

**TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALAR UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.13/30.12.2019.T.07.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

**“TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO‘JALIGINI
MEXANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI” MILLIY
TADQIQOT UNIVERSITETI**

ISMATOV BAXTIYOR SA‘DULLA O‘G‘LI

**GIDROTEXNIKA INSHOOTLARINI LOYIHALASHDA GEOMETRIK
MODELLASHTIRISH USULLARINI QO‘LLASH**

**05.01.01-“Muhandislik geometriyasi va kompyuter grafikasi. Audio va
videotexnologiyalari”**

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Toshkent – 2025

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati
mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
по техническим наукам**

**Content of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)
on technical sciences**

Ismatov Baxtiyor Sa'dulla o'g'li

Gidrotexnika inshootlarini loyihalashda geometrik modellashtirish usullarini
qo'llash..... 3

Исмагов Бахтиёр Саъдулла угли

Применение методов геометрического моделирования при проектировании
гидротехнических сооружений..... 25

Ismatov Bakhtiyor

Application of geometric modeling methods in the design of hydraulic
structures..... 49

E'lon qilingan ishlar ro'uxati

Список опубликованных работ

List of published works..... 53

**TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALAR UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.13/30.12.2019. T.07.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

**“TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO‘JALIGINI
MEXANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI” MILLIY
TADQIQOT UNIVERSITETI**

ISMATOV BAXTIYOR SA‘DULLA O‘G‘LI

**GIDROTEXNIKA INSHOOTLARINI LOYIHALASHDA GEOMETRIK
MODELLASHTIRISH USULLARINI QO‘LLASH**

**05.01.01-“Muhandislik geometriyasi va kompyuter grafikasi. Audio va
videotexnologiyalari”**

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Toshkent - 2025

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2024.4. Phd/T5060 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya "Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" Milliy tadqiqot universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasi (www.tuit.uz) va "ZiyoNet" Axborot ta'lim portalida (www.ziynet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Kuchkarova Dilarom Fayzullayevna
texnika fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar:

Muxamadiyev Abduvali Shukurovich
fizika-matematika fanlari doktori, professor

Sindarov Raxmat Uralovich
texnika fanlari nomzodi, dotsent

Yetakchi tashkilot:

Toshkent arxitektura-qurilish universiteti

Dissertatsiya himoyasi Toshkent axborot texnologiyalar universiteti huzuridagi DSc. 13/30.12.2019. T.07.01 raqamli ilmiy kengashning 2025-yil "___" "_____" soat ___ dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 100084, Toshkent shahri, Amir Temur ko'chasi, 108-uy. Tel.: (+99871) 238-64-43, e-mail: iktuit@tuit.uz).

Dissertatsiya bilan Toshkent axborot texnologiyalar universiteti Axborot resurs markazida tanishish mumkin(____ raqam bilan ro'yxatga olingan). Manzil: 100084, Toshkent shahri, Amir Temur ko'chasi, 108-uy. Tel.: (+99871) 238-64-43 e-mail: iktuit@tuit.uz.

Dissertatsiya avtoreferati 2025-yil "___" _____ kuni tarqatildi.
(2025-yil "___" _____ dagi _____ raqamli reestr bayonnomasi).

M.M. Musayev
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy
kengash raisi, t.f.d., professor

E.Sh. Nazirova
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy
kengash ilmiy kotibi, t.f.d., professor

F.M. Nuraliyev
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy
kengash huzuridagi ilmiy seminar
raisi, t.f.d., professor

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertasiyasi annotasiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining rivojlanishi gidrotexnik inshootlarini loyihalash jarayonida judda katta yutuqlarga erishishga imkon yaratmoqda. Gidrotexnika inshootlarini loyihalash jarayonida modellashtirish usullaridan foydalanish hozirgi zamonning dolzarb muammolaridan biridir. Mazkur soha bo'yicha xorijiy mamlakatlarda, shu jumladan, Xitoy, AQSH, Hindiston, Germaniya, Italiya, Rossiya Federatsiyasi, Yaponiya, Janubiy Koreya kabi mamlakatlarda ko'plab ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda.

Dunyoda ko'plab gidrotexnik inshootlarining keng ko'lamliligi, murakkabligi va turli maqsadlarda foydalanishligini hisobga olgan holda, ushbu inshootlarni loyihasining dastlabki qiymati eng qimmat muhandislik inshootlari qatoriga kiradi. Misol uchun, dunyodagi eng qimmat muhandislik loyihalaridan biri Xitoyning Yantszi daryosidan suv oqimini yo'naltirish bo'yicha milliy mega-gidroloyihaning taxminiy qiymati 50 milliard AQSh dollari bo'lgan. Shuningdek, gidrotexnik inshootlarni loyihasini tuzish jarayonida yuzaga kelgan muammolar natijasida ko'plab talofatlar kuzatilgan. Misol uchun, Xitoyning Xenan shahridagi 62 ta to'g'on zanjirining uzilishi natijasida 26 000 dan ortiq va Hindistondagi Machxu-II to'g'onining buzilishi natijasida 2000 dan ortiq insonning hayoti o'lim bilan tugagan. Shuning uchun gidrotexnika inshootlarning loyihasini tuzish jarayoniga modellashtirish usullarini qo'llash algoritmlarini ishlab chiqish, tizimga raqamli texnologiyalarni kengroq joriy qilish dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Bunday masalalarni yechish uchun raqamli ishlash jarayoniga geometrik modellashtirish usullarini qo'llash orqali loyiha bir nechta variantlarini qisqa vaqt ichida tuzib chiqish va optimal variantni tanlab olish orqali loyihalash jarayonini optimallashtirish lozim bo'ladi.

Respublikamizda gidrotexnika inshootlarini loyihalash jarayoniga modellashtirish usullaridan foydalanagan holda raqamli texnologiyalarni joriy qilish bo'yicha ilmiy tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Prezidentimizning 2021-yil 6-apreldagi PF-6200 "Suv resurslaridan foydalanishda davlat boshqaruvi va nazorati tizimini yanada takomillashtirish va suv inshootlari xavfsizligini ta'minlash chora-tadbirlari to'g'risida"gi sonli farmoni¹.

O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2023-yil 30-avgustdagi 865-son "Gidrotexnika inshootlari xavfsizligi" to'g'risidagi qarorida ham hozirga kelib ushbu sohalarini rivojlantirish, Gidrotexnika inshootlar xavfsizligini ta'minlash uchun asosiy chora-tadbirlar belgilab berilgan. Tizimga raqamli texnologiyalarni joriy qilish bo'yicha Prezidentimizning 2021-yil 10-dekabrda PQ-42-sonli "Iqtisodiyot tarmoqlari uchun muhandis kadrlarni tayyorlash tizimini innovatsiya va raqamlashtirish asosida tubdan takomillashtirish chora – tadbirlari to'g'risida"gi 2023-yil 24-maydagi PQ-162-sonli "Raqamli xizmatlar qamrovi va sifatini oshirish soha, tarmoq va hududlarni raqamli transformatsiya qilish chora

¹ Prezidentimizning 2021-yil 6-apreldagi PF-6200 "Suv resurslaridan foydalanishda davlat boshqaruvi va nazorati tizimini yanada takomillashtirish va suv inshootlari xavfsizligini ta'minlash chora-tadbirlari to'g'risida"gi sonli farmoni

tadbirlari to'g'risida"gi qarori va 2024-yil 26-fevraldagi PQ-87-sonli "Mamlakatimizda raqamlashtirish sohasidagi xizmatlar eksportini rivojlantirishga doir qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida"gi qarorlari hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa meyoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishda ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi. Ushbu vazifalarni ijrosini ta'minlashda jumladan, loyihalash jarayoniga geometrik modellashtirish usullarini qo'llash orqali gidrotexnika inshootlarini loyihalash jarayonining umumiy algoritmlarini dasturiy ta'minot qismini tuzib chiqish va loyihalash jarayonini optimallashtirish, loyihalash jarayonidagi muhim masalalarni yechish bugungi kunning dolzarb muammolaridan hisoblanadi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot Respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining IV. "Axborotlashtirish va axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini rivojlantirish" ustuvor yo'nalishi doirasida bajarilgan.

Dissertatsiya tadqiqotining o'rganilganlik darajasi. Gidrotexnika inshootlarini loyihalashda geometrik modellashtirish usullarini qo'llash algoritmlarini ishlab chiqish muammolari ilmiy adabiyotlarda keng yoritilgan. Loyihlash jarayoniga geometrik modellashtirish usullarini qo'llash bo'yicha xorijiy olimlar: Kashenko N.A., Popov A.B., Rukovoshnikov V.A., Zamyatin A.V., Korotin A.C., Kochneva A.A., Kravchenko Y.A., Nguen T.K. Novakovskiy B.A. Ciminov Y.G., Chernova L.I., Chernishova O.A., Foks A., Pratt M., Fuks A.L., Musona O.R., Demidenko A.G., Yastrebova A.I., Musixina B.B., Kurkova Yu.S., Baranova Yu. B., Kantemirova Yu.I., Kiselevskiy E.B., Bolsunovskiy M.A., Popova Y.V., Korotina A.S., Klimenko A.S., Bugrova N.V., Golubeva V.I., Florinskiy I.V. va boshqa olimlar tomonidan ilmiy-tadqiqotlar olib borilgan.

Respublikamizda gidrotexnika inshootlarini loyihalash jarayoniga geometrik modellashtirish usullarini qo'llash bo'yicha D.F. Kuchkarova va M.R. Bakiyevlar ilmiy-tadqiqot ishlari olib borganlar. Professor D.F. Kuchkarova topografik sirtlarni nazariyasini tuzib chiqish jarayoniga geometrik modellashtirish usullarini qo'llash algoritmlarini ishlab chiqqan.

Hozirgi kunda S.S.Saidaliyev, B.U.Xaitov, F.D.Shodiyev, R.U.Sindarov, A.B.Xalimbetov, Q.Yakubov va Sh.Panjiyev kabi bir qator olimlar tomonidan ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda.

Mazkur sohadagi tadqiqotlarning o'rganilganligi shuni ko'rsatadiki, hozirgi vaqtda loyihalash jarayoniga modellashtirish usullaridan keng foydalaniladi. Ushbu sohadagi tadqiqotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, hozirda bir nechta muqobil loyihalarni yaratish va ular orasidan maqbulini tanlashning ishonchli usullari mavjud emas. Shuningdek, geometrik va matematik modellashtirishga asoslangan avtomatlashtirilgan loyihalash usullarini yaratish masalalari yetarli darajada yoritilmagan.

Dissertatsiya mavzusining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy ishlari rejasi bilan bog'liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti "Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" Milliy tadqiqot universiteti ilmiy-tadqiqot ishlarining rejasi 2023-yil 26-

yanvardagi №4.7 bandi “Gidrotexnika inshootlarini loyihalashda geometrik modellashtirish usullarini qo‘llash” (2023-2024) mavzusidagi loyihalar doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi. Gidrotexnika inshootlarini loyihalash jarayoniga geometrik modellashtirish usullarini qo‘llash algoritmlarini ishlab chiqish va loyihalash jarayoni samarasini oshirishda foydalanish.

Tadqiqotning vazifalari:

dastlabki geodezik ma’lumotlarga ishlov berishda splayn funktsiya usulini takomillashtirish va relyef gorizontallarini tuzish algoritmlarini ishlab chiqish;

berilgan hududda gidrotexnika inshootlarini yer sirtining murakkablik darajasini baholash algoritmlarini topografik sirtning topologik xususiyatlaridan foydalangan holda ishlab chiqish;

tuzib chiqilgan loyiha variantlari orasidan optimal loyiha variantini tanlab olishda qaror qabul qilish nazariyasi usullaridan foydalanish algoritmlarini ishlab chiqish;

gidrotexnik inshootlarni loyihalashning unifikatsiyalashgan algoritmlari asosida dasturiy ta’minotning funktsional sxematik tuzilishini ishlab chiqish va amaliyotga tadbiiq qilish.

Tadqiqot obyekti gidrotexnika inshootlari loyiha tuzish jarayoni va zamonaviy avtomatlashtirilgan loyiha tuzish tizimlari.

Tadqiqotning predmeti sifatida gidrotexnika inshootlari loyiha tuzish jarayonida qo‘llaniladigan geometrik va matematik modellar, algoritmlar va dasturiy majmuani qo‘llash texnologiyalari.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqotda zamonaviy geometrik va matematik modellashtirish usullari, raqamli ishlov berish nazariyasi, olingan natijalar qiyosiy tahlil qilish, optimallashtirish va qaror qabul qilish nazariyasidan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

dastlabki geodezik ma’lumotlarga ishlov berishda splayn funktsiya usuli takomillashtirildi va relyef gorizontallarini tuzish algoritmlari ishlab chiqildi;

berilgan hududda gidrotexnika inshootlar loyihasini tuzishda yer sirtining murakkablik darajasini baholash algoritmlari topografik sirtning topologik xususiyatlari asosida ishlab chiqildi;

tuzib chiqilgan loyiha variantlari ichidan optimal loyiha tanlab olish jarayoniga Pareto optimal usullarini qo‘llash algoritmlari ishlab chiqildi;

gidrotexnik inshootlarni loyihalashning unifikatsiyalashgan algoritmlari asosida dasturiy ta’minotning funktsional sxematik tuzilishi ishlab chiqildi va amaliyotga tadbiiq qilindi.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

dastlabki geodizik berilmalarga tavsiya etilgan algoritmlar dasturiy ta’minot orqali ishlov berilgandan so‘ng ixtiyoriy gidrotexnik inshootni loyiha tuzish jarayoni osonlashadi va ananaviy usulga nisbatan kam vaqtni talab qiladi;

taklif etilayotgan algoritmlar yer uchastkasining dastlabki topografik tahlili orqali loyiha standartlariga muvofiqlik darajasini tezda aniqlash imkonini beradi;

tavsiya etilgan algoritmlar gidrotexnik inshoot loyihasining bir nechta variantida Pareto optimal variantini tanlash imkonini beradi;

tavsiya etilgan loyiha tuzish texnologiyalari loyihalash jarayonini vaqtini tejaydi;

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Tadqiqot natijalarining ishonchliligi zamonaviy matematik va geometrik tahlil usullari, analitik geometriya, optimizatsiya usullari, qaror qabul qilish nazariyasi usullarini qo'llash orqali va kompyuter dasturlash vositasi bilan tasdiqlangan.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalari gidrotexnik inshootlarini loyiha tuzish jarayonida dastlabki geodizik ma'lumotlarni taxlil qilishda yer uchastkasini geometrik modellashtirish orqali unifikatsiyalashgan algoritmlar yaratilgan.

