources (numerical, linguistic, image).

The main purpose of the development of this concept is to analyze the results of hydrogeological investigations from the perspective of different issues (land reclamation, water conservation, environmental) and decision-making on such a basis. In this context, the research questions the causes and character of these uncertainties in the study NTHGO natural-technogenic disasters, as well as to find ways to reduce them is poorly studied and urgent problem. In this context, the

55

development of algorithms and software for extraction and formalization of expert knowledge - hydrogeologists presented in linguistic form and then submitted them to quantify, ie in the form of fuzzy numbers is perspective. At the same time obtaining numerical information necessary quantity and quality of the parameters of the object is not always achieved, due to the impossibility of organizing the necessary conditions for the holding of multiple experiments. In some cases, the presence of non-numeric and incomplete information in the form of expert opinions, there is a possibility of formalization of knowledge and its treatment on the basis of TFS and fuzzy logic. Lack of information, its inconsistency and low accuracy of the results in the need for decision-making of all available information heterogeneous nature.

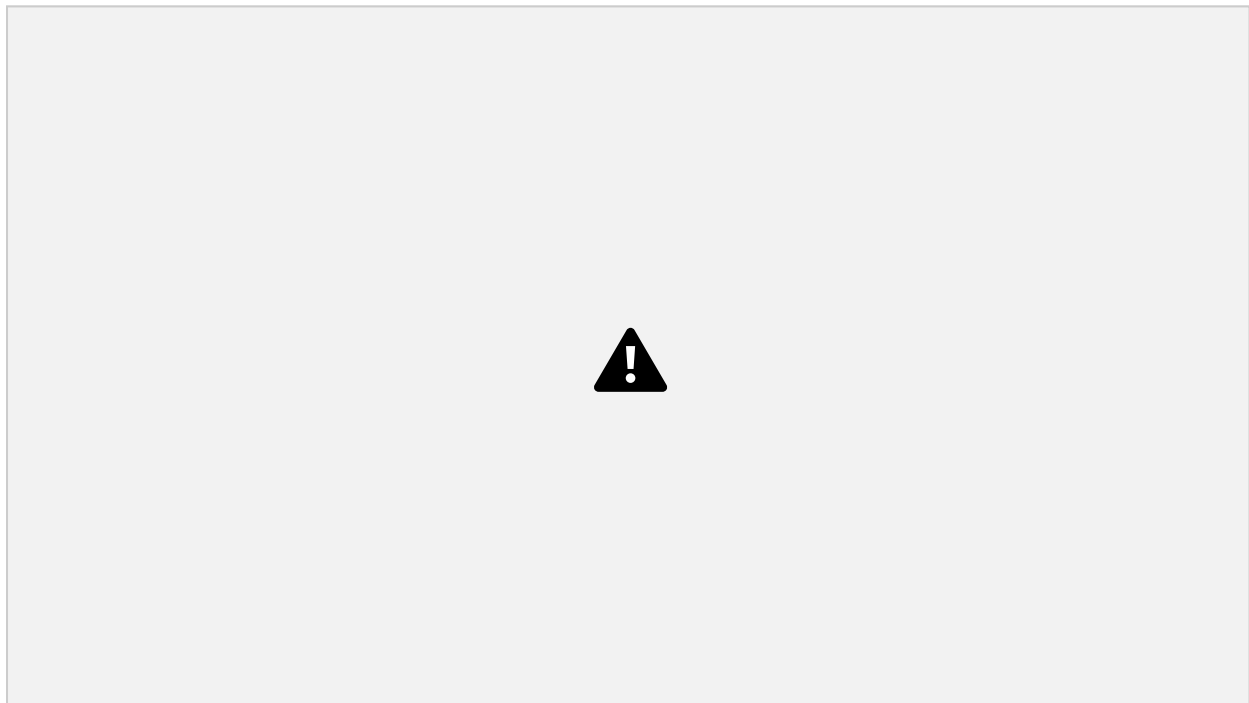


Fig.1. Conceptual diagram of the processing of all available information in the comprehensive study NTHGO

At the same time the results of hydrogeological studies have more general significance, and should be treated from the standpoint of not less than three issues: land reclamation, and environmental security. The content and purpose of research

hydrogeological processes determines the strategy decision-making, study to be carried out on the basis of review and analysis of the entire domain and all the available information. This is the basis for the adoption of an integrated research model NTHGO. Conceptual diagram of the processing of all available information in the comprehensive study NTHGO presented in Figure 1.

The second chapter titled «**Mathematical modeling in terms of support decision-making processes of information dominance fuzzy nature**» is devoted to the issues of mathematical modeling of decision support processes in terms of information dominance fuzzy character.

56

Decisions on the hydrogeological conditions of objects of natural technogenic character is done by comparing their current and previous states. It uses the experience, knowledge and opinions of specialists, hydrogeologists, who have experience with the studied hydrogeological objects of natural and technogenic character.

Decision algorithm is based on the situation analysis and consists of a different nature of decisions:

A_U - is <the set of possible decisions>; A_U - is <the set of feasible solutions possible>; $^{III} A_U$ - is <the set of solutions of a preventive nature (PN)>; $^{II} A_U$ - is <the set of warning nature of decisions (W)>; $^{BC} A_U$ - is <the set of solutions restoration character (RC)>; $^{II} A_U$ - is <the set of solutions localization character (L)>

$$^{III} A_D \subset A_U, A_U = A_U \cup A_U \cup A_U \cup A_U$$

$\Pi \qquad BC$

It's clear that $^{II} A_U$

$U \qquad U$

At the same time, there are three types of control solutions: «Increase», «Reduce» and «Do not change» (Melikhov A.N. Bernshtein L.S. Korovin S.J.1990). We denote this solution value of LP <«Increase», T_I, X >, <«Reduce», T_D, X >, <«Do not change», T_Z, X >, где T_I, T_D, T_Z

, , - term- sets LP <«Increase», «Reduce», «Do not change» >. Are introduced the notation: < $I T X$ > , , - for LP

j
 jI

«increase»; < $D T X$ >

, , - for LP «Reduce»; < $Z T X$ >

, , - for LP «Do not change

j
 jD

j
 jZ

»; LP $jD_j Z_j$

I , , have a term set {«little», «strong»}, {«little», «strong»}, {«no change»}.