Yaratilgan algoritmlar spline funktsiya usuli, analitik geometriya usullarini o'z ichiga olib chizish jarayonini osonlashtirib vaqtini tejaydi. Tavsiya etilgan texnologiyalar ixtiyoriy yer uchastka topografik taxlilini amalga oshirish imkonini beradi va oldindan loyiha jarayoni hajmini aniqlaydi. Shu bilan bir vaqtda ko'rib chiqilgan metodika ma'lum metodikalardan loyiha tuzuvchiga jarayonni osonlashtirib bir nechta variant tuzishga imkon yaratadi. Tuzilgan variantlardan Pareto optimal variantni tanlash imkonini beradi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Dissertatsiya doirasida gidrotexnika inshootlarini loyihalashda geometrik modellashtirish usullarini qo'llash bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar natijasida ishlab chiqilgan algoritmlar va dasturiy majmua asosida:

gidrotexnika inshootlarini loyihalashda geometrik modellashtirish usullarini qo'llash bo'yicha olingan ilmiy natijalar "Navoiy Suv loyiha" MChJda amaliyotga tadbiiq qilingan. Mazkur uslubiyotda loyiha tuzish jarayoniga geometrik modellashtirish usullarini qo'llash orqali yer uchastka gorizontallarini aniq berilishi takomillashtirilgan, Pareto optimal usullariga ko'ra loyiha tegishli o'zgartirishlar kiritilishi, loyiha chizmasining bir nechta variantlarini tuzish va shulardan maqbul variantni tanlash usuli taklif qilingan;

tavsiya qilingan gidrotexnika inshootlarni loyihalash jarayoniga ta'luqli algoritmlar bo'yicha olingan ilmiy natijalar "Quyil Zarafshon Irrigatsiya tizimi havza boshqarmasi"da amaliyotda tadbiiq qilingan. Olingan natijalarga ko'ra ishlab chiqilgan algoritmlar gidrotexnika inshootlarning loyihasini tuzish jarayonini avtomatlashtirilgan holda barcha bosqichlarini qamrab olgan natijada loyiha tuzuvchi muhandisning ish vaqti 2 barobarga kamaydi mehnat unumdorligi esa 5-7% ga oshdi;

ilmiy tadqiqot ishi yuzasidan tuzib chiqilgan dasturiy ta'minot "Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" Milliy tadqiqot universitetining 70111202-"Muhandislik grafikasi va dizayn nazariyasi" magistratura mutaxassisliklarining o'quv rejasidagi "Muhandislik grafikasi fanlarining metodologiyasi" fani bo'yicha o'quv fan dasturiga kiritilib, o'quv jarayoniga joriy etilgan;

ilmiy tadqiqot ishiga Toshkent “SUV LOYIHA” MChJ tomonidan Suv Xo‘jaligi Vazirligiga ijobiy xulosalar olingan. (O‘zbekiston Respublikasi Suv Xo‘jaligi vazirligining 08.08.2024 yil № 02/13-2895-son ma’lumotnomasi). Natijada, loyihaga o‘zgartirishlar kiritilishi asosida loyiha chizmasining bir nechta variantlarini tuzish va optimal loyiha variantini tanlab olish usuli taklif qilingan. Dissertatsiya ishida dasturiy ta’minot asosida loyihachi muhandislarning ish vaqti qisqartirilishi va ish unumdorlik darajasini 5-7% oshirishga erishilgan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Mazkur tadqiqot natijalari 15 ta, jumladan, 5 ta xalqaro, 10 ta Respublikamiz ilmiy-amaliy anjumanlarida muhokamadan o‘tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e’lon qilinganligi. Dissertatsiya ishi bo‘yicha 29 ta ilmiy ish chop etilgan, shulardan O‘zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining falsafa doktori (PhD) ilmiy darajasini olish uchun asosiy natijalarni chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 11 ta ilmiy maqola, shularning 3 tasi xorijiy jurnallarda va 8 tasi respublika jurnallarda chop etilgan hamda 2 ta EHM uchun yaratilgan dasturiy vositalarni qayd qilish guvohnomalari olingan.

Dissertatsiya tuzilishi va hajmi: Dissertatsiya tarkibi kirish, uchta bob, xulosalar, foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati va ilovalardan tashkil topgan. Dissertatsiyaning hajmi 121 betni tashkil qilgan.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida dissertatsiya tadqiqotining dolzarbligi va zarurati asoslangan, maqsadi va vazifalari, ob‘yekt va predmetlari keltirilgan, Respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi ko‘rsatilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning ilmiy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy qilinganligi, nashr etilgan ishlar va dissertatsiyaning tuzilishi bo‘yicha ma’lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Gidrotexnika inshootlarini loyiha tuzish jarayoni tahlili va unga quyilgan zamonaviy talablar”** deb nomlangan birinchi bobida gidrotexnika inshootlari haqida umumiy ma’lumotlar va ularning loyihalarini tuzish jarayoni taxlili va unda yuzaga keladigan muammolarni rejalashtirilayotgan yechish usullari bayon qilingan.

Gidrotexnika inshootlarini loyihalashtirishning texnik - iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiqlikni ko‘rib chiqilishi, loyihallashtirishda amalda bo‘lgan inshootlardan maksimal foydalanish va ularning ko‘tara olish zaxiraviy imkoniyatlari ko‘zda tutilishi hamda, loyihalashtiriladigan inshootlarning tuproqlari va ularning elementlari texnik holatini maxsus tekshirishlar orqali aniqlanishi batafsil keltirilgan.

Hozirgi davrda har bir loyihalash tashkilotining eng dolzarb masalalardan biri loyihani kam vaqt sarflagan holatda sifatli qilib ishlab chiqishdir. Shu sababli loyihalash tashkilotlarida zamonaviy kompyuter texnologiyalarning imkoniyatlaridan kengroq foydalangan holatda loyiha chizmalarining bir nechta

variantini ishlab chiqish hamda loyiha chizmalari orasidandan optimal hususiyatga ega bo'lgan loyiha chizmasi variantini tanlashga bo'lgan talab ortib bormoqda. Ushbu loyihalash jarayoniga geometrik modellashtirish usullarini qo'llash orqali erishish mumkin.

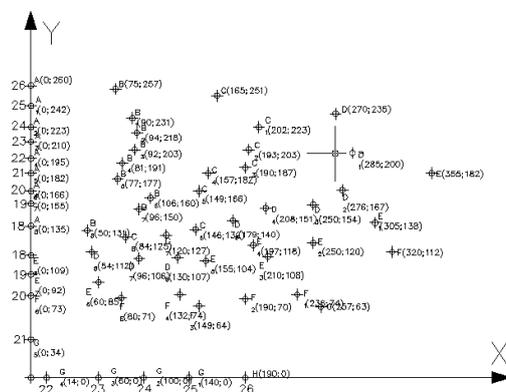
Gidrotexnika inshootlari loyihasini tuzish jarayonlari umumlashtirilgan algoritmlari quyidagi bosqichlarda amalga oshiriladi:

- gidrotexnika inshootlarini loyihasini tuzishning asosiy nizomlari va loyiha tuzish talablari va qonun-qoidalarini asosida inshoot quriladigan hudud geodezistlar tomonidan borib yerning koordinatalari o'rganiladi;
- koordinatalarga asosan yerning gorizontallari chizib chiqiladi;
- inshootning berilgan o'lchamlarga mos holatda chizmasi va kerakli qirqimlar loyihachi muhandislar tomonidan chizib chiqiladi.

Ushbu jarayonga geometrik modellashtirish usullarini qo'llash algoritmlarini damba chizmasi misolida ko'rib chiqilgan:

Topografik sirtida berilgan nuqtalar orqali gorizontallar o'tkazish va ushbu topografik sirtida dambani loyiha chizmasini avtomatlashtirilgan dasturga kiritish algoritmini quyidagicha tuzib chiqish maqsadga muvofiq:

gorizontallarni o'tkazish uchun nuqtalar berilgan, shu nuqtalar ichidan bir xil applikatalarga ya'ni bir xil balandliklarga ega bo'lgan nuqtalar ajratib olinadi. Masalan balandligi 26 metr, 25 metr va h.k. nuqtalarni ajratib olib, ushbu nuqtalardan yer gorizontallarini o'tkazish uchun spline usullaridan foydalanish maqsadga muvofiq.



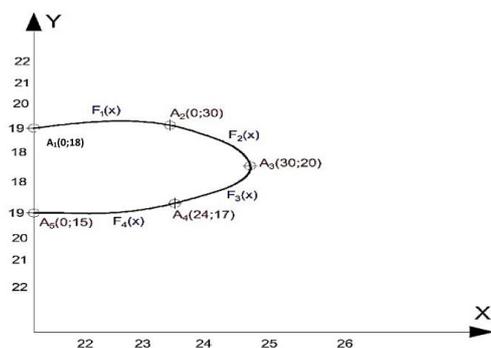
1-rasm yer gorizontallarini chizish uchun berilgan nuqtalar

mana shu ajratib olingan nuqtalardan masalan balandligi 26 metrga teng bo'lgan 8 ta nuqta 25 metrga teng bo'lgan 7 ta nuqta va h.k. nuqtalar kelib chiqdi, ushbu nuqtalarning koordinatalarini ya'ni x va y larini belgilab qo'yiladi.

agarda berilgan nuqtalar soni 3 tadan ortiq va ushbu nuqtalardan egri chiziq o'tkazish kerak bo'lsa spline usullaridan kubik spline usulini ishlatishga to'g'ri keladi. Kubik spline usulining umumiy formulasi quyidagicha:

$$F_i(x) = a_i + b_i x + c_i x^2 + d_i x^3$$

$$f_1(x_1) = y_1 \quad f_1(x_1) = a_1 + b_1 x_1 + c_1 x_1^2 + d_1 x_1^3$$



2-rasm. Nazorat nuqtalari bilan berilgan yer gorizontali.

Bu misolda 19-gorizontalda beshta nazorat nuqtasi keltirilgan 2 -rasm. Har bir nuqta juftligi o'rtasida chap nuqta indeksi bilan bir xil raqamlangan funktsiya turi mavjud. Umuman, $f_i(x)=a_i + b_ix + c_ix^2 + d_ix^3$ nazorat nuqtalari orasidagi egri chiziqni ifodalovchi funktsiya hisoblanadi. Bunda har bir egri bo'lak kubik polinom funktsiya bilan ifodalanganligi uchun, har bir bo'lakni to'rtta koeffitsientini topilishi zarur.

koeffitsientlarni topish uchun egri chiziq bo'laklari nazorat nuqtasidan o'tishi zarur:

$f_i(x_i) = y_i$ $f_i(x_{i+1}) = y_{i+1}$ funktsiya tenglamasi egri chiziq o'zliksiz bo'lishini ta'minlab beradi.

Ushbu tenglamalar xar bir egri bo'lak uchun ikkita chiziqli tenglamani beradi.

$$a_i + b_ix_i + c_ix_i^2 + d_ix_i^3 = y_i \text{ va } a_i + b_ix_{i+1} + c_ix_{i+1}^2 + d_ix_{i+1}^3 = y_{i+1}$$

egri bo'laklar bir-biriga qo'shiladigan joyida bir xil silliqlikga ega bo'lishi uchun ikki funktsiya hosilalari olib tenglashtiriladi.

$$f_i'(x_{i+1}) = f_{i+1}'(x_{i+1})$$

$$f_i(x)=a_i + b_ix + c_ix^2 + d_ix^3 \quad f_i'(x)=b_i + 2c_ix + 3d_ix^2$$

$$b_i + 2c_ix + 3d_ix^2 = b_{i+1} + 2c_{i+1}x + 3d_{i+1}x^2$$

$$\text{yoki } b_i + 2c_ix + 3d_ix^2 - b_{i+1} - 2c_{i+1}x - 3d_{i+1}x^2 = 0$$

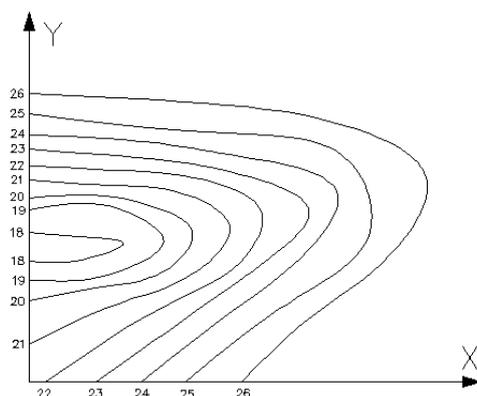
to'rtinchi tenglamani olish uchun egri bo'laklar bir-biriga qo'shiladigan joyda egrilik radiusi bir xil bo'lishi uchun tenglamalardan yana bir marta hosila olinadi.

$$f_i(x_{i+1})'' = f_{i+1}(x_{i+1})''$$

$$f_i''(x) = 2c_i + 6d_ix = 2c_{i+1} + 6d_{i+1}x_{i+1}$$

$$\text{yoki } 2c_i + 6d_ix - 2c_{i+1} - 6d_{i+1}x_{i+1} = 0$$

noma'lum koeffitsientlar uchun chiziqli tenglamalar topib olindi. Chiziqli tenglamalar yordamida $Ma = y$ matritsani yechishga to'g'ri keladi, ushbu tenglamalar sestimasini va matritsani qo'lda yechish judda qiyin lekin avtomatlashtirilgan dasturda bu judda ham oson. Gidrotexnika inshootining ya'ni dambaning qolgan gorizontallarini o'tkazish avtomatlashtirilgan dasturda osongina bajariladi.



3-rasm. Yer gorizontallari

Yer gorizontallarini avtomatlashtirilgan dastur asosida o'tkazilib olingandan so'ng, hosil bo'lgan topografik sirtga dambani qurish uchun ikkita parallel to'g'ri chiziq orasidagi masofa berilgan bo'ladi, ushbu parallel chiziqlar damba tojining kengligini bildiradi. Damba toji kengligi orasidagi masofa odatda beriladi.

masalan damba asosiy konturi 2 ta o'zaro parallel bo'lgan to'g'ri chiziqlardan iborat bo'lsa, unda to'g'ri chiziq o'tkazish uchun istalgan gorizontaldan 2 ta nuqta tanlanadi. Analitik geometriyada usullariga ko'ra berilgan 2 ta (x_1, y_1) , (x_2, y_2) nuqtalardan faqat bir dona to'g'ri chiziq o'tkaziladi (1).

$$\frac{x-x_1}{x_2-x_1} = \frac{y-y_1}{y_2-y_1} \quad (1)$$

Ushbu formula orqali berilgan to'g'ri chiziqning analitik ifodasi ya'ni tenglamasi topiladi (2):

$$y = \frac{y_2-y_1}{x_2-x_1}x + \frac{x_2y_1-x_1y_2}{x_2-x_1} \quad (2)$$

shundan so'ng, berilgan to'g'ri chiziqqa dambaning kenglik masofasi quyilib o'zaro parallel bo'lgan to'g'ri chiziqni o'tkazish talab qilinadi. Bunda:

Berilgan to'g'ri chiziqning umumiy tenglamasi formulasiga asosan $Ax+By+C=0$ yordamida:

$$d = |x_d \cos \alpha + y_d \sin \alpha - p| \quad (3)$$

$$\text{Bundan: } \cos \alpha = \pm \frac{A}{\sqrt{A^2+B^2}} \quad \sin \alpha = \pm \frac{B}{\sqrt{A^2+B^2}} \quad P = \mp \frac{C}{\sqrt{A^2+B^2}} \quad (4)$$

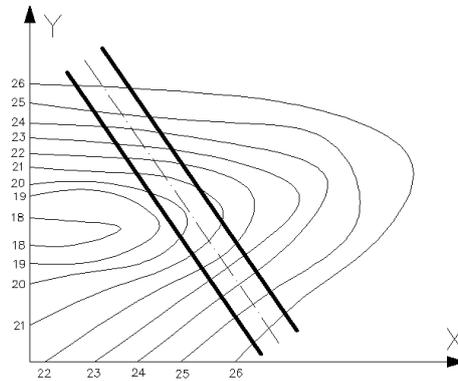
Masalan: $x+y+1=0$ umumiy tenglama bilan berilgan to'g'ri chiziqqa dambaning yuqori asos kengligi $d=10\text{m}$ hisoblab parallel to'g'ri chiziq chizilsin:

$$d = |x_d \cos \alpha + y_d \sin \alpha - p|$$

$$\text{Ushbu formula orqali } \cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{1^2+1^2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}, \quad \sin \alpha = \frac{1}{\sqrt{2}}, \quad P = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

Berilgan tenglamani yechish natijasida o'zaro parallel bo'lgan to'g'ri chiziq tenglamalari topiladi: (4-rasm)

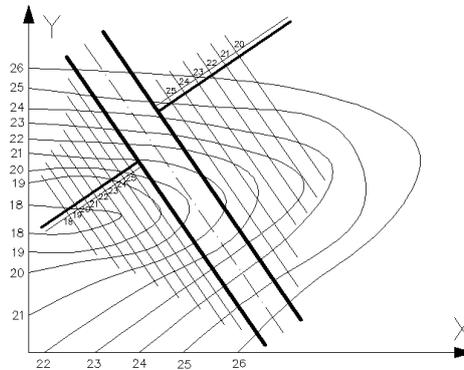
$$\begin{aligned} 10 &= \left| x_d \frac{1}{\sqrt{2}} + y_d \frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{1}{\sqrt{2}} \right| \\ 10 &= x_d \frac{1}{\sqrt{2}} + y_d \frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 10\sqrt{2} &= x_d + y_d + 1 \\ x_d + y_d - 14,1 &= 0 \end{aligned}$$



4-rasm. O‘zaro parallel bo‘lgan to‘g‘ri chiziq chizmasi.

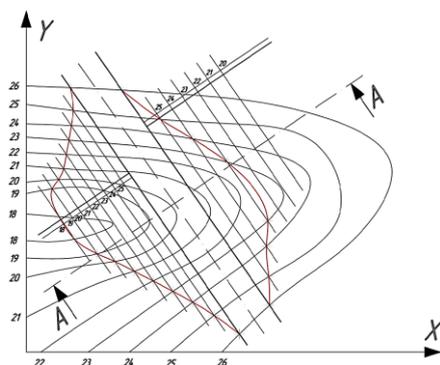
Qiyalik suniy gorizontallarini o‘tkazish uchun to‘g‘ri chiziq'larga $y = k_1x + b_1$ va $y = k_2x + b_2$ perpendikulyar o‘tkazishda analitik geometriya usullariga ko‘ra $k_1 k_2 = -1$ holatida to‘g‘ri chiziqqa perpendikulyar bo‘lgan to‘g‘ri chiziq o‘tkaziladi.

damba gidrotexnik inshootining tuproq ishlar chegarasini topishda qiyalik mashtablari aniqlab olinadi, unga ko‘ra qiyalik loyihanin tuzilishiga ko‘ra turli xil bo‘lishi mumkin. Qiyalik tuproqning xossasiga ko‘ra turlicha berilgan meyor asosida olinadi. Masalan, qiyalik $i=1:1$, $i=1:1.5$ bo‘lsa va dambaning asosiy tanasiga parallel qilib suniy gorizontallari o‘tkaziladi. Suniy gorizontallarni o‘tkazish jarayoni ham yuqoridagi berilgan to‘g‘ri chiziqqa orasidagi masofani quyib parallel to‘g‘ri chiziq o‘tkazish formulasi yordamida topiladi, ya‘ni dambaning asosiy konturiga qiyalik mashtab chiziqlari $\lambda=1m$, $\lambda=1,5m$ masofalarni quyib parallel to‘g‘ri chiziq o‘tkaziladi (5-rasm).



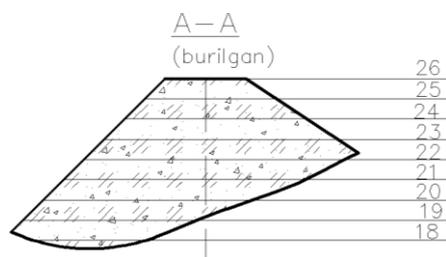
5-rasm. Qiyalik mashtab chiziqlari orqali o‘tkazilgan suniy gorizontallar.

suniy gorizontallar berilgan qiyaliklar orqali o‘tkazilgandan so‘ng, suniy gorizontallar va tabiiy gorizontallarning bir nomli gorizontallari kesishma nuqtalari belgilab olinadi so‘ngra topilgan nuqtalar o‘zaro yuqoridagi kubik spline funktsiya yordamida tutashtirib chiqiladi, natijada hosil bo‘lgan egri chiziq tuproq ishlari chegarasini aniqlaydi (6-rasm).

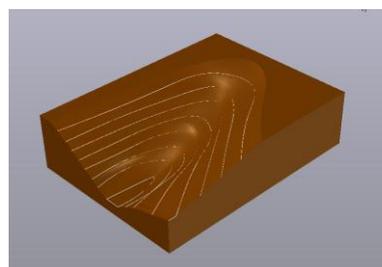


6-rasm. Damba inshootining loyiha chizmasi.

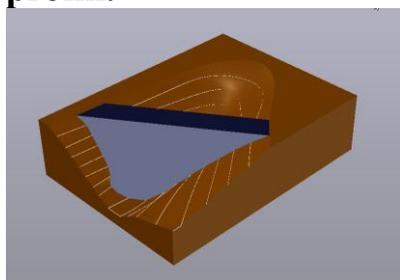
7-rasmda dambaning A-A yo‘nalish bo‘yicha ko‘ndalang profili, 8-rasmda yer sirtining uch o‘lchamli modeli va 9-rasmda esa yuqoridagi 2D o‘lchamlar asosida dambaning 3D modeli keltirilgan.



7-rasm. Dambaning A-A yo‘nalish bo‘yicha ko‘ndalang profili.



8-rasm. Yer sirtning uch o‘lchamli modeli.



9-rasm. Yuqoridagi 2D o‘lchamlar asosida dambaning 3D modeli

Dissertatsiyaning “**Yer sirtida turli uchastkalarini murakkablik darajasini analitik usullari**” deb nomlangan ikkinchi bobida yer sirti murakkabligini aniqlash jarayonini raqamli holatda taxlil qilishga qaratilgan. Lekin raqamli holatda yer sirti murakkabligini taxlil qilishning asosiy kamchiliklardan biri undagi xatolik ko‘rsatkichlarining yuqoriligi bilan ajralib turadi. Shu nuqtai nazardan, raqamli holatda taxlil qilish jarayoniga geometrik va matematik modellashtirish usullarini qo‘llash, tegishli o‘zgartirishlar kiritilganda undagi aniqlik darajasi ko‘rsatkichlari nisbatan yuqori bo‘lishini ta‘minlab beruvchi algoritmlar va tavsiyalar ishlab chiqish usullari taklif qilingan. B.S Heifetzning va Xromchenko A.V. dastlabki tadqiqot ishlarida topografik relyef rejasidan olingan ma‘lumotlar asosida ehtimollar nazariyasi va matematik statistika usullari bilan relyefning murakkablik darajasini aniqlashga yondashuv mavjud.

Relyefning murrabligini aniqlash muammolarini hal qilishda yangi yondashuvni aniqlashdir. Buning uchun har qanday sirtning geometrik

xususiyatlarini baholashga imkon beradigan umumiy topologiya usullari qo‘llaniladi. Ushbu muammoni hal qilishda geometrik yondashuv ko‘rib chiqildi.

Topografik sirtida ixtiyoriy metrikaning ikkita uchi nuqtasi ajratiladi $\{x_i\} \in X$ va Gauss egriligi quyidagicha aniqlanadi.

$$W^{\wedge} = \pm 2\pi - \theta, \quad (4)$$

Bunda θ – nuqtaga eng yaqin piramida uchining burchaklari yig‘indisi.

Egriligi musbat yoki manfiy bo‘lgan nuqtani muhim deb qabul qilinadi, nolinchi darajaga ega bo‘lgan nuqtalarni esa ahamiyatsiz deb ataladi.

Muhim balandlik 1-egrilik darajasiga ega, agar $\frac{3}{2}\pi < W_1 < 2\pi$. 2- darajali egrilik agarda $\pi < W_2 < \frac{3}{2}\pi$. 3-darajali egrilik agarda $\frac{\pi}{2} < W_3 < \pi$. 4-darajali egrilik agarda $0 < W_4 < \frac{\pi}{2}$

Yo‘qoridagi egrilik darajalari egrilik ko‘rsatkichi manfiy bo‘lgan nuqtalar uchun ham amal qiladi. Nuqtaning tekislikka nisbatan joylashishiga qarab topografik sirtida 6 xil balandliklar mavjud.

Agarda egrilik musbat bo‘lsa uni α_1 tipidagi balandlik deb ataladi $W^+ = 2\pi - \theta > 0$. z ; musbat egrilik nuqtasi bo‘lsa α_2 , tipidagi balandlik $W^+ = 2\pi - \theta > 0$. Agar nuqta manfiy egrilikka ega bo‘lsa, γ tipidagi balandlik deb ataladi $W^- = 2\pi - \theta < 0$.

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ tipidagi balandlik – agar nuqta nolinchi darajali egrilikka ega, ya’ni tekislikda joylashgan bo‘lsa $W = 2\pi - \theta \approx 0$.

Yo‘naltiruvchi tekislikning joylashuvi muhim, chunki klassik differensial geometriyada doimo sirtini aylantirish, “ko‘chirish” va uni kuzatuvchi uchun qulay holatga keltirish imkoniyati qabul qilinadi, topografik sirtlarni o‘rganishda ham bunday imkoniyat mavjud.

Relyef uchastkasining balandliklar matritsasini ko‘rib chiqamiz:

$$\begin{bmatrix} z_{11} & \dots & z_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ z_{n1} & \dots & z_{nn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$\Delta_1 = \frac{|(z_{1,n} - 2z_{1,n+1} + z_{1,n+z})| + |(z_{2,n} - 2z_{2,n+2} + z_{1,n+z})| + |(z_{2,n} - 2z_{2,n+1} + z_{2,n+z})|}{h}$$

$$\Delta_2 = \frac{|(z_{n,1} - 2z_{n+1,1} + z_{n+2,1})| + |(z_{n,2} - 2z_{n+1,2} + z_{n+2,2})| + |(z_{n,2} - 2z_{n+1,2} + z_{n+2,2})|}{h}$$

Bundan tashqari, matritsaning diagonali bo‘ylab chekli farqlari aniqlandi:

$$\Delta_3 = \frac{|(z_{1,n} - 2z_{2,n+1} + z_{3,n+2})| + |(z_{n,1} - 2z_{n+1,2} + z_{n+2,3})|}{h\sqrt{2}}$$

Bu yerda h matritsa qadamini ifodalaydi.

Quyidagi matritsa dastlabki ma‘lumotlarni tahlil qilish orqali matritsaning eng tashqi ustunlari va satrlarini almashtiradi:

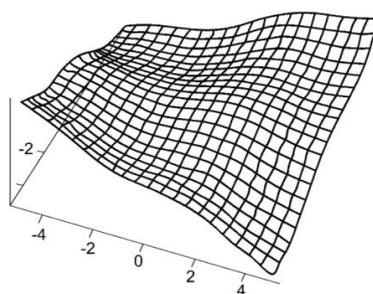
$$\begin{bmatrix} \alpha_1 & \dots & \beta_1 \\ \alpha_2 & \dots & \beta_2 \\ \dots & \dots & \dots \\ \beta_1 & \dots & \beta_2 \end{bmatrix} \quad (6)$$

bu yerda, $\alpha_{1,2\dots}, \beta_{1,2,3}$ yuqorida ko‘rib chiqilgan topografik sirt balandliklarining turlari.

$\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3$ ni tahlil qilganda ma’lum bir hududning o‘ziga xos xususiyatlarini ochishga imkon beradi.

Yuqorida ko‘rib chiqilgan metodologiya “Relyef murakkabligi” kompyuter dasturida amalga oshiriladi va muayyan muammolarni hal qilish uchun ishlatiladi. 10-rasmda sirt va uning matritsasi ko‘rsatilgan.

$$[B] = \begin{bmatrix} 14.01 & 14.01 & 14.20 & 14.31 & 14.41 & 14.51 & 14.31 & 14.21 & 14.31 & 14.31 \\ 14.10 & 14.01 & 14.01 & 14.31 & 14.41 & 13.71 & 13.81 & 14.61 & 14.61 & 14.31 \\ 14.21 & 14.21 & 14.30 & 14.41 & 13.31 & 13.71 & 14.51 & 14.51 & 14.41 & 14.21 \\ 14.21 & 14.31 & 14.41 & 13.41 & 14.51 & 14.51 & 14.41 & 14.41 & 14.31 & 14.21 \\ 14.31 & 14.41 & 13.51 & 14.21 & 14.31 & 14.21 & 14.31 & 14.32 & 14.21 & 14.22 \\ 14.31 & 14.01 & 13.60 & 13.70 & 14.01 & 14.01 & 14.11 & 14.11 & 14.01 & 14.01 \\ 14.11 & 13.91 & 13.20 & 13.31 & 13.41 & 13.21 & 13.31 & 13.02 & 13.01 & 13.01 \\ 14.01 & 13.61 & 13.20 & 13.21 & 13.11 & 13.01 & 13.11 & 13.21 & 13.01 & 13.01 \\ 14.11 & 13.51 & 13.10 & 13.21 & 13.11 & 13.21 & 13.01 & 12.01 & 12.81 & 12.81 \\ 14.21 & 14.01 & 14.10 & 13.32 & 12.81 & 12.81 & 12.61 & 12.51 & 12.52 & 12.51 \end{bmatrix}$$



10-rasm Sirt modeli

Relyef hududining murakkablik darajasini aniqlash uchun miqdoriy ko‘rsatkichlar kiritiladi.

Agar Δ_1, Δ_2 ko‘rsatkichlar $0 < \Delta_1 < 1.0, 0 < \Delta_2 < 1.0$ oralig‘ida joylashgan bo‘lsa, bo‘limga 1 raqami beriladi.

Agar $1.0 < \Delta_1 < 3.0, 1.0 < \Delta_2 < 3.0$ bo‘lsa, bo‘limga 2-raqam beriladi.

Agar $3.0 < \Delta_1 < 5.0, 3.0 < \Delta_2 < 5.0$ bo‘lsa, bo‘limga 3-raqam beriladi.

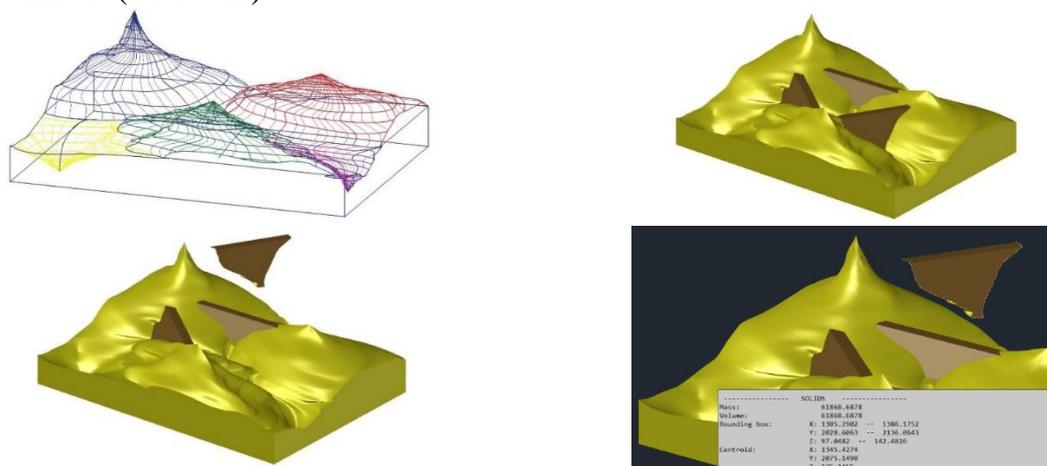
Agar $5.0 < \Delta_1 < 7.0, 5.0 < \Delta_2 < 7.0$ bo‘lsa, bo‘limga 4 raqami beriladi.

Hammasi bo‘lib, “Relyef murakkabligi” dasturida “0” dan “10” gacha raqamlar berilishi mumkin. $|B|$ matritsasi quyidagi shaklga aylantiriladi:

$$|B| = \begin{bmatrix} 2 & 2 & 3 & 3 & 2 \\ 2 & 3 & 3 & 2 & 2 \\ 3 & 3 & 2 & 2 & 3 \\ 2 & 3 & 2 & 3 & 3 \\ 3 & 2 & 3 & 3 & 2 \end{bmatrix}$$

Tuproq ishlar hajmini hisoblash uchun yuqorida keltirilgan algoritmlar asosida hududning uch o‘lchamli modeli ishlab chiqildi va bir xil hajmdagi gidrotexnik inshootni hududning turli joylariga qurilishi nuqtai-nazaridan tuproq ishlar hajmi

hisoblab chiqildi va optimal bo‘lgan ya’ni tuproq ishlar hajmi kam bo‘lgan hudud tanlab olindi: (11-rasm)



11-rasm. Turli murakkablikdagi yer hududiga qo‘yilgan damba inshootlari hajmi

Dissertatsiyaning “**Gidrotexnika inshootlarini loyihasini eng maqbul variantlarini tanlash usullari**” nomli uchinchi bobda gidrotexnika inshootlarini loyihalash jarayoni samaradorligini oshirish maqsadida optimal loyiha tuzish nazariyasi usullaridan foydalaniladi.