In the thesis is proposed a general solution decomposition method:^j

$$R = \mu_j(R) \wedge R + \mu_j(R) \wedge R + \mu_j(R) \wedge R,$$

$$\mu_{R^I} R^I = \nu_{R^I} R^I, \mu_{R^D} R^D = \nu_{R^D} R^D, \mu_{R^Z} R^Z = \nu_{R^Z} R^Z. \text{ where } () (,), () (,),$$

$$() (,)^Z$$

$$I \quad R^D \quad D \quad R^Z$$

It should be noted that the results of forecasts hydrogeological objects states should be treated from the standpoint of different issues (land reclamation, water conservation, environmental), with subsequent approval of decisions made based on the time factor (coordination of decisions). These is due to the need for careful study of the links of the decisions. Suppose that, in connection with the emergence ,
 $R_j R_j$,
of ameliorative nature of the problem are made consistent decisions^{1 2}

$$: R_j P_j \rightarrow P_j; \quad : R_j P_j \rightarrow P_j;^{2(1)(2)}$$

where ¹⁽⁰⁾⁽¹⁾

$$P = \{ < M > < c > < \bar{o} > \}$$

$$^{()} \alpha \alpha \alpha ,$$

$$_{kkkk} / , / , /$$

$$122$$

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ - are the values PT corresponding terms for k - situations. k
 $= 1, 2, 3, \dots, k_3$

$$_{k, k2}^k$$

Assessment of the relationship and of solutions in the following order:

57

1. Solutions R_1 and R_2 are I, D_1, D_2 and Z .
expanded in $_1$

$$I, _2$$

2. To determine the total solution are calculated the values of all OP $\mu R_Z R_Z$.
 $\mu D_I D_I$ and $(,)$

$$\mu R_I R_I, (,)$$

$$\mu R_I R_I, (,)$$

$$12$$

$$\left(\begin{matrix} 1 & 2 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 2 & 2 \end{matrix} \right) \mu_{D_I D_J} \left(\begin{matrix} 1 & 2 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 2 & 2 \end{matrix} \right) (,)$$

3. Discarded those FP values, which less than 0.4. I, D_j, Z .

4. Final decision R is obtained AF expansion solutions j .

In the third chapter of the thesis titled "Digital image processing hydrogeological objects of natural-technogenic character", are considered the issues of digital imaging areas, which are an important source of information for natural-technogenic hydrogeological objects. Such objects are characterized by a high degree of uncertainty and unreliability due to a lack of data, information dominance fuzzy character, unpredictability, uncertainty, etc. In such circumstances, a very important and understudied in hydrogeological practice problem is the problem of extracting information from images of hydrogeological objects. In the thesis is focused on the definition of relevant elements of the topological bitmap NTHGO.

In the study, based on analysis NTHGO are useful image localization, selection and amplification border lines separating different hydrogeological characteristics (in terms of irregularities zones, the boundaries influence technological factors, propagation of pollutants, etc.). The boundaries of the images can be formed in different conditions, explains the change of color, break surface, drops lighting and shadows.

If there is the possibility of obtaining multiple images of the same NTHGO a few moments of time, there are problems with the organization of efficient processing and storage of images flows.

In the thesis for image processing hydrogeological objects is used the method of parallel computing based on the formation of the Hadamard matrix. The algorithms and the parallelization of software image processing based on the orthogonal Hadamard basis functions are proposed

In the thesis are considered questions of digital processing of satellite images NTHGO based on ArcGIS software systems, Erdas Imagine, ENVI. Is used method of supervised classification, based on Bayes classifier, using the maximum a posteriori assessment to determine the most probable class, is carried out on the basis of the following model of the classifier:

$$\ln() [0,5 \ln()] [0,5() () ()]^{-1} D = a_c - Cov_c - X - M_c T Cov_c X - M_c$$

where: D – is weighted distance (probability); c – is the main class; X – is the measurement of the main vector of the pixel; M_c – is the vector of average-values of samples class c ; a_c – is the percent chance, that any basic pixel belongs to a class c (1,0 default, or from apriori knowledge is entered); Cov_c – is the covariance matrix of pixels in a regular class c ; Cov_c – is the determinant Cov_c ; $^{-1} Cov_c$ – reverse Cov_c ; T – is the transposition;

In the fourth chapter of the thesis titled «GIS modeling based on raster data

models of hydrogeological objects» were discussed issues of development of the principles of Geoinformation simulation NTHGO based on raster data models of hydrogeological objects.

Development of a GIS model for the integrated study NTHGO is carried out in the following order:

1. On the original map (picture) is created an electronic map the study area. 2. Is created territorial base of attribute and territorial data is carried out binding in a topological objects.

3. Is created a database for the study area from the position of reclamation, water conservation, environmental.

4. Is formed table classifying parts of the territory from the point of view of a certain problem on the basis of geoinformation modeling.

5. Is implemented correlation analysis between two or three thematic layers based on "sliding window" method.

On the basis of the states of the matrices (${}_{123}A, A, A$) using a "sliding window" method are formed fields of correlation between pairs of thematic layers), and three layers (${}_{12}A, A$ и A_3) the formulas (Tikunov V.S., 1997):

$${}_{22}R_{AAA} = R_{AA} + R_{AA} - R_{AA}R_{AA} - R_{AA} \quad (2)/(1)$$

${}_{1231213121323}$

$$\sum_{i=1}^n R_{AA} d_i n = -$$

$$16/()$$

$$\begin{matrix} ij1 \\ i \end{matrix} =$$

$$i, j = 1, 3;$$

d – is the difference between the ranks of the phenomena A_{iH}, A_j were taken from different cards, n - is the sample size for this series. In this chapter of the thesis are presented the results of the classification of the territory of hydrogeological objects based on digital processing of satellite images for the territory using the software kit ERDAS Imagine, ENVI. At the first stage, is carried out initial classification. Then, in the next step using Signature editor module is formed by the spectral statistic of space image using supervised classification module, file is generated for the final classification. Satellite imagery in North Karakalpakstan area obtained by Landsat 7 (for 2000) and Landsat 8 (2015) on the territory of the sheet K-40-B on the scale of 1: 500 000. The result is a raster layer for the classification of the territory on space-based research. General land area 44 206.4 km², as it is shown in Fig.1, the brightness of the color of all the objects are highlighted clearly distinguishable in brightness of colors 9 different color characteristics, to study the color characteristics of the process of change territory three types of objects have been selected.

- Water cover.

- Vegetation.
- The soil containing mineral salt.

59

Postprocessing classified satellite image was performed using ERDAS IMAGINE software, using the method of supervised classification Bayesian classifier. The results are shown in Figure 2 and Table 1.2.

On the basis of these results and by comparing snapshots 2000 and 2015 shows that the ecological condition of the territory characterized by a decrease in the area of vegetation in the area and an increase in salinity areas characterize the territory.

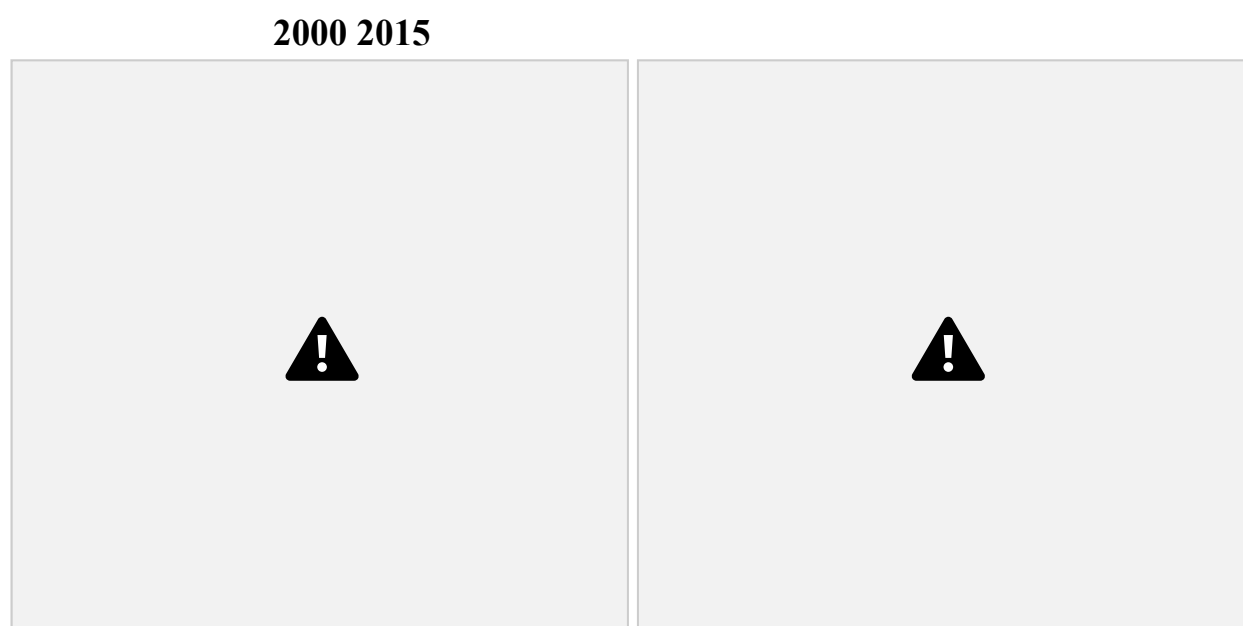


Fig.2. Raster classification on the basis of satellite images

Table №1. Sootnoschenie on three sites with satellite images of different periods of shooting the Aral Sea region.

Periods y / y	Water cover	Vegetation	Salinity
2000	4256,4 km ²	9708,9 km ²	5089 km ²
2015	4108,6 km ²	5587,9 km ²	9716,5 km ²
Difference 15 years	147,8 km ² <i>less</i>	4121 km ² <i>less</i>	4627,5 km ² <i>more</i>

Table №2. Changes in the surface of the Aral Sea region, as a percentage.

Coverage area in%	Water cover	Vegetation	salinity
2000	9,6 %	22 %	11,5 %
2015	9,2%	12,6 %	22 %

Difference in percentages (%)	0,4 <i>less</i>	9,4 % <i>less</i>	- 10,5 % <i>more</i>
----------------------------------	--------------------	----------------------	-------------------------

The fifth chapter of the thesis entitled «**Development of a GIS model of the territory of the northern zone of the Republic of Karakalpakstan**» is dedicated to the practical application of the developed on the basis of geoinformation technologies computerized decision support system for monitoring studies of the northern zone of the Republic of Karakalpakstan (NZRK).