Loyihaning optimal variantini tanlab olish jarayoni algoritmi tuzib chiqilgan: gidrotexnik to‘g‘on (damba) inshooti loyiha chizmasini tuzib chiqish algoritmlari va nishablikni tanlab olishda tuproqning berilgan standart talabiga muvofiq xossalriga ko‘ra beshta variant tuzib chiqilgan loyiha variantlari orasidan eng optimal variantini tanlab olish algoritmi ishlab chiqildi

- Tuzib chiqilgan loyiha variantlari ichidan eng optimal loyiha variantini tanlash uchun Pareto optimal usullarini qo‘llash maqsad qilib olinadi;

1-variantda qiyalikni $i=1:2.5$, $i=1:3$ deb olindi va dambaning asosiy tanasiga parallel qilib suniy gorizontallarni o‘tkazildi. Suniy gorizontallarni o‘tkazish jarayoni ham yuqoridagi berilgan to‘g‘ri chiziqqa orasidagi masofani qo‘yib parallel to‘g‘ri chiziq o‘tkazish formulasi yordamida topildi, ya’ni to‘g‘onning asosiy kontur chizig‘iga qiyalik masshtablari chizig‘ini ya’ni $\lambda=2.5m$, $\lambda=3m$ masofa quyilib o‘zaro parallel bo‘lgan to‘g‘ri chiziq o‘tkazildi.

1-loyiha chizmasi: $m_q = 2.5$, $m_y = 3$, 2-loyiha chizmasi: $m_q = 2.4$, $m_y = 2.9$, 3-loyiha chizmasi: $m_q = 2.1$, $m_y = 2.8$, 4-loyiha chizmasi: $m_q = 2.3$, $m_y = 2.7$, 5-loyiha chizmasi: $m_q = 2.2$, $m_y = 2.6$

Pareto optimal usullariga muvofiq quyidagi mezonlar tuzib olindi:

k_1 – loyiha chizmasini tuzib chiqishning umumiy narxlar

k_2 – injiner tomonidan loyiha chizmalarini tuzib chiqishga ketadigan vaqt

k_3 – tuzib chiqilgan gidrotexnik inshoot loyihasini qurish uchun ketadigan transport xarajatlari.

Jadval shaklida buni quyidagicha ta’riflash mumkin: (1-jadval)

Gidrotexnik inshoot loyiha chizmasi variantlari

<i>Gidrotexnik inshoot loyiha chizma variantlari</i>	<i>k_1, loyiha chizmasini tuzib chiqishning umumiy narxlari (mln. Sum)</i>	<i>k_2, injener tomonidan loyiha chizmalarini tuzib chiqishga ketadigan vaqt, (soat)</i>	<i>k_3, tuzib chiqilgan gidrotexnik inshoot loyihasini qurish uchun ketadigan transport xarajatlari (mln. Sum)</i>
1	45	20	40
2	30	25	50
3	80	25	30
4	110	20	35
5	110	35	40

Avtomatlashtirilgan loyiha tuzish tizimlarida Pareto optimal usuli vazifalarida k_1, k_2, \dots, k_m mezonlari bo'yicha ifodalanadigan N ta obyektidan iborat bo'lgan loyiha chizmalari variantlari keltirilgan.

Optimal bo'lgan loyiha chizmalarai orasidan k_1^+, k_m^+ loyiha chizmalari to'plamida keltirilgan mezonlarning eng yuqori qiymatlaridan hosil bo'ladi.

Eng optimal bo'lgan loyiha chizma variantiga mos ravishda, "talabga javob bermaydigan (ya'ni eng yomon)" loyiha chizma varianti $\{k_1^-, l, k_m^-\}$ mavjud loyiha chizmalari variantlari to'plamidagi mezonlarning eng kichik qiymatlaridan hosil bo'ladi. Yuqorida keltirilgan loyiha chizmalari orasidan optimal bo'lgan loyiha chizma variantini va talabga javob bermaydigan loyiha chizma variantlari quyidagi imkoniyatlarga ega hisoblanadi:

Eng optimal bo'lgan loyiha chizmasi $\equiv \{30 \text{ mln.}; 20 \text{ soat}; 30 \text{ mln.}\}$;

Talabga javob bermaydigan loyiha chizmasi $\equiv \{110 \text{ mln.}; 35 \text{ soat}; 50 \text{ mln.}\}$.

Yuqorida keltirilgan har bir mezon quyidagi formula orqali nisbiy o'lchov birliklari hisoblab chiqiladi va natijalar quyidagi jadval asosida tuzib chiqiladi. (2-jadval)

$$d_j^i = \frac{k_j^+ + k_j^i}{k_j^+ - k_j^-}$$

Mezon qiymatlarini nisbiy birliklari solishtirma jadvali:

<i>Tuzib chiqilgan loyiha chizma variantlari</i>	d_1	d_2	d_3
1	2.04	2.2	1.9
2	1.26	2.4	3.22
3	2.73	2.2	1.63
4	2.0	2.2	1.1
5	2.0	1.5	4.25

d_j^i loyihaning berilgan uchta mezonlari bo'yicha masofasi hisoblanadi. k_j optimal loyiha chizmalaridan $d_1=1.26$ talabga javob bermaydigani $d_1=2.73$

Muhandis tomonidan talabga javob bermaydigan loyiha chizmasi va optimal bo'lgan loyiha chizmasi masofa mezonlari belgilanadi. Keltirilgan nisbiy ahamiyat natijalariga ko'ra W_1, W_i, W_m belgilanadi. Tanlab olingan gidrotexnik inshoot

loyiha chizmalari narxi, vaqt va transport xarajatlari uchun W_1, W_2, W_3 o'lchamlarning vazn o'lchovi tanlab olingan.

Eng yomon ko'rsatkichlarga ega bo'lgan loyiha chizmasini aniqlab olishda optimal bo'lgan loyiha chizmasi bilan tuzib chiqilgan loyiha chizmalari solishtirib chiqilishi natijasida loyiha chizmalaridan optimal loyiha chizmasigacha bo'lgan masofalar hisoblandi:

$$L_i^p = \sum_{j=1}^m \{ [W_j(1 - d_j^i)]^p \}^{1/p},$$

Formulada keltirilgan p parametrini o'zgartirish orqali bir o'lchov nisbatidan ikkinchi o'lchov nisbatiga o'tiladi. P=1 ifoda natijasida quyida formula kelib chiqdi:

$$L_{j=1}^1 = \sum_{j=1}^m W_j (1 - d_j^i),$$

Gidrotexnik inshoot loyiha chizmalarining koordinatalari uning nisbiy ahamiyatga ega bo'lgan koeffitsient orqali masshtablandi, "talabga javob bermaydigan" loyiha chizmalari orasidan koordinatalar qo'shilmasi topib olindi. Eng yomon loyiha chizmalari orasidan (W_j va $(1-d_j^i)$) ning o'sib borish qiymati hisobga olindi. Loyiha chizmasini baholash uchun k_j mezonni L_j^1 natijasi orqali eng yaxshi loyiha chizma variantidan L_j^1 ning qiymati qanchalik katta bo'lishi natijasida, loyiha chizmalarining optimal loyiha chizmasiga eng yaqin holatda bo'ladi.

P=2 ifodada masshtab koordinati orqali Evklid masofasiga o'tiladi. Natijada, p ni o'zgartirib chiqishda loyiha chizmalarini optimal bo'lgan loyiha chizmasi bilan taqqoslash uchun ko'rsatkichlar sinfidan foydalanildi. Natijalar shuni ko'satdiki, $p \rightarrow \infty$ metrika quyidagi ko'rinishga keladi:

$$L_i^\infty = \min_j (W_j(1 - d_j^i))$$

Taxlil qilib chiqilgan loyiha chizmalari orasidan optimal bo'lgan loyiha chizmasini tanlab olishda n qiymati uchun L_i^p qiymati natijalari qo'yidagicha chiqdi: (3-jadval)

3-jadval.

L_i^p qiymati natijalari jadvali

p	L_1^p	L_2^p	L_3^p	L_4^p	L_5^p
1	10,7	2,5	9,1	9,8	10,0
2	1,9	3,6	3,4	2,5	1,7
3	4,1	3,4	1,6	0,3	2,7

L_i^p natijasi yuqori bo'lgan loyihalarning optimal loyihaga yaqinroq bo'lishi Pareto optimal usullarida isbotlangan. L_i^p qiymati kichik bo'lsa, loyihalar to'plamidan chiqarilishi zarur. Hisoblangan ko'rsatkichlar uchun optimal loyiha variantidan uzoq bo'lgan loyihalar olib tashlandi. P parametr uchun optimal bo'lgan loyiha chizmasidan masofasi kattasidan kichigiga qarab tuzib chiqildi:

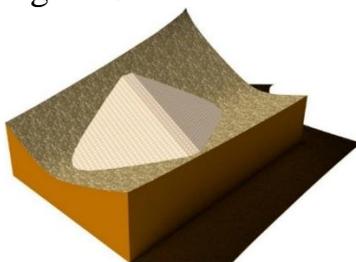
$p = 1$ 1 - variant > 5 - variant > 4 - variant > 3 - variant > 2 - variant

$p = 2$ 2 - variant > 3 - variant > 4 - variant > 1 - variant > 5 - variant

$$p = 3 \quad 1 - \text{variant} > 2 - \text{variant} > 5 - \text{variant} > 3 - \text{variant} > 4 - \text{variant}$$

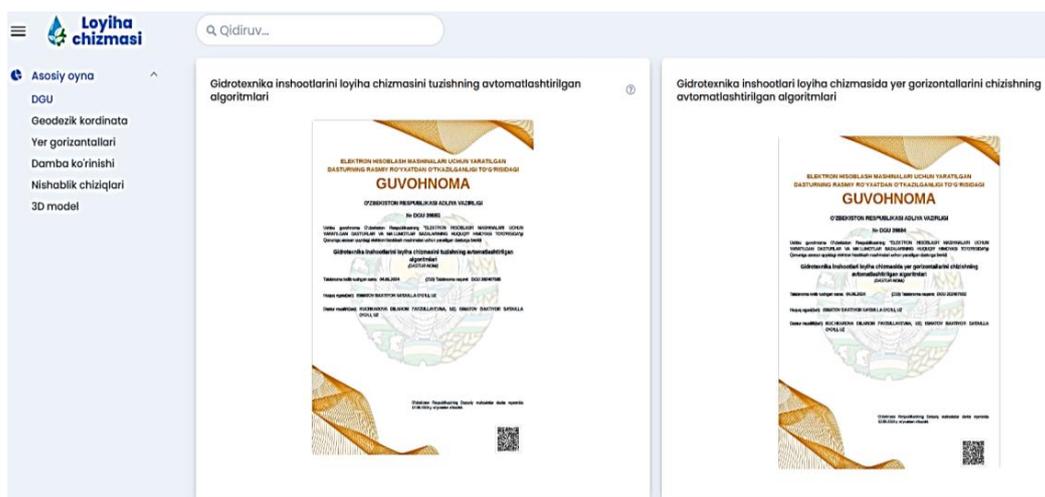
Ko'rsatilgan mezonlarga asosan 1-loyiha qolgan variantlarga nisbatan 2 ta kriteriya bo'yicha optimal loyiha varianti sifatida tanlandi.

Loyiha chizmasining shuningdek 3D modeli ham 12-rasmda keltirilgan:



12-rasm. Damba konstruktsiyasining 3 o'lchamli modeli.

Gidrotexnika inshootlarni loyihalashning unifikatsiyalashgan algoritmlarni avtomatlashtirilgan dasturlarga solib chiqish orqali loyiha tuzuvchi muhandisning ish vaqti va unumdorligi sezilarli darajada oshirishga xizmat qiladi. Quyida JavaScript dasturlash tilida dastlabki geodizik berilamalardan olingan ma'lumotlar hamda loyiha tuzishning universal algoritmlariga doir bajarilgan ishlar ketma-ketligi namunasi keltirilgan: (13-rasm).



13-rasm. Gidrotexnika inshootlarini loyihalashda geometrik modellashtirish usullarini qo'llash dasturiy majmuasining bosh oynasi

XULOSALAR

“Gidrotexnik inshootlarni loyihalashda geometrik modellashtirish usullarini qo'llash” mavzusidagi dissertatsiya ishi bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar doirasida qo'yidagi natijalar olindi:

-avtomatlashtirilgan loyihalash tizimlarida gidrotexnika inshootlarini loyiha tuzishning umumlashtirilgan algoritmlarining mavjud emasligi aniqlandi;

-gidrotexnika inshooti quriladigan yer uchastka murrakablik darajasini oldindan aniqlash usuli ishlab chiqilmaganligi aniqlandi;

-tuzilgan loyihalar ichida optimal loyihani tanlash algoritmlarining zarurligi aniqlandi;

gidrotexnika inshootlari loyiha chizmasini tuzib chiqish jarayoniga kubik spline funktsiya va analitik geometriya usullarini umumlashtirilgan holda dasturiy ta'minot qismi tuzib chiqildi;

yer sirti murrakablik darajasini topografik sirtlar nazariyasi asosida analitik usullari algoritmlari ishlab chiqildi. Umumiy topologiya usullari, noregulyar sirtning nuqta turlari tavsiya etildi. Ishlab chiqilgan algoritmlar orqali yer uchastka loyiha tuzish va qurilish jarayonlari murakkablik darajasi aniqlandi;

loyihaning bir nechta variantlarini tuzish usullari qaror qabul qilish nazariyasi asosida ishlab chiqildi. Tanlab olish jarayoniga Pareto optimal usullarini qo'llash algoritmlari qo'llanildi va muayyan loyiha misolida ko'rsatildi;

tavsiya qilingan algoritmlar va metodika dasturiy ta'minot qismi natijasida tayyor loyiha varianti misolida taxlil qilib chiqildi va amaliyotga tadbiiq qilindi, tuzib chiqilgan dasturiy ta'minot ixtiyoriy gidrotexnik inshoot loyihasi misolida qo'llanilishi mumkin. Tavsiya qilingan uslubiyot amaliyotda o'zining ananaviy uslubiyotga ko'ra afzaligini ko'rsatdi;

gidrotexnika inshootlarini loyihalashda geometrik modellashtirish usullarini qo'llash algoritmlariga va ular asosida ishlab chiqilgan dasturiy majmua "Navoiy Suv loyiha" MChJ va "Quy i Zarafshon Irrigatsiya tizimi havza boshqarmasi" Navoiy viloyat filiali loyihalash bo'limi tomonidan gidrotexnika inshootlarini loyihalash jarayoniga joriy etildi;

natijada tavsiya qilingan algoritmlar loyiha tuzish jarayonini avtomatlashtirilgan holda barcha bosqichlarini qamrab olgan, loyihaga tegishli o'zgartirishlar kiritilishi, loyiha chizmasining bir nechta variantlarini tuzib chiqish ta'minlangan va optimal loyiha variantini tanlab olish usuli taklif qilingan;

shuningdek, "Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" Milliy tadqiqot universiteti 70111202-"Muhandislik grafikasi va dizayn nazariyasi" magistratura mutaxassisliklarining o'quv rejasidagi "Muhandislik grafikasi fanlarining metodologiyasi" fani bo'yicha o'quv fan dasturiga kiritilib, o'quv jarayoniga tadbiiq etildi;

natijada Suv Xo'jaligi vazirligining 08.08.2024 yil № 02/13-2895-son ma'lumotnomasiga asosan dissertatsiya ishidan olingan natijalar qo'llab quvatlangan.

Mazkur tadqiqot ishining natijalari loyihachi muhandislarning ish vaqtini qisqartirish va ish unumdorlik darajasini 5-7% oshirishga xizmat qiladi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.13/30.12.2019. Т.07.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ И
МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА»**

ИСМАТОВ БАХТИЁР САЪДУЛЛА ЎҒЛИ

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

**05.01.01- “Инженерная геометрия и компьютерная графика. Аудио и
видеотехнологии”**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD) ПО
ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Ташкент – 2025

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науке и инноваций Республики Узбекистан за В2024.4. Phd/T5060

Диссертация выполнена в Национальном исследовательском университете «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства»

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (www.tuit.uz) и на Информационно-образовательном портале «Zionet» (www.zionet.uz).