Hydrogeological conditions of the territory. From a geological point of view, the territory in question belongs to the Quaternary sediments of Upper Lower.

60

Aquifers are composed of sandy sediments. Clay deposits are located at a depth of P-17 m., and are represented in roughly clay deposits.



Fig.3.Implementation evaluation algorithm relationships thematic layers by the «sliding window».

The following thematic layers are formed to study the territory NZRK: spatial distribution of the balance of groundwater aquifers; the spatial distribution of the initial conditions and hydrogeochemical geofiltrational tasks; the spatial distribution of the boundary conditions of groundwater flow.

The information thus obtained is integrated into the computer system in the form of thematic layers and maps, is evaluated the relationship between thematic layers based on «sliding window» technique (Fig.3).

Further, on this basis are carried out the computational experiments to determine geofiltrational parameters and boundary conditions.

61

As a topological elements of geoinformation model of the territory were taken point (well water intakes, observations), linear (infiltration channels geofiltrational border areas, etc.), areal (area allocated for the filtration properties, settlements, etc.).

Geoinformation technologies are a promising tool for studying the dynamics of groundwater, with the possibility of using data on groundwater levels and the degree of concentration, as well as initial and boundary conditions as the thematic layers of geoinformation models.

In the first stage on the basis of the system ArcCatalog ArcGIS software environment is formed structure of geoinformation models NZRK territory. Topological elements of this model: polygons (areas, agriculture, territories), line (border areas, farms, roads, rivers, canals), point (intake and observation wells, construction of individual, etc.) (Fig.4).

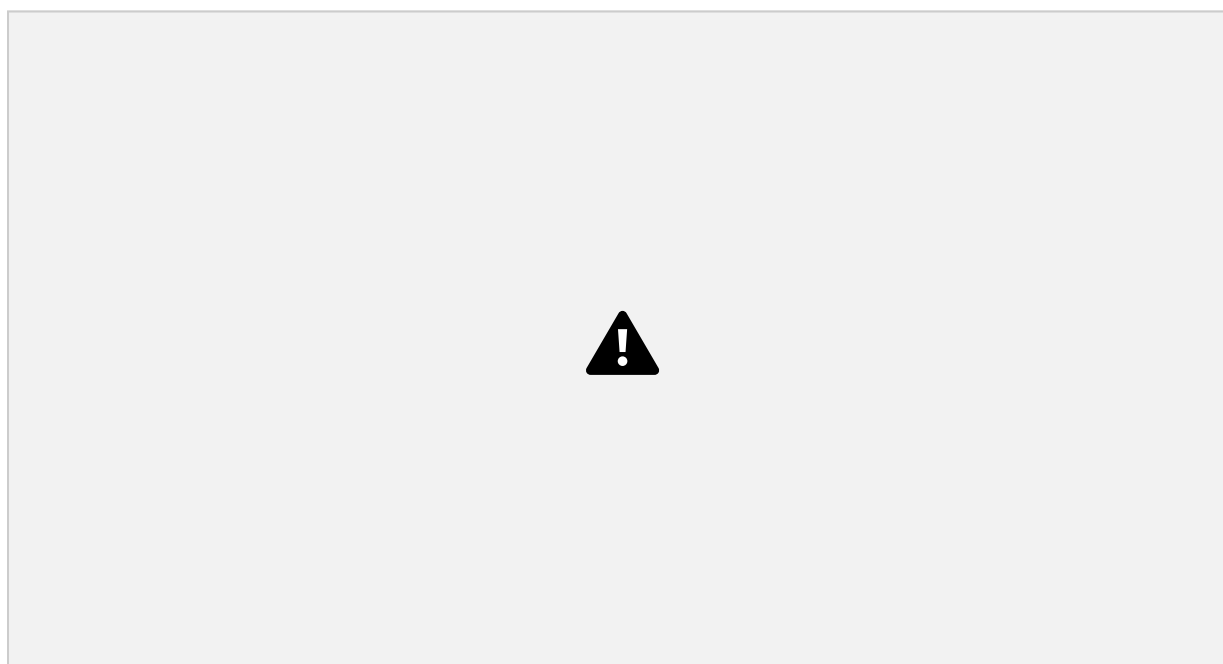


Fig. 4. Geoinformation model of the hydrogeological conditions of the northern zone of the Republic of Karakalpakstan.

On the basis of geoinformation models NZRK are conducted computational experiments to assess the impact of changes in groundwater levels and their mineralization to other territories and objects using Spatial Analyst ArcGIS environment package.

In carrying out computational experiments was used a package Spatial Analyst ArcGIS system. The results show that for the period from 2010 to 2015. are observed decrease in groundwater levels in a northerly direction, while there is a significant decrease of the area groundwater levels from 0 to 1 m, at the same time increased the proportion of areas with ground water level from 1 to 2 m. On this basis is made conclusion that lowering of groundwater levels has led to an increase in the area of saline soils (Fig. 5).

62

During the development of geoinformation models of hydrogeological objects of natural-technogenic character important in the organization of information exchange between the object and its hydrogeological geoinformation model has questions coordinate compliance and decision-making based on a comprehensive study of thematic layers hydrogeological object.