Научный руководитель:

Кучкарова Диларом Файзуллаевна
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Мухамадиев Абдували Шукурович
доктор физико-математических наук, профессор

Синдаров Рахмат Уралович
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация:

Ташкентский архитектурно-строительный университет

Защита диссертации состоится «___» _____ 2025 г. в _____ часов на заседании Научного совета DSc. 13/30.12.2019. Т.07.01 при Ташкентском университете информационных технологий, (Адрес 100084, г. Ташкент, ул. Амира Темура 108. Тел.: (+99871) 238-64-43, e-mail: iktuit@tuit.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского университета информационных технологий (зарегистрирована под номером №_____) (Адрес 100084, г. Ташкент, ул. Амира Темура 108. Тел.: (+99871) 238-64-43, e-mail: iktuit@tuit.uz).

Автореферат диссертации разослан «___» _____ 2025 года.

Протокол рассылки № _____ от «___» _____ 2025 года.

М.М. Мусаев

Председатель научного совета по присуждению учёных степеней
д.т.н., профессор

Э.Ш. Назирова

Ученый секретарь научного совета по присуждению учёных степеней, д.т.н., профессор

Ф.М. Нуралиев

Председатель научного семинара при научном совете по присуждению учёных степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Мировое развитие современных информационных и коммуникационных технологий позволяет добиться больших достижений в процессе проектирования гидротехнических сооружений. Применение методов моделирования в процессе проектирования является главным методом в процессе проектирования гидротехнических сооружений и одной из актуальных задач современности. Многие научные исследования в этой области проводятся в зарубежных странах, в том числе в Китае, США, Индии, Германии, Италии, Российской Федерации, Японии и Южной Корее.

Учитывая масштабность, сложность и строительство многих гидротехнических сооружений в мире, первоначальная стоимость проекта этих сооружений относится к числу самых дорогих инженерных решений. Например, одним из самых дорогих инженерных проектов в мире является национальный проект мегагидроэлектростанции на реке Янцзы в Китае, ориентировочная стоимость которого составляет 50 миллиардов долларов США. В истории наблюдалось множество жертв в результате разрушений, возникших по причине ошибок проектов гидротехнических сооружений. Например, в результате прорыва цепочки из 62 плотин в Хэнани, Китай, погибло более 26 000 человек, а в результате прорыва плотины Мачху-II в Индии погибло более 2 000 человек. Поэтому разработка алгоритмов применения надёжных методов моделирования процесса составления проектов гидротехнических сооружений, более широкое внедрение систем цифровых технологий является одной из актуальных задач. Для решения подобных задач необходимо оптимизировать процесс проектирования, создав в короткие сроки несколько вариантов проекта, применив к цифровому рабочему процессу методы геометрического моделирования и выбора оптимального варианта.

В нашей республике проводятся научно-исследовательские работы по внедрению цифровых технологий в процесс проектирования гидротехнических сооружений с использованием методов моделирования. Постановлением Президента от 6 апреля 2021 года №ПП-6200 «О дальнейшем совершенствовании системы государственного управления и контроля в сфере использования водных ресурсов и мер по обеспечению безопасности водных объектов»¹.

2023 года, Решением Кабинета Министров РУЗ №865 от 30 августа «О безопасности гидротехнических сооружений» определены основные мероприятия по освоению и обеспечению безопасности гидротехнических сооружений. Постановлением нашего Президента от 10 декабря 2021 года ПП-42 о внедрении цифровых технологий в систему проектирования «О мерах по коренному совершенствованию системы подготовки инженеров для

¹ Постановление Президента от 6 апреля 2021 года №ПП-6200 «О дальнейшем совершенствовании системы государственного управления и контроля в сфере использования водных ресурсов и мер по обеспечению безопасности водных объектов

отраслей экономики, основанных на инновациях и цифровизации». Постановлением Президента от 24 мая 2023 года № ПП-162 «О мерах по повышению объема и качества цифровых услуг и цифровой трансформации отраслей, сетей и регионов» и № ПП-87 от 26 февраля 2024 года «О развитии экспорта услуг в сфере цифровизации в нашей стране». Данное диссертационное исследование в определенной степени служит реализации задач, определенных в «Дополнительных мерах» и других нормативно-правовых документах, связанных с проектной деятельностью, в целях обеспечения выполнения этих задач, в том числе путем применения в процессе проектирования методов геометрического моделирования, создания программной части общих алгоритмов процесса проектирования гидротехнических сооружений и оптимизации процесса проектирования.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование осуществлялось в рамках IV приоритетного направления развития науки и техники республики «Информация и развитие информационно-коммуникационных технологий»

Степень изученности проблемы. Проблемы разработки алгоритмов использования методов геометрического моделирования при проектировании гидротехнических сооружений широко освещены в научной литературе. Такие зарубежные ученые как Кашенко Н.А., Попов А.Б., Руковошников В.А., Замятин А.В., Коротин А.С., Кочнева А.А., Кравченко Ю.А., Нгуен Т.К. Новаковский Б.А. Циминов Ю.Г., Чернова Л.И., Чернышова О.А., Фокс А., Пратт М., Фукс А.Л., Мусона О.Р., Демиденко А.Г., Ястребова А.И., Мусихина Б.Б., Куркова Ю.С., Баранова Ю. Б., Кантемирова Ю.И., Киселевский Е.Б., Болсуновский М.А., Попова Ю.В., Коротина А.С., Клименко А.С., Бугрова Н.В., Голубева В.И., Флоринский И.В. и другие внесли большой вклад по применению методов геометрического моделирования в процессе проектирования.

Д.Ф. Кучкарова и М.Р. Бакиев проводили исследования по применению методов геометрического моделирования при проектировании гидротехнических сооружений в нашей республике. Профессором Д.Ф.Кучкарова разработаны алгоритмы применения методов геометрического моделирования к процессу разработки теории топографических поверхностей.

В настоящее время научно-исследовательские работы ведут ряд учёных, таких как С.С.Сайдалиев, Б.У.Хаитов, Ф.Д.Шодиев, Р.У.Синдаров, А.Б.Халимбетов, К.Якубов, Ш.Панджиев.

Исследования в этой области показывают, что в настоящее время в процессе проектирования широко используются методы моделирования. Анализ исследований в этой области показывает, что в настоящее время нет надёжных методик создания множества альтернативных проектов и выбора среди них оптимального. Также недостаточно освещены вопросы создания методик автоматизированного проектирования на основе геометрического и математического моделирования.

Связь темы диссертации с планом научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в Национально исследовательском университете “Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства” в рамках плана научно-исследовательских работ от 26 января 2023 года пункт №4.7 по теме «Применение методов геометрического моделирования при проектировании гидротехнических сооружений» (2023-2024 гг).

Цель исследования. Разработка алгоритмов применения методов геометрического моделирования к процессу проектирования гидротехнических сооружений для повышения эффективности процесса проектирования.

Задачи исследования:

совершенствование метода сплайн-функций и разработка алгоритмов построения контуров рельефа при обработке исходных геодезических данных;

разработка алгоритмов оценки уровня сложности земной поверхности на заданной территории гидротехнических сооружений с использованием топологических особенностей топографических поверхностей;

разработать алгоритмы использования методов теории принятия решений для выбора оптимального варианта проекта из числа разработанных вариантов;

разработка и внедрение функционально-схематической структуры программного обеспечения на основе унифицированных алгоритмов проектирования гидротехнических сооружений

Объектом исследования является процесс проектирования гидротехнических сооружений и современные автоматизированные системы проектирования.

Предметом исследования являются геометрические и математические модели, алгоритмы и прикладные программные технологии, используемые в процессе проектирования гидротехнических сооружений.

Методы исследования. В исследовании использованы современные методы анализа геометрического и математического моделирования, теория цифровой обработки, сравнительный анализ полученных результатов, теория оптимизации и принятия решений.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

усовершенствован метод сплайн-функций при обработке исходных геодезических данных и разработаны алгоритмы построения горизонталей рельефа;

разработаны алгоритмы оценки уровня сложности земной поверхности при проектировании гидротехнических сооружений на заданной территории на основе топологических характеристик рельефа;

разработаны алгоритмы применения методов Парето оптимизации в процессе выбора оптимального проекта из числа сформированных вариантов проектов;

разработана и реализована на практике функциональная принципиальная схема программного обеспечения на основе унифицированных алгоритмов проектирования гидротехнических сооружений.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

процесс создания гидротехнического объекта в результате применения предлагаемой методики обработки исходных геодезических данных, сокращается и упрощается по сравнению с традиционным методом;

предложенные алгоритмы позволяют путём предварительного топографического анализа земельного участка оперативно определять степень соответствия нормам проектирования;

предложенные алгоритмы позволяют выбрать оптимальный по Парето вариант из нескольких вариантов проекта гидротехнического сооружения;

рекомендуемые методики проектирования позволяют экономить время создания проекта.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования подтверждена использованием современных методов математико-статистического анализа, аналитической геометрии, методов оптимизации, методов теории принятия решений и средств компьютерного программирования.

Научная и практическая значимость результатов. Научная значимость результатов исследований определяется созданием унифицированного алгоритма геометрического моделирования гидротехнического сооружения на основе анализа исходных геодезических данных.

Созданные алгоритмы позволяют экономить время за счет упрощения процесса проектирования, включая усовершенствованный метод сплайнов, а также методы аналитической геометрии. Предлагаемые методики позволяют провести оперативный топографический анализ земельного участка и заранее определить масштабы проектного процесса, в предлагаемой методике у проектировщика есть возможность создать несколько вариантов проекта, из которых выбирается Парето-оптимальный.

Внедрение результатов исследования. На основе алгоритмов и компьютерных программ, разработанных в результате исследований по применению методов геометрического моделирования при проектировании гидротехнических сооружений в рамках диссертации:

полученные научные результаты по теме «Применение методов геометрического моделирования при проектировании гидротехнических сооружений» внедрены на практике в ООО «Navoiy Suv loyiha». В данной методике повышается точность представления горизонтов земельного участка за счет применения к процессу составления проекта методов геометрического моделирования, вносятся соответствующие изменения в проект по методам Парето-оптима, метода создания нескольких вариантов чертежа проекта и предлагается выбрать из них оптимальный вариант;

алгоритмы, связанные с процессом проектирования рекомендуемых гидротехнических сооружений, внедрены в практику в Управлении ирригационной системы Нижнезаравшанского бассейна. Разработанные алгоритмы в автоматизированном виде охватили все этапы процесса создания проекта гидротехнических сооружений, в результате чего время работы инженера-проектировщика сократилось в 2 раза, а производительность труда увеличилась на 5-7%;

разработанное в рамках научно-исследовательской работы программное обеспечение включено в учебный план магистратуры 70111202-«Инженерная графика и теория проектирования» Национального исследовательского университета «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства» по предмету «Методология инженерной графики» и внедрено в учебный процесс;

Министерством водного хозяйства получено положительное заключение от ташкентского филиала ООО «SUV LOYIHA» на проведенные научно-исследовательские работы. (Справка Министерства водного хозяйства Республики Узбекистан № 02/13-2895 от 08.08.2024 г.). В результате исследований был предложен метод создания нескольких вариантов чертежа проекта и выбора оптимального варианта на основе внесения усовершенствований проекта. Программное обеспечение использовалось для сокращения рабочего времени инженеров-конструкторов и повышения их производительности на 5–7%.

Аппробация результатов исследования. Результаты исследований обсуждались на 15, в том числе 5 международных и 10 республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 29 научных работ, из них 11 научных статей в журналах рекомендованных ВАК Республики Узбекистан к публикации основных результатов исследований для получения степени доктора философии (PhD), из них 8 в республиканских журналах и 3 в зарубежных журналах, а также получены 2 свидетельства о регистрации программных средств, созданных для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Общий объем диссертации составил 121 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ.

Во введении диссертации обоснована актуальность и необходимость исследований, цель и задачи, объекты и предмет исследований, показана соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложены практические результаты и научная новизна исследования, раскрыты теоретическое и практическое значение полученных результатов, даны предложения по внедрению

результатов исследования приведены сведения по изданным работам и структуре диссертации.

Первая глава диссертации под названием **«Анализ процесса проектирования гидротехнических сооружений и современные требования к нему»** содержит общие сведения о гидротехнических сооружениях и анализ процесса создания проектов и плановых методов решения возникающих проблем.

Рассматривается технико-экономическая целесообразность проектирования гидротехнических сооружений, при проектировании учитывается максимальное использование существующих сооружений и их несущей способности, определение технического состояния грунтов и элементов проектируемых сооружений путем специальных обследований.

В настоящее время одним из наиболее актуальных вопросов каждой проектной организации является качественная разработка проекта в наименьшие сроки. По этой причине в проектных организациях с более широким использованием возможностей современных компьютерных технологий возрастает потребность в создании нескольких вариантов проекта и выборе наиболее оптимального варианта проекта из предложенных. Этот процесс проектирования может быть достигнут с использованием методов геометрического моделирования.

Обобщенные алгоритмы процесса создания проекта гидротехнических сооружений реализуются по следующим этапам:

- на основании основных положений проектирования гидротехнических сооружений, а также требований и правил проектирования геодезисты выезжают в район строительства сооружения и изучают координаты земельного участка;

- горизонтальные линии земли вычерчиваются по координатам;

- чертеж конструкции по заданным размерам и необходимые разрезы вычерчиваются инженерами-конструкторами.

Алгоритмы применения к этому процессу методов геометрического моделирования рассмотрены на примере чертежа дамбы:

Целесообразно провести через заданные точки на топографической поверхности горизонтальные линии и создать алгоритм ввода в автоматизированную программу проекта чертежа дамбы на этой топографической поверхности:

за перенос горизонтальных линий начисляются баллы, причем из числа этих точек выбираются точки с одинаковыми аппликатами, то есть одинаковой высотой. Например, высота 26 метров, 25 метров и т.д. для выделения точек и переноса горизонталей земли из этих точек целесообразно использовать сплайновые методы.

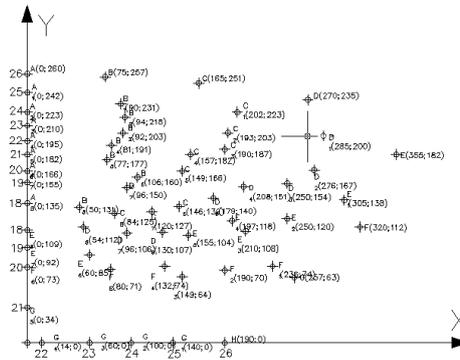


Рисунок 1. Заданные точки для построения горизонталей земли

из этих изолированных точек, например, 8 точек высотой 26 метров, 7 точек высотой 25 метров и т.д. точки найдены, координаты этих точек, т.е. x и y, заданы.

если количество заданных точек больше 3 и необходимо построить кривую из этих точек, целесообразно использовать метод кубического сплайна. Общая формула метода кубического сплайна выглядит следующим образом:

$$F_i(x) = a_i + b_i x + c_i x^2 + d_i x^3;$$

$$f_1(x_1) = y_1 \quad f_1(x_1) = a_1 + b_1 x_1 + c_1 x_1^2 + d_1 x_1^3;$$

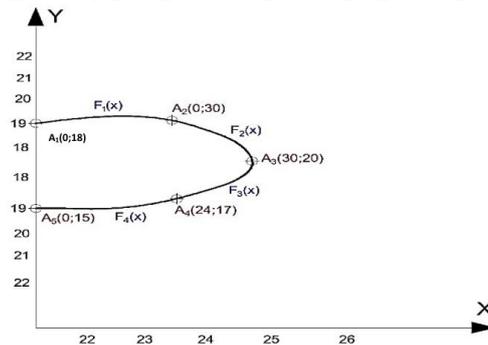


Рисунок 2. Горизонталей земли, заданные контрольными точками.

В этом примере на 19-й горизонтали имеется пять контрольных точек, (рисунок 2). Между каждой парой контрольных точек находится функция, пронумерованная тем же номером, что и индекс самой левой точки. В общем, $F_i(x) = a_i + b_i x + c_i x^2 + d_i x^3$ это функция, представляющая кривую между контрольными точками. Поскольку каждый сегмент кривой представлен кубической полиномиальной функцией, для каждого сегмента необходимо найти четыре коэффициента.