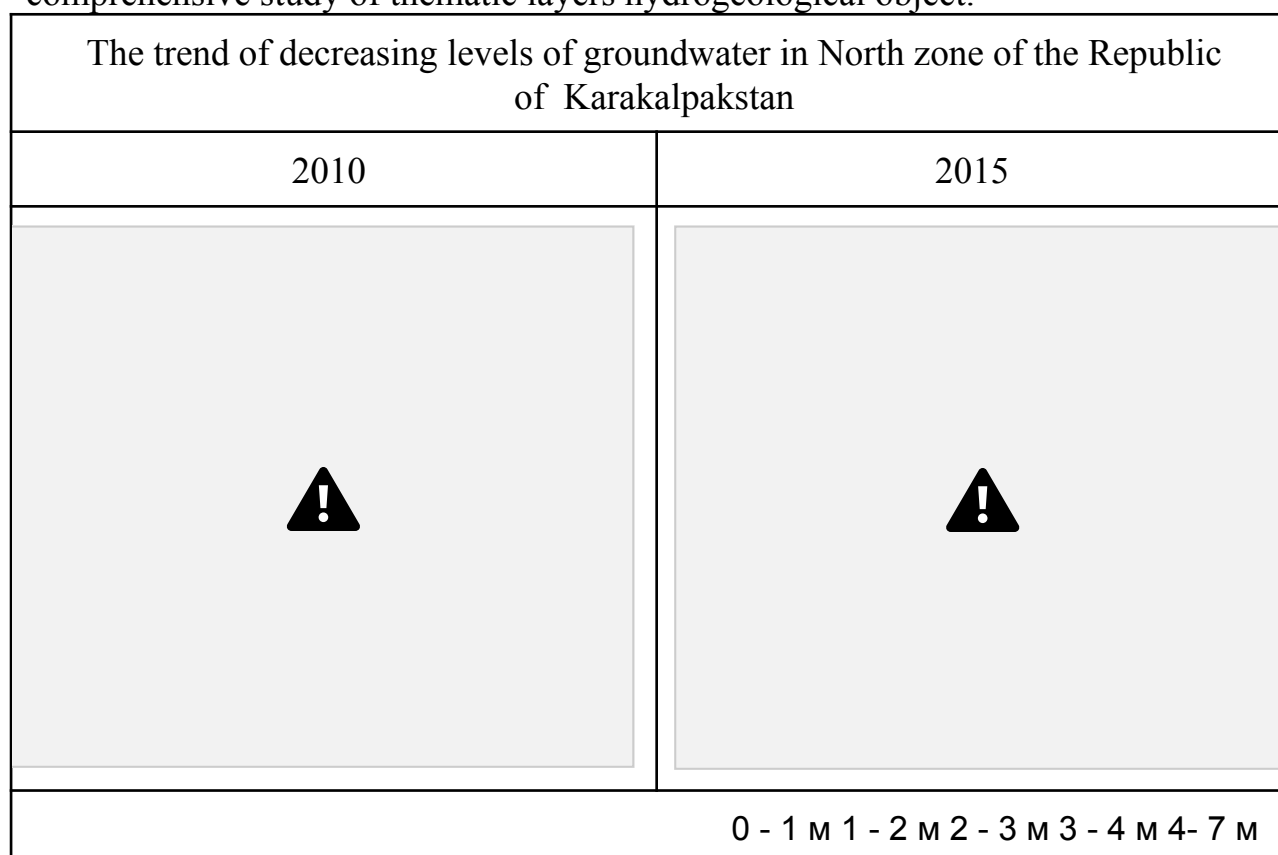


Fig. 5. The results of computational experiments on changing groundwater levels NZRK territor on the basis of geoinformation modeling.

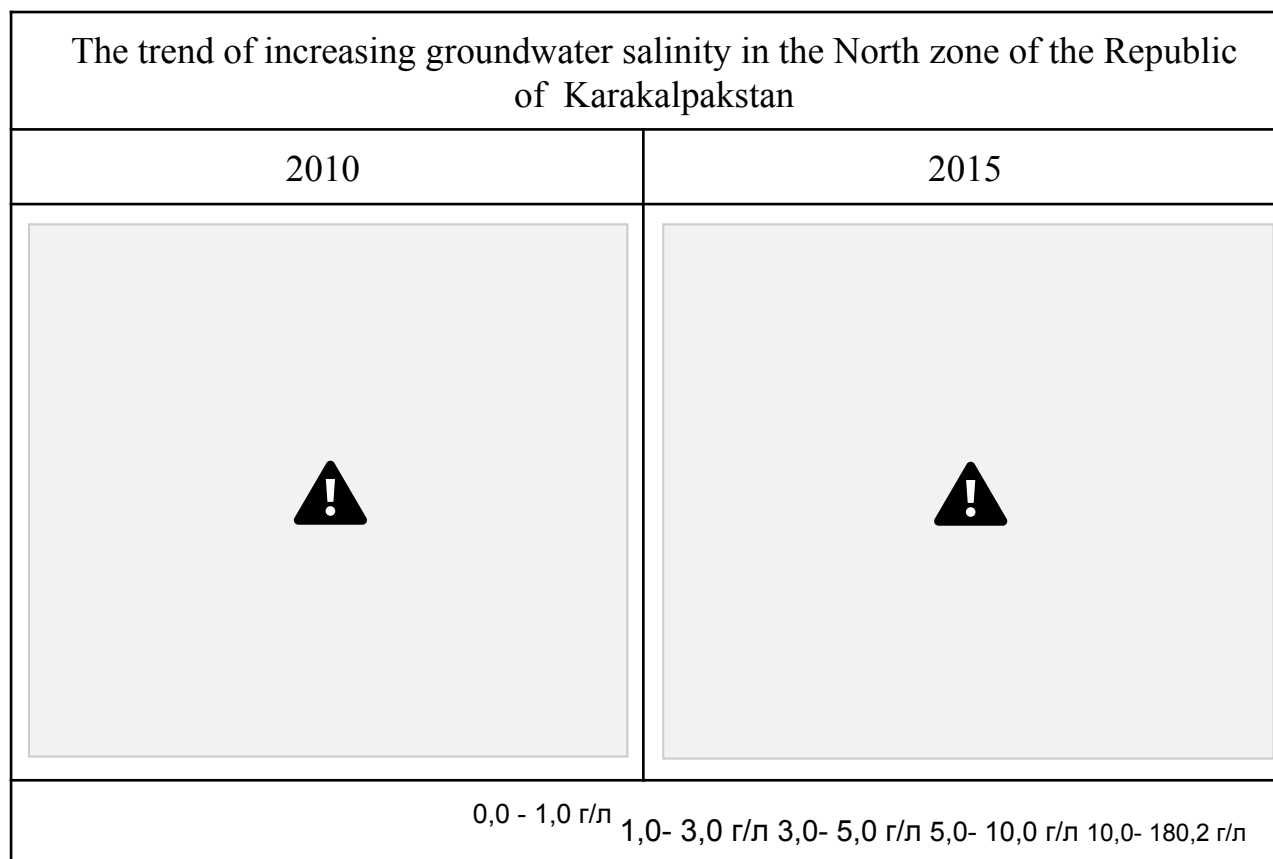


Fig. 6. The results of computational experiments on groundwater salinity NZRK territory on the basis of geoinformation modeling

63

As the thematic layers can be formed layers of changes in groundwater levels, their concentrations, spatial distribution geofiltrational parameters needs of irrigated areas in the water, and others. To reduce possible while uncertainty can be apply ArcGIS tool allowing to operate with territorial data Fuzzy Overlay, Fuzzy Membership.

CONCLUSION

The results of studies on a doctoral thesis on the theme «Decision support system based on geoinformation modeling of hydrogeological objects natural technogenic character» are boiled down to the following conclusions:

1. Were developed the concept of geoinformation - analytical processing, algorithms and software for processing of heterogeneous data (numeric, qualitative, linguistic, raster, territorial scope, etc.) and linguistic representation of the solutions obtained. The structure of the computerized system includes GIS, fuzzy information and expert-analytical components were created algorithms and software for the information exchange between the components of the computerized system.

2. Are proposed methods, algorithms and software complex for formalization and aggregation of experience, knowledge and intuition expert hydrogeologists on fuzzy - multiple basis using Saaty method.

3. Were develop and validated models of decision making, based on a synthesis of the states making (reclamation, water conservation and ecological) hydrogeological objects of natural-technogenic characters allowing to take diverse solutions: preventive, restorative and localization character.

4. Were developed the algorithms of the fuzzy assessment on the decisions taken on the basis of a situation analysis of geoinformation modeling results. Is proposed a model taking total solutions consisting of solutions, with the nature of the gain reduction and not change.

5. Were proposed the algorithms and software tools to extract information from images of hydrogeological objects, digital image processing parallelization hydrogeological objects.

6. The principles of construction of geoinformation models of hydrogeological objects of natural-technogenic character on the basis of raster character data.

7. Are proposed algorithm and code fields of formation correlation relationship between two or three thematic layers of geoinformation models of hydrogeological objects on the basis of natural-technogenic character using method of «sliding window».

8. Were developed a computerized information-analytical system is used for monitoring studies in North Karakalpakstan region.

9. On the basis of geoinformation model were conducted computational experiments conducted to assess the impact of changes in groundwater levels and their mineralization at other facilities in North Karakalpakstan region.

64

10. Spatio-temporal analysis of geoinformation modeling of the results was carried out using Spatial Analyst package environment Arg GIS. 11. The results show decrease in the depth of the groundwater and increase their mineralization to the north for the period from 2010 to 2015. Spend the digital processing of satellite images for the area NZRK two time periods (2000 and 2015). Using ERDAS IMAGINE software package. The results are generally identical to the results obtained on the basis of geoinformation model of the territory.

**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РУЙХАТИ
LIST OF PUBLISHED WORKS**

I бўлим (I часть, I part)

1. Усманов Р.Н., Сеитназаров К.К., Отениязов Р.И. Моделирование

сложных процессов и управление ими в условиях нечеткой информации. – Ташкент 2016: Fan va texnologiya, - 298 с. ISBN 978-9943-998-58-8.

2. Usmanov R.N., Oteniyazov R.I. The question of intellectualization digital image processing of hydrogeological objects // European Applied Sciences Volum 3. – Germany, Stuttgart, 2015. – P.71-76. ISSN 2195-2183. (05.00.00; №2).

3. Seitnazarov K.K., Oteniyazov R.I. Integration into the gis fuzzy deterministic simulation of hydrogeological objects // European Applied Sciences Volum 11. – Germany, Stuttgart, 2015. – P.53-56. ISSN 2195-2183. (05.00.00; №2).

4. Джуманов Ж.Х., Отениязов Р.И. Исследование температурного режима подземных вод на основе нейро-нечеткого подхода // Вестник ТУИТ. – Ташкент, 2014. – № 2. – С. 101-105. ISSN 2010-9857. (05.00.00; №10).

5. Отениязов Р.И. Об одном алгоритме ранжирования параметров гидрогеологических объектов природно-техногенного характера в условиях нечеткой информации // Вестник ТУИТ. – Ташкент, 2013. – № 4. – С. 57-63. ISSN 2010-9857. (05.00.00; №10).

6. Отениязов Р.И., Алламуратова З.Ж. Алгоритмы расчета корреляционных связей между тематическими слоями ГИС телекоммуникационных систем // Вестник ТУИТ. – Ташкент, 2015. - № 4. – С. 88-93. ISSN 2010-9857. (05.00.00; №10).

7. Отениязов Р.Н., Хамитов М-А.Г., Хабилова Д.Н. Моделирование изменений уровней грунтовых вод Китабо-Шахриябзского месторождения подземных вод на нейро-нечеткой основе // Вестник ТУИТ. – Ташкент, 2015. - № 3. – С. 98-102. ISSN 2010-9857. (05.00.00; №10).