Для этого каждый сегмент кривой должен пройти через контрольные точки:

то есть $f_i(x_i) = y_i$ $f_i(x_{i+1}) = y_{i+1}$ гарантирует, что эта кривая не является тождественной.

Эти уравнения дают два линейных уравнения для каждого сегмента кривой.

$$a_i + b_i x_i + c_i x_i^2 + d_i x_i^3 = y_i \text{ va } a_i + b_i x_{i+1} + c_i x_{i+1}^2 + d_i x_{i+1}^3 = y_{i+1};$$

Производные двух функций приравниваются, чтобы гарантировать, что криволинейные сегменты имеют одинаковую гладкость в месте соединения.

$$f_i(x_{i+1})' = f_{i+1}(x_{i+1})'$$

$$f_i(x) = a_i + b_i x + c_i x^2 + d_i x^3 \quad f_i'(x) = b_i + 2c_i x + 3d_i x^2$$

$$b_i + 2c_i x + 3d_i x^2 = b_{i+1} + 2c_{i+1} x + 3d_{i+1} x^2$$

$$\text{уокі } b_i + 2c_i x + 3d_i x^2 - b_{i+1} - 2c_{i+1} x - 3d_{i+1} x^2 = 0$$

Чтобы получить четвертое уравнение, снова дифференцируются уравнения так, чтобы радиус кривизны был одинаковым в месте пересечения криволинейных сегментов.

$$f_i(x_{i+1})'' = f_{i+1}(x_{i+1})''$$

$$f_i''(x) = 2c_i + 6d_i x = 2c_{i+1} + 6d_{i+1} x_{i+1}$$

$$\text{уокі } 2c_i + 6d_i x - 2c_{i+1} - 6d_{i+1} x_{i+1} = 0$$

Для неизвестных коэффициентов были составлены линейные уравнения. Используя эти уравнения, предстоит решить матрицу $Ma = y$, решить эту систему уравнений и матрицу вручную очень сложно, но в компьютерной программе это очень легко. Перенос остальных горизонталей гидротехнического сооружения, то есть дамбы, легко выполняется в компьютерной программе. (рисунок 3)

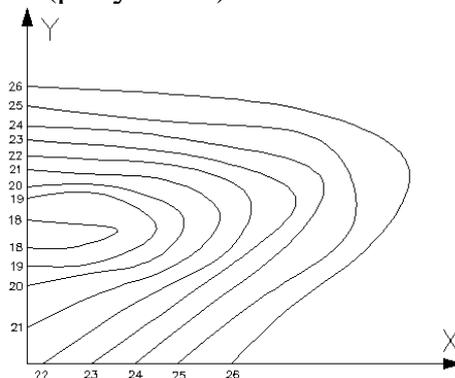


Рисунок 3. Горизонталы земельного участка

После переноса горизонталей земли на основе компьютерной программы сначала по традиционному алгоритму построения дамбы на полученной топографической поверхности чертят две параллельные прямые линии, которые указывают ширину дамбы. В основном задано расстояние между осью насыпи и шириной верхнего основания.

Например, основной контур дамбы задается двумя параллельными прямыми, затем на одной из нужных горизонталей выбираются 2 точки, чтобы провести прямую. Из аналитической геометрии известно, что через 2 заданные точки (x_1, y_1) , (x_2, y_2) можно провести одну прямую(1)

$$\frac{x-x_1}{x_2-x_1} = \frac{y-y_1}{y_2-y_1}, \quad (1)$$

С помощью этой формулы получено аналитическое выражение прямой, то есть уравнение (2):

$$y = \frac{y_2-y_1}{x_2-x_1} x + \frac{x_2 y_1 - x_1 y_2}{x_2 - x_1}, \quad (2)$$

После этого необходимо провести параллельную данной прямой прямую с расстоянием по ширине дамбы. Для этого:

Если задано общее уравнение прямой $Ax + By + C = 0$,

$$d = |x_d \cos \alpha + y_d \sin \alpha - p| \quad (3)$$

отсюда: $\cos \alpha = \pm \frac{A}{\sqrt{A^2+B^2}}$ $\sin \alpha = \pm \frac{B}{\sqrt{A^2+B^2}}$ $P = \mp \frac{C}{\sqrt{A^2+B^2}}$ (4)

Например: провести прямую, параллельную прямой, заданной общим уравнением $x+y+1=0$, рассчитав ширину верхнего основания дамбы $d=10\text{м}$:

$$d = |x_d \cos \alpha + y_d \sin \alpha - p|$$

По этой формуле получается $\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{1^2+1^2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$, $\sin \alpha = \frac{1}{\sqrt{2}}$, $P = \frac{1}{\sqrt{2}}$

результат

Решив уравнение, можно получить уравнение параллельной прямой (рис.4.)

$$10 = \left| x_d \frac{1}{\sqrt{2}} + y_d \frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{1}{\sqrt{2}} \right|$$

$$10 = x_d \frac{1}{\sqrt{2}} + y_d \frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$10\sqrt{2} = x_d + y_d + 1$$

$$x_d + y_d - 14.1 = 0$$

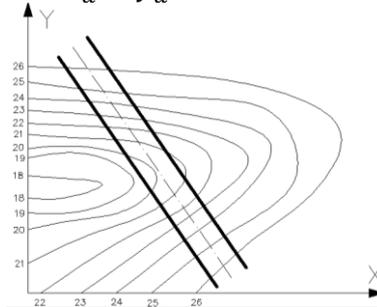


Рисунок 4. Ширина верхней дамбы.

Если данные прямые заданы уравнениями $y = k_1x + b_1$ и $y = k_2x + b_2$, то в случае $k_1 \times k_2 = -1$ получается прямая, перпендикулярная данной прямой.

Для нахождения границы земляных валов дамбы необходимо определить уклоны, уклон может быть разным в зависимости от конструкции проекта. Уклон получается по заданным критериям в зависимости от свойств грунта. Например, принят уклон $i=1:1$, $i=1:1,5$ и проводится искусственные горизонталы параллельно основному телу дамбы. Процесс переноса искусственных горизонталей находится также по формуле переноса параллельной прямой на приведенную выше прямую, то есть масштабные линии откоса на основной контур дамбы равны $\lambda=1\text{м}$, $\lambda=1,5\text{м}$. Путем подстановки расстояний проводят параллельную прямую. (рис.5.)

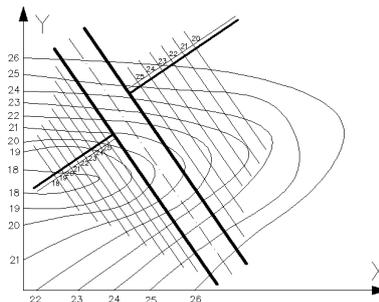


Рисунок 5. Масштабные линии уклона.

Расстояние между искусственными горизонталями зависит от уклона, после нанесения искусственных горизонталей с обеих сторон отмечают точки пересечения естественных горизонталей и одноименных искусственных горизонталей, а найденные точки соединяют друг с другом с помощью вышеизложенного метода кубического сплайна, полученная кривая является основой, определяющей пределы земляных работ. (рис.6.)

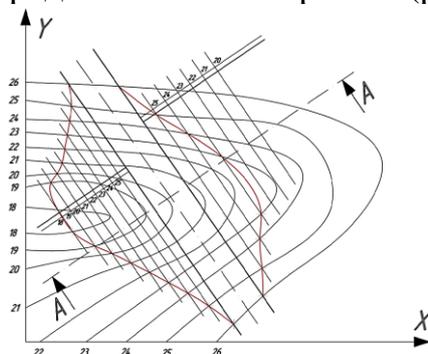


Рисунок 6. Чертеж сооружения дамбы на заданной топографической поверхности.

На рисунке 7 показан поперечный профиль дамбы по разрезу А-А, на рисунке 8 показана трехмерная модель поверхности земли, а на рисунке 9 показана 3D-модель дамбы, основанная на вышеуказанных 2D-размерах.



Рисунок 7. Поперечный профиль дамбы по направлению А-А.

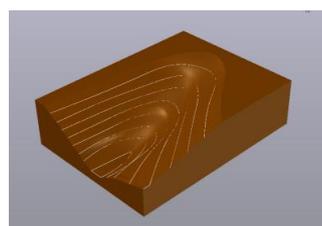


Рисунок 8. Трехмерная модель участка поверхности.

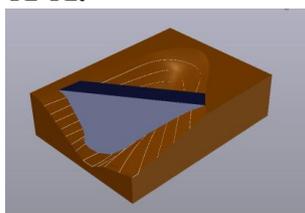


Рисунок 9. 3D-модель дамбы на основе приведенных выше 2D-размеров.

В приведенном выше примере без параметризации все уравнения и решаемую линейную систему можно переписать. Большим преимуществом такого подхода является то, что мы уменьшаем одну строку и один столбец матрицы для каждой контрольной точки, поскольку значения всех ее коэффициентов известны.

Вышеупомянутые формулы и алгоритмы параметризации кривых позволяют осуществлять автоматический перенос наземных горизонталей в процессе проекта, обеспечивая плавный переход кривой из любой точки, только указанные выше алгоритмы используются определенной программой. Этот процесс можно легко выполнить на языке Программирования.

2. Вторая глава диссертации под названием «**Аналитические методы определения сложности различных участков земной поверхности**» посвящена численному анализу процесса определения сложности земной поверхности. Однако одним из основных недостатков анализа сложности земной поверхности в цифровом виде является высокий уровень ошибок. С этой точки зрения предлагается применение методов геометрического и математического моделирования к процессу цифрового анализа, разработка алгоритмов и рекомендаций, обеспечивающих относительно высокие показатели уровня точности при внесении соответствующих изменений. Б.С. Хейфец и А.В. Хромченко в первоначальных исследовательских работах применили подход к определению уровня сложности местности методами теории вероятностей и математической статистики на основе данных, полученных по топографическому плану рельефа.

Предлагается новый подход к решению задач определения неровности местности. Для этого используются методы общей топологии, позволяющие оценить геометрические свойства любой поверхности. Геометрический подход к решению этой задачи следующий;

На топографической поверхности две вершины некоторой метрики определяют кривизну $\{x_i\} \in X$ точки следующим образом по Гауссу;

$$W^{\pm} = 2\pi - \theta, \quad (4)$$

Где: θ — сумма углов, приближающихся к вершине.

Высоты с положительной или отрицательной кривизной называются существенными, а высоты с нулевой степенью — несущественными.

Введём понятие степени кривизны точки. Точка имеет степень кривизны I, если $\frac{3}{2}\pi < W_1 < 2\pi$, 2 степени кривизны $\pi < W_2 < \frac{3}{2}\pi$, 3 степени кривизны $\frac{\pi}{2} < W_3 < \pi$, 4 степени кривизны. $0 < W_4 < \frac{\pi}{2}$.

Это определение также применимо к точкам с отрицательной кривизной. На топографической поверхности имеется 6 различных вершин в зависимости от знака кривизны и положения точки относительно опорной плоскости.

Если кривизна точки положительна, она называется ее высотой типа α_1 , $W^+ = 2\pi - \theta > 0$. z — точка положительной кривизны α_2 , тип высоты. $W^+ = 2\pi - \theta > 0$. γ -если точка имеет отрицательную кривизну. $W^- = 2\pi - \theta < 0$. Высота типа $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ - если точка имеет нулевую кривизну $W = 2\pi - \theta \approx 0$.

Расположение базовой плоскости важно, поскольку, хотя в классической дифференциальной геометрии мы всегда допускаем возможность, «перемещения» поверхности и приведения ее в удобное для наблюдателя положение, такая возможность отсутствует при изучении топографических поверхностей.

Рассмотрим матрицу высот участка рельефа:

$$\begin{bmatrix} z_{11} & \dots & z_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ z_{n1} & \dots & z_{nn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$\Delta_1 = \frac{|(z_{1,n} - 2z_{1,n+1} + z_{1,n+2})| + |(2z_{2,n} - 2z_{2,n+2} + z_{1,n+3})| + |(z_{3,n} - 2z_{3,n+1} + z_{3,n+2})|}{h}$$

$$\Delta_2 = \frac{|(z_{n,1} - 2z_{n+1,1} + z_{n+2,1})| + |(z_{n,2} - 2z_{n+1,2} + z_{n+2,2})| + |(z_{n,3} - 2z_{n+1,3} + z_{n+2,3})|}{h}$$

Кроме того, определяются конечные разности по диагонали матрицы:

$$\Delta_3 = \frac{|(z_{1,n} - 2z_{2,n+1} + z_{3,n+2})| + |(z_{n,1} - 2z_{n+1,2} + z_{n+2,3})|}{h\sqrt{2}}$$

Где h шаг матрицы.

$$\begin{bmatrix} \alpha_1 & \dots & \beta_1 \\ \alpha_2 & \dots & \beta_2 \\ \vdots & \dots & \vdots \\ \beta_1 & \dots & \beta_2 \end{bmatrix} \quad (6)$$

Где: $\alpha_{1,2,\dots}, \beta_{1,2,3}$ показывают типы вершин топографической поверхности.

Анализ $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3$ позволяет выявить специфические особенности определенного участка.

Рассмотренная выше методология реализована в компьютерной программе «Сложность рельефа» и используется для решения конкретных задач. На рисунке 10 показана поверхность и ее матрица.

$$[B] = \begin{bmatrix} 14.01 & 14.01 & 14.20 & 14.31 & 14.41 & 14.51 & 14.31 & 14.21 & 14.31 & 14.31 \\ 14.10 & 14.01 & 14.01 & 14.31 & 14.41 & 13.71 & 13.81 & 14.61 & 14.61 & 14.31 \\ 14.21 & 14.21 & 14.30 & 14.41 & 13.31 & 13.71 & 14.51 & 14.51 & 14.41 & 14.21 \\ 14.21 & 14.31 & 14.41 & 13.41 & 14.51 & 14.51 & 14.41 & 14.41 & 14.31 & 14.21 \\ 14.31 & 14.41 & 13.51 & 14.21 & 14.31 & 14.21 & 14.31 & 14.32 & 14.21 & 14.22 \\ 14.31 & 14.01 & 13.60 & 13.70 & 14.01 & 14.01 & 14.11 & 14.11 & 14.01 & 14.01 \\ 14.11 & 13.91 & 13.20 & 13.31 & 13.41 & 13.21 & 13.31 & 13.02 & 13.01 & 13.01 \\ 14.01 & 13.61 & 13.20 & 13.21 & 13.11 & 13.01 & 13.11 & 13.21 & 13.01 & 13.01 \\ 14.11 & 13.51 & 13.10 & 13.21 & 13.11 & 13.21 & 13.01 & 12.01 & 12.81 & 12.81 \\ 14.21 & 14.01 & 14.10 & 13.32 & 12.81 & 12.81 & 12.61 & 12.51 & 12.52 & 12.51 \end{bmatrix}$$

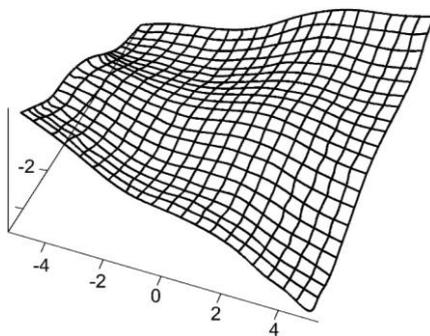


Рисунок 10 Модель поверхности

Для определения уровня сложности рельефа местности вводятся количественные показатели.

Если значения Δ_1, Δ_2 находятся в диапазоне $0 < \Delta_1 < 1.0, 0 < \Delta_2 < 1.0$, то участку присваивается номер 1.

Если $1.0 < \Delta_1 < 3.0, 1.0 < \Delta_2 < 3.0$, то участку присваивается номер 2.

Если $3.0 < \Delta_1 < 5.0$, $3.0 < \Delta_2 < 5.0$, то участку присваивается номер 3.

Если $5.0 < \Delta_1 < 7.0$, $5.0 < \Delta_2 < 7.0$, то участку присваивается номер 4.