8. Сеитназаров К.К., Отениязов Р.И. Опыт разработки ГИС-модели Китабо-Шахриябзского месторождения подземных вод // ЎзРФА Қорақалпоғистон бўлимининг ахборотномаси. №2, 2016 с. 3-8. (05.00.00; №19).

9. Сеитназаров К.К., Отениязов Р.И. Разработка web портала по моделированию условий функционирования водозаборов подземных вод // Вестник ТУИТ. – Ташкент, 2014. - № 2. – С. 3-8. ISSN 2010-9857. (05.00.00; №10).

10. Усманов Р.Н., Отениязов Р.И. К вопросу построения функций принадлежности при исследовании гидрогеологических объектов природно-техногенного характера // Химическая технология. Контроль и управление. – Ташкент, 2013. – №. 4. – С. 66-71. ISSN 1815-4840. (05.00.00; №12).

66

11. Усманов Р.Н., Отениязов Р.И. К вопросу распараллеливания процесса обработки изображений гидрогеологических объектов на основе базисных функций Адамара // Химическая технология. Контроль и управление. – Ташкент, 2014. – №. 5. – С. 76-81. ISSN 1815-4840. (05.00.00; №12).

12. Усманов Р.Н., Отениязов Р.И. Проектирование функций принадлежности гидрогеологических параметров // Узб. журнал «Проблемы

информатики и энергетики». – Ташкент, 2012. – № 5-6. – С. 24-31. ISSN 2010-7242. (05.00.00; №5).

13. Усманов Р.Н., Отениязов Р.И., Кучкаров Т.А. Цифровая обработка изображений гидрогеологических объектов // Вестник ТУИТ. – Ташкент, 2014. – № 3. – С. 108-125. ISSN 2010-9857. (05.00.00; №10).

14. Усманов Р.Н., Сеитназаров К.К., Отениязов Р.И. Геоинформационное моделирование условий формирования и эксплуатации Кегейлийского водозабора подземных вод // Химическая технология. Контроль и управление. – Ташкент, 2015. – №. 1. – С. 83-88. ISSN 1815-4840. (05.00.00; №12).

15. Усманов Р.Н., Сеитназаров К.К., Отениязов Р.И. Геоинформационное моделирование на основе растровой модели данных гидрогеологических объектов // Вестник ТУИТ. – Ташкент, 2014. – № 4. – С. 62-67. ISSN 2010-9857. (05.00.00; №10).

II бўлим (II част; II part)

16. Seitnazarov K.K., Oteniyazov R.I. Geographic information fuzzy deterministic modeling of hydrogeological objects // European Applied Sciences: challenges and solutions, proceedings of the 5th International scientific conference. ORT Publishing. Germany, Stuttgart. 2015. P.61-63.

17. Изтилеуов М.А., Рахимов Н.Р., Отениязов Р.И.. Нейро-нечеткое моделирование изменений уровней грунтовых вод Кегейлийского водозабора // Автоматика и программная инженерия. – Новосибирск, 2015. – № 1(11). – С. 63-68. ISSN 2312-4997.

18. Усманов Р.Н., Отениязов Р.И. Нечетко-множественный подход к вопросу выработки управляющих решений по состояниям гидрогеологических объектов // Наука и мир. – Волгоград, №5(21), 2015 – С. 109-113. ISSN 2308-4804.

19. Усманов Р.Н., Хушвактов С.Х., Сеитназаров К.К., Отениязов Р.И. К вопросу интеллектуализации процесса математического моделирования гидрогеологических систем // Проблемы вычислительной и прикладной математики. – Ташкент, 2015. – №2. – С.26-32. ISSN 2181-8460.

20. Усманов Р.Н., Сеитназаров К.К., Отениязов Р.И. Интеграция ГИС в процесс нечетко-детерминированного оценивания электромагнитной безопасности телекоммуникационных систем // Перспективы развития информационных технологий ИТРА-2014: Материалы Международной конференции. – Ташкент, 2014. – С. 247-248.

67

21. Usmanov R.N., Kuchkarov T.A., Oteniyazov R.I. The problems of intellectualization of digital image processing facilities // Там же. – С. 248-250. 22. Усманов Р.Н., Отениязов Р.И. Интеграция нейро-нечеткого подхода для исследования температурного режима подземной гидросферы // Актуальные проблемы прикладной математики и информационных технологий Ал-Хорезми: Материалы Международной научной конференции. –

Самарканд, 2014. – С. 150-152.

23. Усманов Р.Н., Сеитназаров К.К., Отениязов Р.И. К вопросу уменьшения неопределенностей при исследовании гидрогеологических объектов природно-техногенного характера // Актуальные проблемы прикладной математики и информационных технологий Ал-Хорезми: Материалы Международной научной конференции. – Ташкент, 2012. – С. 71-72.

24. Abutaliev F.V., Usmanov R.N., Oteniyazov R.I. To the issue of complex research of hydrogeological objects in conditions of fuzzy information dominance // Интеллектуальные системы для индустриальной автоматизации: Материалы Восьмой Всемирной конференции WCIS-2012. - Tashkent, 2012. - Pp. 205-208.

25. Usmanov R.N., Oteniyazov R.I. Information-modeling system with intellectualization of the decision making process in conditions of information dominance fuzzy nature // Интеллектуальные системы для индустриальной автоматизации: Материалы Восьмой Всемирной конференции WCIS-2014. – Tashkent, 2014. – P. 349-352.

26. Усманов Р.Н., Отениязов Р.И. К вопросу диагностики состояний гидрогеологических систем в условиях доминирования информации нечеткого характера // Приоритетные направления в области науки и технологий в XXI веке: Материалы Международной научной конференции. Научно-техническое общество «Тинбо». Ассоциация корейских культурных центров Республики Узбекистан. – Ташкент, 2014. – С. 200-204.

27. Усманов Р.Н., Отениязов Р.И. О концепции обработки разнородной информации по гидрогеологическим объектам // Фан, таълим ва ишлаб чиқариш интеграциясини ахборот коммуниациясия технологиялари асосида ривожлантириш истиқболлари. Республика илмий-амалий анжуман материаллари тўплами. – Қарши, 2016 – С. 200-204.

28. Усманов Р.Н., Отениязов Р.И. Геоинформационное моделирование гидрогеологических объектов на основе растровых данных // Фан, таълим ва ишлаб чиқариш интеграциясини ахборот коммуниациясия технологиялари асосида ривожлантириш истиқболлари: Республика илмий-амалий анжуман материаллари тўплами. – Қарши, 2016 – С. 200-204.

29. Отениязов Р.И. К вопросу разработки системы комплексной диагностики состояний природно-техногенных объектов на нечетко множественной основе // Республиканская научно-методическая конференция молодых ученых, исследователей, магистрантов и студентов. – Ташкент, 2013. – С. 22-24.

30. Усманов Р.Н., Отениязов Р.И., Корниенко Е.А. К вопросу формализации знаний специалистов – гидрогеологов // Проблемные вопросы гидрогеологии, инженерной геологии, геоэкологии и пути их решения: Тезисы Республиканской научно-технической конференции. –

Ташкент, 2012. – С. 63-65.

31. Усманов Р.Н., Хабилова Д.Н., Отениязов Р.И. Моделирование процессов принятия решений для обеспечения устойчивого функционирования сложных систем // Ахборот технологиялари ва телекоммуникация тизимларини самарали ривожлантириш истиқболлари: Республика илмий-техник конференция. – Ташкент, 2014. – С. 209-212.

32. Отениязов Р.И., Джураев Ж. Об одном алгоритме построения функции принадлежности параметров сложных систем // Ахборот технологиялари ва телекоммуникация тизимларини самарали ривожлантириш истиқболлари: Республика илмий-техник конференция. – Ташкент, 2014. – С. 208-209.

33. Усманов Р.Н., Сеитназаров К.К., Отениязов Р.И. Геоинформационное моделирование при поддержке принятия решений по состояниям гидрогеологических объектов // Фан, таълим ва ишлаб чиқариш интеграциясида ахборот-коммуникация технологияларини куллашнинг хозирги замон масалалари: Материалы Республиканской научно-технической конференции. Ч. II. – Нукус, 2015. – С.274-276.

34. Отениязов Р.И., Хабилова Д.Н. Шаҳар ҳудудларини ободонлаштириш геоахборот моделини яратиш // Фан, таълим ва ишлаб чиқариш интеграциясида ахборот-коммуникация технологияларини куллашнинг хозирги замон масалалари: Материалы Республиканской научно-технической конференции. Ч. II. – Нукус, 2015. – С.254-266.

35. Усманов Р.Н., Отениязов Р.И. Опыт интеграция нечетко множественного подхода в организации мониторинга месторождений подземных вод // Современные информационные технологии в телекоммуникации и связи: Материалы Республиканской научно-методической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Исламова Анвара Исламовича. - Ташкент, 2011. – С. 21-22.

36. Усманов Р.Н., Отениязов Р.И., Хабилова Д.Н. Принципы комплексной оценки электромагнитной безопасности телекоммуникационных систем на ГИС основе // Радиоэлектроника, информационные и телекоммуникационные технологии: Проблемы и развитие. – Ташкент, 2015. – С. 150-152.

37. Усманов Р.Н., Джуманов Ж.Х., Сеитназаров К.К., Отениязов Р.И. Перспективы развития методологии нечетко-детерминированного моделирования гидрогеологических процессов на базе интеграции ГИС технологий // Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии, геоэкологии и пути их решения: Материалы Международной научно-технической конференции. - Ташкент, 2015. – С.289-301.

38. Усманов Р.Н., Отениязов Р.И. К вопросу распараллеливания нечетко детерминированного моделирования гидрогеологических процессов

конференции. - Ташкент, 2015. – С. 332-334.

39. Усманов Р.Н., Хушвактов С.Х., Отениязов Р.И., Сеитназаров К.К. К вопросу интеллектуализации процесса математического моделирования гидрогеологических систем // Интеграция науки и практики как механизм эффективного развития геологической отрасли Республики Узбекистан: Материалы Международной научно-технической конференции. – Ташкент, 2016. – С.103-106.

40. Усманов Р.Н., Сеитназаров К.К., Отениязов Р.И. Программный комплекс для решения геофильтрационных задач на основе параллельных вычислений // Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Свидетельство DGU 20150197. 14.07.2015 г.

41. Усманов Р.Н., Сеитназаров К.К., Отениязов Р.И. Программный комплекс принятия решений на основе экспериментов оценки корреляционных отношений тематических слоёв // Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Свидетельство DGU 20150205. 14.07.2015 г.

Ўтказилди.

Босишга рухсат этилди: _____ 2016 йил
Бичими 60x45 ¹/₁₆, «Times New Roman»
гарнитурада рақамли босма усулида босилди.
Шартли босма табағи 5. Адади: 100. Буюртма: № _____.

Ўзбекистон Республикаси ИИВ Академияси,
100197, Тошкент, Интизор кўчаси, 68

«АКАДЕМИЯ НОШИРЛИК МАРКАЗИ» ДУК