Всего программе «Сложность рельефа» можно присвоить номера от «0» до «10». |B| Матрица преобразуется в следующий вид:

$$|B| = \begin{vmatrix} 2 & 2 & 3 & 3 & 2 \\ 2 & 3 & 3 & 2 & 2 \\ 3 & 3 & 2 & 2 & 3 \\ 2 & 3 & 2 & 3 & 3 \\ 3 & 2 & 3 & 3 & 2 \end{vmatrix}$$

Для расчета объемов земляных работ на основе приведенных выше алгоритмов была разработана трехмерная модель территории, а объем земляных работ рассчитан с точки зрения строительства гидротехнического сооружения одинакового размера в разных местах территории, причем оптимальный, то есть объем земляных работ был меньше выбранной площади: (Рис.11.)

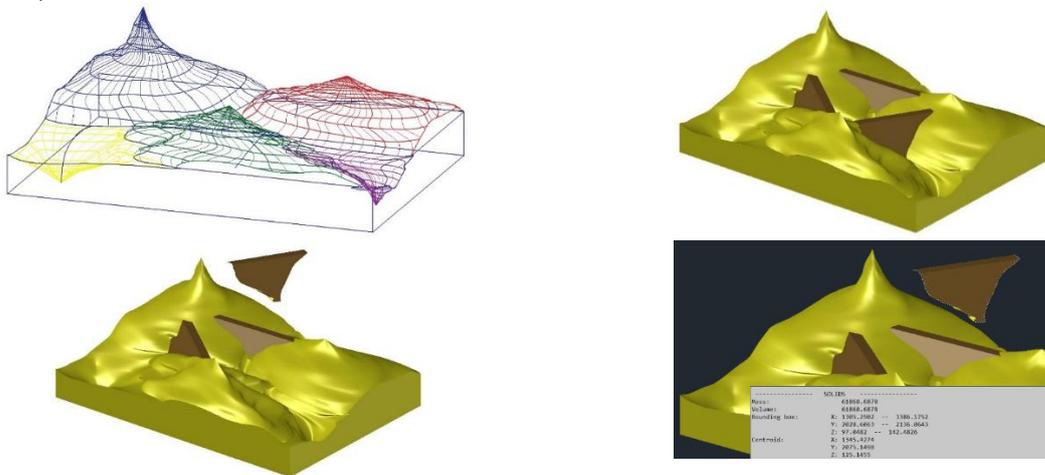


Рисунок 11 Объемы плотинных сооружений, размещенных на земельных участках различной сложности

3. В третьей главе диссертации под названием «**Методы выбора наиболее оптимальных вариантов проекта гидротехнических сооружений**» с целью повышения эффективности процесса проектирования гидротехнических сооружений применяются методы теории оптимального проектирования.

Разработан алгоритм выбора оптимального варианта проекта в два этапа.

На первом этапе были созданы алгоритмы проектных чертежей дамбы, являющейся одним из гидротехнических сооружений, выбора пяти вариантов уклона, в зависимости от свойств грунта, а также алгоритмы выбора наиболее оптимального варианта среди разработанных вариантов проекта;

- использование Парето методов выбора наиболее оптимального варианта проекта из числа разработанных вариантов проекта;

В первом варианте проекта уклон принят $i=1:2.5$, $i=1:3$ и строятся искусственные горизонталы параллельно основному телу дамбы. Процесс переноса искусственных горизонталей находится также по формуле переноса параллельной прямой путем размещения расстояния между заданной прямой

выше, то есть линии масштаба уклона к основному контуру дамбы равны $\lambda=2.5\text{м}$, $\lambda=3\text{м}$ Проводим параллельную прямую на расстоянии.

Вариант 1: $m_q = 2.5$, $m_y = 3$

Вариант 2: $m_q = 2,4$, $m_y = 2.9$

Вариант 3: $m_q = 2,1$, $m_y = 2.8$

Вариант 4: $m_q = 2,3$, $m_y = 2,7$

Вариант 5: $m_q = 2,2$, $m_y = 2,6$

Были разработаны следующие критерии в соответствии с методом Парето-оптимальности:

k_1 – общая стоимость разработки чертежа проекта.

k_2 – время, затраченное на создание проекта инженером.

k_3 – транспортные расходы на строительство завершеного проекта гидротехнического сооружения.

В табличной форме это можно описать следующим образом:

Таблица 1.

Варианты чертежей проекта гидротехнического сооружения

<i>Проработанные варианты проекта</i>	<i>k_1, стоимость проекта (млн сум)</i>	<i>k_2, время, затраченное на создание проекта, (часы)</i>	<i>k_3, Транспортные расходы (млн сум)</i>
Вариант 1	45	20	40
Вариант 2	30	25	50
Вариант 3	80	25	30
Вариант 4	110	20	35
Вариант 5	110	35	40

В системах автоматизированного проектирования задачи метода Парето-оптимальности представляют собой варианты проектных чертежей, состоящие из N объектов, выраженных через критерии $k_1, \dots, k_j, \dots, k_m$.

Наиболее оптимальный вариант проекта k_1^+, \dots, k_m^+ формируется из максимальных значений полезности критериев, достигнутых в множестве доступных вариантов проекта.

Помимо наиболее оптимального варианта проекта формируется «наихудший» вариант проекта $\{k_1^-, \dots, k_m^-\}$ из минимальных значений полезности критериев, достигнутых в множестве доступных вариантов проекта. Среди этих вариантов проекта оптимальный вариант проекта и «наихудший» вариант проекта имеют следующие характеристики:

Самый оптимальный вариант проекта $\equiv \{30 \text{ млн.}; 20 \text{ soat}; 30 \text{ млн.}\};$

Проект, не соответствующий требованию, является вариантом $\equiv \{110 \text{ млн.}; 35 \text{ soat}; 50 \text{ млн.}\}.$

Для сравнения разных критериев для каждого критерия производится переход к относительным единицам измерения по следующей формуле.

$$d_j^i = \frac{k_j^+ + k_j^i}{k_j^+ - k_j^-}$$

Результаты перевода критериальных значений вариантов проекта в относительные единицы представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Сравнительная таблица относительных единиц значений критериев:

<i>Проработанные варианты проекта</i>	d_1	d_2	d_3
Вариант 1	2,04	2,2	1,9
Вариант 2	1,26	2,4	3,22
Вариант 3	2,73	2,2	1,63
Вариант 4	2,0	2,2	1,1
Вариант 5	2,0	1,5	4,25

В относительных единицах d_j^i анализируется как расстояние вариантов проекта по критерию. k_j самых оптимальных вариантов проекта $d_1=1,26$ и наихудших $d_1=2.73$.

На следующем этапе лицу, принимающему решение, предлагается определить относительную важность критериев. На основании его мнения об относительной важности критериев определяются коэффициенты относительной возможности (веса) W_1, \dots, W_m критерия. В рассматриваемом примере стоимость проекта, время, затраченное на строительство объекта и транспортные расходы практически одинаковы, поэтому весовые коэффициенты W_1, W_2, W_3 установлены одинаковыми.

При этом они сравниваются с наиболее оптимальным вариантом проекта для выявления вариантов проекта, не соответствующих требованиям. Для этого расстояния от вариантов проекта до наиболее оптимального варианта проекта рассчитываются по следующему выражению:

$$L_i^p = \sum_{j=1}^m \{ [W_j(1 - d_j^i)]^p \}^{1/p},$$

В этом случае, изменяя параметр степени p , концентрации переходят от одной метрики к другой. Для $p=1$ это следует по следующей формуле:

$$L_{j=1}^1 = \sum_{j=1}^m W_j (1 - d_j^i),$$

Координаты вариантов проекта по каждому критерию масштабируются по его коэффициенту относительной важности, после чего находится сумма координат «несоответствующих» вариантов проекта. Отход от варианта проекта, не отвечающего требованию W_j и $(1-d_j^i)$, производится так, чтобы оба фактора были ориентированы одинаково (W_j и $(1-d_j^i)$), необходимо больше учитывать величину прибавки. При оценке варианта проекта i критерий k_j также может оцениваться одновременно с расстоянием от лучшего варианта проекта по значению L_j^1 ; чем больше L_j^1 , тем ближе варианты проекта к лучшему варианту проекта.

Если $p=2$, выражение становится евклидовым расстоянием в масштабированных координатах. Таким образом, варьируя p , можно использовать широкий класс показателей для сравнения вариантов проекта с наиболее оптимальным вариантом проекта. А при значении $p \rightarrow \infty$ метрика становится:

$$L_i^\infty = \min(W_j(1 - d_j^i))$$

Ниже показаны результаты расчета значений L_i^p для разных p для рассматриваемого примера. (таблица 3)

Таблица 3.

Таблица результатов значения L_i^p

p	L_1^p	L_2^p	L_3^p	L_4^p	L_5^p
1	10,7	2,5	9,1	9,8	10,0
2	1,9	3,6	3,4	2,5	1,7
3	4,1	3,4	1,6	0,3	2,7

Чем больше значение L_i^p , тем ближе варианты проекта к оптимальному варианту проекта. Кроме того, чем меньше L_i^p , тем больше критериев можно исключить из набора. Для того чтобы процесс исключения был независимым от используемого показателя, исключаются варианты проекта, наиболее далекие от оптимального варианта проекта по всем рассчитываемым показателям. Для удобства анализа каждый p упорядочен по удалению от оптимального варианта проекта, что и сделано ниже для рассматриваемого примера:

$p = 1$ вариант 1 > вариант 5 > вариант 4 > вариант 3 > вариант 2

$p = 2$ вариант 2 > вариант 3 > вариант 4 > вариант 1 > вариант 5

$p = 3$ вариант 1 > вариант 2 > вариант 5 > вариант 3 > вариант 4

На основании этих показателей можно выбрать вариант проекта 1 как оптимальный вариант проекта по сравнению с остальными вариантами по 2 критериям.

Трехмерная модель чертежа данного проекта представлена на рисунке 12:

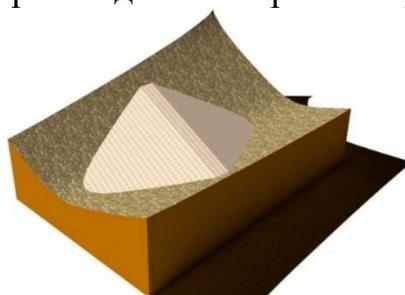


Рисунок 12. Трехмерная модель конструкции дамбы.

Внедрение унифицированных алгоритмов проектирования гидротехнических сооружений в автоматизированные программы позволит значительно улучшить время работы и производительность инженера-

проектировщика. Ниже приведен пример последовательности работ, выполняемых унифицированными алгоритмами проектирования и данными, полученными из исходных геодезических данных на языке программирования JavaScript: (рис. 13).

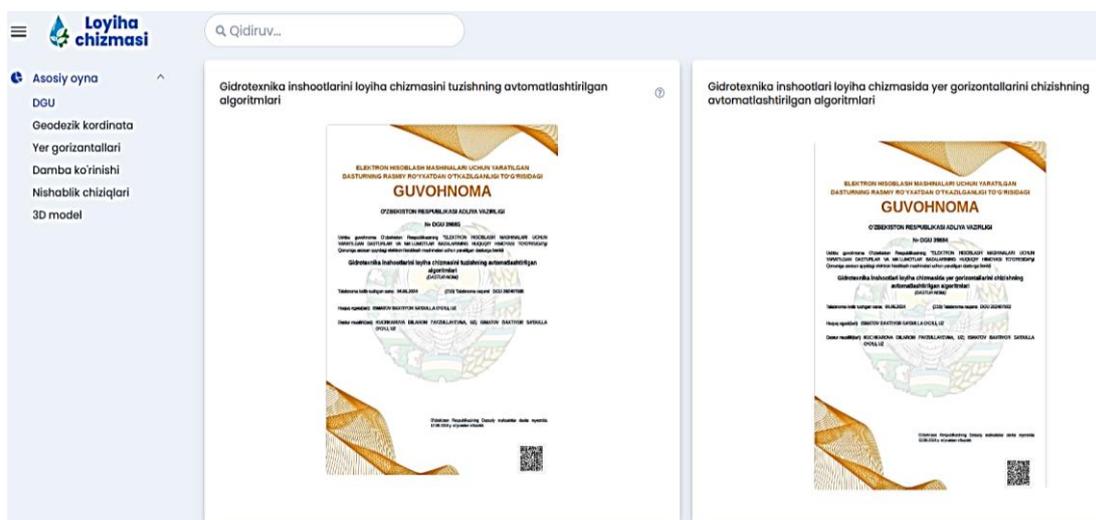


Рисунок 13. Главное окно программного комплекса для применения методов геометрического моделирования при проектировании гидротехнических сооружений

Выводы

Исследования проведенные в диссертации на тему «Применение методов геометрического моделирования при проектировании гидротехнических сооружений» выявили следующие результаты:

- выявлено отсутствие обобщенных алгоритмов проектирования гидротехнических сооружений в системах автоматизированного проектирования;

- выявлено отсутствие общей методики предварительного определения уровня сложности земельного участка, на котором будет построено гидротехническое сооружение;

- выявлена необходимость алгоритмов выбора оптимальных проектов в рамках разработанных проектов;

- разработано программное обеспечение, включающее методы кубической сплайн-функции и аналитической геометрии для процесса составления проекта гидротехнических сооружений;

- разработаны алгоритмы аналитических методов, основанные на теории топографических поверхностей, для определения уровня сложности земной поверхности. Рекомендованы общие топологические методы определения

типов точек нерегулярных поверхностей. Разработанные алгоритмы позволили определить уровень сложности земельных участков в процессе проектирования;

на основе теории принятия решений были разработаны методы построения множества вариантов проекта. На конкретном примере были применены и продемонстрированы алгоритмы отбора оптимальных по Парето проектов;

рекомендованные алгоритмы и методика были реализованы в программное обеспечение и внедрены на практике в программной части конкретного проекта, которое может быть использовано для любого проекта гидротехнического сооружения. Рекомендуемая методика на практике показала свое преимущество над традиционным проектированием;

алгоритмы использования методов геометрического моделирования при проектировании гидротехнических сооружений и разработанное на их основе программное обеспечение внедрены в процесс проектирования гидротехнических сооружений ООО «Navoiy Suv Ioyiha» и проектным отделом Навоийского регионального филиала Нижне-Зарафшанского бассейнового управления ирригационных систем. В результате рекомендуемые алгоритмы охватывают все этапы процесса разработки проекта в автоматизированном режиме, предусматривают внесение соответствующих изменений в проект, создание нескольких вариантов проекта, а также предлагается методика выбора оптимального варианта проекта.

в учебный план магистратуры 70111202-«Инженерная графика и теория дизайна» Национального исследовательского университета «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства» включен предмет «Методология инженерной графики» и внедрен в учебный процесс;

результаты, полученные в диссертационной работе были подтверждены и одобрены справкой Министерства водных ресурсов № 02/13-2895 от 08.08.2024 г.

Результаты данной научно-исследовательской работы позволят сократить трудозатраты инженеров-конструкторов и повысить производительность их труда на 5–7%.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
DSc.13/30.12.2019. T.07.01 AT TASHKENT UNIVERSITY OF
INFORMATION TECHNOLOGIES**

**“TASHKENT INSTITUTE OF IRRIGATION AND AGRICULTURAL
MECHANISATION ENGINEERS”
NATIONAL RESEARCH UNIVERSITY**

ISMATOV BAKHTIYOR SA’DULLA UGLI

**APPLICATION OF GEOMETRIC MODELING METHODS IN THE
DESIGN OF HYDRAULIC STRUCTURES**

**05.01.01-“Engineering geometry and computer graphics.
Audio and videotechnologies”**

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)
ON TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent- 2025

The theme of the dissertation of Doctor of Philosophy (PhD) on technical sciences is registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan under the number B2024.4. Phd/T5060

The dissertation is completed in “Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers” National Research University.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website www.tuit.uz and on the educational portal “ZiyoNet” (www.ziynet.uz)

Scientific adviser:

Kuchkarova Dilarom Fayzullayevna
doctor of Technical Sciences, professor

Official opponents:

Mukhamadiyev Abduvali Shukurovich
doctor of Physical and Mathematical Sciences,
professor

Sindarov Rakhmat Uralovich
candidate of Technical Sciences, docent

Leading organization:

Tashkent University of Architecture and Civil Engineering

The defence will take place “_____” “_____” 2025 at _____ on the meeting of Scientific council № DSc 13/30.12.2019.T.07.01 at Tashkent University of Information Technologies (Address: 100084, Tashkent city, Amir Temur street, 108. Ph.: (+99871) 238-64-43, e-mail: iktuit@tuit.uz).

The dissertation can be looked through in the Information Resource Center of the Tashkent University of Information Technologies (is registered under №_____). Address: 100084, Tashkent city, Amir Temur street, 108. Ph.: (+99871) 238-64-43, e-mail: iktuit@tuit.uz

Abstract of the dissertation sent out “_____” _____ 2025.
(mailing report №_____ dated “_____” _____ 2025).

M.M. Musayev

Chairman of the scientific council on awarding scientific degrees, Doctor of Technical Sciences, Professor

E.Sh. Nazirova

Scientific secretary of the scientific council on awarding scientific degrees, Doctor of Technical Sciences, Professor

F.M. Nuraliyev

Chairman of the scientific seminar of the scientific council on awarding scientific degrees, Doctor of Technical Sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the research Development of algorithms for applying geometric modeling methods to the design process of hydraulic structures and their use to increase the efficiency of the design process.

The tasks of the research:

Improving the spline function method in processing initial geodetic data and developing algorithms for constructing relief contours;

development of algorithms for assessing the level of complexity of the earth's surface of hydraulic structures in a given area using the topological properties of the topographic surface;

developing algorithms for using decision theory methods to select the optimal project option from among the developed project options;

to determine the effectiveness of the recommended methodology in production;

development and implementation of a functional schematic structure of software based on unified algorithms for the design of hydraulic structures;

The object of the research hydraulic structures design process and modern automated design systems

The scientific novelty of the research:

The spline function method was improved in processing initial geodetic data and algorithms for constructing relief contours were developed;

algorithms for assessing the level of complexity of the earth's surface when designing hydraulic structures in a given area were developed based on the topological characteristics of the topographic surface;

algorithms for applying Pareto optimal methods to the process of selecting the optimal project from among the generated project options were developed;

a functional schematic structure of the software was developed and implemented based on unified algorithms for the design of hydraulic structures.

Implementation of research results: Based on the algorithms and software developed as a result of research conducted within the framework of the dissertation on the use of geometric modeling methods in the design of hydraulic structures:

The scientific results obtained on the use of geometric modeling methods in the design of hydraulic structures have been put into practice at "Navoiy Suv loyiha" LLC. This methodology improves the process of project development by accurately providing land plot horizons using geometric modeling methods, proposes a method for making appropriate changes to the project according to Pareto optimal methods, and proposes a method for creating several variants of the project drawing and selecting the optimal one from them;

the scientific results obtained on the algorithms related to the design process of the recommended hydraulic structures were applied in practice at the "Lower Zarafshan Irrigation System Basin Directorate". The algorithms developed according to the results obtained covered all stages of the process of designing

hydraulic structures in an automated manner, as a result of which the working time of the design engineer was reduced by 2 times, and labor productivity increased by 5-7%;

the software developed as part of the scientific research work was included in the curriculum of the master's degree program 70111202-“Engineering Graphics and Design Theory” of the National Research University “Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers” in the subject “Methodology of Engineering Graphics” and introduced into the educational process;

The scientific research work was approved by Tashkent “SUV LOYIHA” LLC to the Ministry of Water Resources. (Reference of the Ministry of Water Resources of the Republic of Uzbekistan dated 08.08.2024 No. 02/13-2895). As a result, a method for compiling several variants of the project drawing and selecting the optimal project variant based on changes to the project was proposed. In the dissertation work, it was achieved to reduce the working time of design engineers and increase the level of work productivity by 5-7% based on software.

The structure and the scope of the thesis. The dissertation consists of an introduction, three chapters, conclusions, a list of references, and appendices. The volume of the dissertation is 121 pages.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I bo'lim (I часты; I part)

1. Kuchkarova D. F., Achilova D.A., Ismatov B.S. Suyunov Sh.G'. "Gidrotexnika inshootlari loyihasini ekspert baxolashlari asosida tanlash algoritmlari" Namangan Muhandislik Qurilish instituti "Qurilish va ta'lim" ilmiy jurnali ISSN 2181-3779, 2024 №3, 71-75 b. (05.00.00: OAK Rayosatining 2023-yil 31-oktyabrdagi №345/3 qarori)
2. B. Ismatov, Sh. Suyunov, A. Xodjayev. "Gidrotexnika inshootlarining loyiha chizmasini tuzishda geometrik modellashtirish usullarini qo'llash algoritmlari" AGRO ILM jurnali № 4 2023 y. 24-iyul. B 64-66. (05.00.00, №3)
3. Kuchkarova D.F., Ismatov B.S., Radjabova Sh.A. "Gidrotexnika inshootlarini loyihalashda eng optimal loyiha variantini tanlash jarayoniga modellashtirish usullarini qo'llash" Namangan Muhandislik Qurilish instituti "Mexanika va texnologiya ilmiy jurnali" 2023 №3, 30-sentyabr. B 219-227. (05.00.00: OAK Rayosatining 2022-yil, 1-fevraldagi №311/6 qarori)
4. Dilarom Kuchkarova, Baxtiyor Ismatov "Gidroelekt stansiyalarni loyihalash jarayoniga geometrik modellashtirishning spline funktsiya usullarini qo'llash" "O'zbekgidroenergetika" ilmiy-texnik jurnali, 2022 №4 (16). B 29-30 (05.00.00: OAK Rayosatining 2020 yil, 30-sentyabrdagi №286/8 qarori).
5. D.F. Kuchkarova, B.S. Ismatov, Suyunov Sh.G'. "Algorithms for using geometric modelling methods in creating project drawings of hydrotechnical constructions" №2. 2023 Journal of "Sustainable agriculture" Pp 27-30 (05.00.00, №35)
6. Д.Ф.Кучкарова, Д.А.Ачилова, Б.С.Исмамов "Гидроэлектр станцияларнинг муҳандислик муаммоларини ечишда рельефнинг морфометрик хусусиятлари" Ўзбекгидроэнергетика" илмий-техник журнали, 2024 №1 (21) Б 55-58 (05.00.00: OAK Rayosatining 2020 yil, 30-sentyabrdagi №286/8 qarori)
7. Исмамов Бахтиёр Саъдулла Ўғли, Ачилова Дилноза Ахматовна "Применение методов геометрического моделирования и компьютерной графики при проектировании гидротехнических сооружений" International Scientific Journal «Global Science And Innovations 2021: Central Asia» Nur-Sultan, Kazakhstan, 27-October 2021 19-22 б. ISSN 2664-2271 с. 19-23
8. Кучкарова Д.Ф., Ачилова Д.А., Исмамов Б.С., Суёнов Ш.Ф. "Алгоритмы выбора проекта гидротехнического сооружения на основе экспертных оценок" Eurasian National University in Kazakhstan ISSN 2220-685X Problems of engineering and professional education Scientific-pedagogical journal №2 (73)•2024. DOI:<https://doi.org/10.32523/2220-685X-2024-73-2-15-28>

II bo'lim

9. Kuchkarova D. F., Ismatov B.S. Suyunov Sh.G'. "Gidrotexnik inshootlar loyihalash jarayoni algoritmlari (damba loyihasi misolida)" Namangan Muhandislik Qurilish instituti "Qurilish va ta'lim" ilmiy jurnali 2022 11-yanvar №2, ISSN 2181-3779 B 5-9.

10. Kuchkarova D. F., Ismatov B.S. Suyunov Sh.G'. "Gidrotexnika inshootlari loyihasini tanlash jarayonida matematik modellashtirish usullari" Namangan Muhandislik Qurilish instituti "Qurilish va ta'lim" ilmiy jurnali 2023 №2 (4), 26-may B 5-11.

11. Ismatov B., Suyunov Sh., Khodjayev A. "Algorithms for applying geometric modeling methods in the design of hydraulic structures" МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. И. Сатпаева. Международная студенческая научно-практическая конференция. «Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика в современном цифровом пространстве. Проблемы, тренды, развитие» 29-30 апреля, Алматы-2022. УДК 626. Международная студенческая научно-практическая конференция Pp 28-34

12. Dilarom Kuchkarova, Bakhtiyor Ismatov and Shakhnoza Radjabova "Algorithms for use of modelling methods in the selection process of the hydrotechnical construction project" E3S Web of Conferences 401, 01029 (2023) CONMECHYDRO–2023 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340101029> 26-28-April 2023 y.

13. Kuchkarova D.F., Ismatov B.S. and Suyunov Sh.G. "Choosing an appropriate project based on the general algorithms of designing hydrotechnical constructions and quality indicators applied to them (in the example of a canal project)" Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф.Горбачева» в XVII Международной научной конференции «ИННОВАЦИЯ В ТЕХНОЛОГИЯХ И ОБРАЗОВАНИИ» 19 апреля 2024.

14. Ismatov Baxtiyor Sa'dulla o'g'li, Suyunov Shaxzod G'ulom o'g'li, Xodjayev Arifdjan Maqsudovich "Gidrotexnika inshootlarini loyihalash jarayoniga geometrik modellashtirish usullarini qo'llash algoritmi" "Ilm-fan taraqqiyotida zamonaviy metodlarning qo'llanilishi" nomli ilmiy-amaliy konferensiyasi 2022-yil 27-fevral. B 93-103.

15. Ismatov Baxtiyor Sa'dulla o'g'li, Suyunov Shaxzod G'ulom o'g'li, "Gidrotexnika inshootlarini loyihalash jarayoniga geometrik modellashtirish usullarini qo'llash algoritmi" Zamonaviy taraqqiyotda ilm-fan va madaniyatning o'rni Respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi. 20.02.2022 B 21-26.

16. Kuchkarova D.F., Ismatov B.S., "Application of geometric modeling methods with computer graphic software in the design of hydrotechnical structures" Andijon davlat universiteti va Rossiya federatsiyasi oliy ta'lim vazirligining Janubiy

federal universiteti hamkorligida “Tasviriy san’at va muxandislik grafikasi, kompyuter grafikasi va dizayn fanlarini integratsiyalashni muammo va yechimlari” mavzusida Xalqaro miqyosida ilmiy-texnik anjuman 10.05.2021 y. B 154-157.

17. D.F. Kuchkarova, B.S. Ismatov, A.M. Xodjayeov “The role of computer graphic software in the application of geometric modelling methods” Innovation 2021 Xalqaro ilmiy anjuman. Pp 73-75.

18. D.F. Kuchkarova, Sh.G‘.Suyunov, B.S. Ismatov INNOVATION-2022” XXVI xalqaro ilmiy-amaliy anjumani. UDK: 330.341 ISBN 978-9943-8616-9-5 Toshkent-2022, B 120-122.

19. D.F. Kuchkarova, B.S. Ismatov “Geometrik modellashtirish usullarini qo‘llashda kompyuter grafik dasturlarning roli (gidrotexnik inshootlar misolida)” “Tasviriy san’at va muhandislik grafikasi fanlarining zamonaviy grafik dasturlar yordamida o‘qitish istiqbollari” Respublika ilmiy-texnik anjumani 25-iyun Termiz 2021 B 10-11.

20. D.F. Kuchkarova, B.S. Ismatov “Gidrotexnika inshootlarini loyihalashda zamonaviy kompyuter texnologiyalaridan foydalanib geometrik modellashtirish usullarini qo‘llash” TIQXMMI “Qishloq va suv xo‘jaligining zamonaviy muammolari” mavzusidagi an‘anaviy XX - yosh olimlar, magistrantlar va iqtidorli talabalarning ilmiy - amaliy anjumani Toshkent 2021-yil, 25 – 26 may B 592-595.

21. Ismatov B., Suyunov Sh., Xodjayeov A. “Gidrotexnika inshootlarini loyihalash jarayoniga geometrik modellashtirish usullarini qo‘llash algoritmi” “TIQXMMI” MTU “Qishloq va suv xo‘jaligining zamonaviy muammolari” mavzusidagi an‘anaviy XXI - yosh olimlar, magistrantlar va iqtidorli talabalarning ilmiy - amaliy anjumani Toshkent 2022-yil, 12 – 13 may B 732-736.

22. Ismatov Baxtiyor Sa‘dulla o‘g‘li, Radjabova Shaxnoza Axmatovna “Gidrotexnika inshootlari loyahasini tanlash jarayonida modellashtirish usullarini qo‘llash algoritmlari” “TIQXMMI” MTU “Qishloq va suv xo‘jaligining zamonaviy muammolari” mavzusidagi an‘anaviy XXII - yosh olimlar, magistrantlar va iqtidorli talabalarning ilmiy - amaliy anjumani Toshkent 2023-yil, 12 – 13 may B 686-691.

23. Kuchkarova D.F., Ismatov B.S. va Suyunov Sh.G‘. “Gidrotexnik inshootlarni loyihalashning umumiy algoritmlari va ularga qo‘yiladigan sifat ko‘rsatkichlari asosida maqbul loyihani tanlash” TIQXMMI” MTU “Qishloq va suv xo‘jaligining zamonaviy muammolari” mavzusidagi an‘anaviy XXIII - yosh olimlar, magistrantlar va iqtidorli talabalarning ilmiy – amaliy anjumani Toshkent 2024-yil, 10 – 11 may. B 429-432.

24. Kuchkarova D.F., Suyunov Sh.G‘. va Ismatov B.S. “Gidrotexnika inshootlarini loyihalash jarayonining umumiy sifat ko‘rsatkichlari” TIQXMMI” MTU “Qishloq va suv xo‘jaligining zamonaviy muammolari” mavzusidagi an‘anaviy XXIII - yosh olimlar, magistrantlar va iqtidorli talabalarning ilmiy – amaliy anjumani Toshkent 2024-yil, 10 – 11 may. B 433-437.

25. Kuchkarova D.F., Suyunov Sh.G‘., Ismatov B.S. “Gidrotexnika inshootlari loyihalash jarayonida sifat ko‘rsatkichlari nazoratini avtomatlashtirishda kvalometriya usullarini qo‘llash” Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti“ Jaxonda standartlashtirish va texnik jihatdan tartibga solish holati va

rivojlanish istiqbollari” II XALQARO ANJUMAN Toshkent 2024 y. 14-15-oktyabr. B 121-127.

26. Ismatov B.S. “Gidrotexnika inshootlari loyihasini tuzishning avtomatlashtirilgan algoritmlari” “Tasviriy san’at va muhandislik grafikasi ta’limi yo‘nalishi Pedagog kadrlar tayyorlash sifat va samaradorligini oshirish: Innovatsiya va ilg‘or tajribalar” respublika ilmiy-amaliy anjumani Toshkent 2024-yil 12-noyabr B 63-67.

27. Ismatov B.S. “Automation of surface complexity assessment algorithms in designing hydrotechnical constructions” Journal of technical science ISSN 2181-9696 №1 (2024) DOI Journal <http://dx.doi.org/10.26739/2181-9696-2024-1> Pp 41-45.

28. Kuchkarova Dilarom Fayzullayevna, Ismatov Baxtiyor Sa’dulla o‘g‘li “Gidrotexnika inshootlarini loyiha chizmasini tuzishning avtomatlashtirilgan algoritmlari” O‘zbekiston Respublikasining elektron mashinalari uchun yaratilgan dastur № DGU 39885

29. Kuchkarova Dilarom Fayzullayevna, Ismatov Baxtiyor Sa’dulla o‘g‘li “Gidrotexnika inshootlarini loyiha chizmasida yer gorizontallari chizishning avtomatlashtirilgan algoritmlari” O‘zbekiston Respublikasining elektron mashinalari uchun yaratilgan dastur № DGU 39884

Avtoreferat "IRRIGATSIYA VA MELIORATSIYA" ilmiy jurnali
tahririyatida tahrirdan o'tkazildi va o'zbek, rus, ingliz(rezyume) tillaridagi
matnalari mosligi tekshirildi: _____ 2025 y.

"Izzigatsiya va Melioratsiya" ilmiy jurnalining
muharriri

Asloj I.S. Khodjaev

14/5-2025 y.

