

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA’LIM, FAN VA
INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI
SHAROF RASHIDOV NOMIDAGI SAMARQAND DAVLAT
UNIVERSITETI INTELLEKTUAL TIZIMLAR VA KOMPYUTER
TEXNOLOGIYALARI FAKULTETI**

“Tasdiqlayman”
Intellektual tizimlar va kompyuter
texnologiyalari fakultet dekani
_____ F.M.Nazarov
“ _____ ” _____ 2024 y.

SUN’IY INTELLEKT VA AXBOROT TIZIMLARI KAFEDRASI

MUHAMMADIYEV BAHROMJON SADRIDDIN O‘G‘LI

**SIGNALLARNI NATURAL KUBIK SIPLAYIN MATEMATIK MODEL
ASOSIDA RAQAMLI ISHLASH ALGORITMI VA DASTURIY VOSITASINI
ISHLAB CHIQISH**

**5330600 – “Dasturiy injiniring” ta’lim yo‘nalishi bo‘yicha bakalavr darajasini
olish uchun**

BITIRUV MALAKAVIY ISHI

Ilmiy rahbar
ass.L.Ya.Xuramov

_____ 2024 y.

“Himoyaga tavsiya etiladi”
“Sun’iy intellekt va axborot tizimlaru”
kafedrası mudiri
_____ PhD. A.E.Rashidov
“ _____ ” _____ 2024 y.

SAMARQAND-2024

MUNDARIJA

	KIRISH.....	2
I BOB.	SIGNALLARGA RAQAMLI ISHLOV BERISHDA QO‘LLANILADIGAN SPLAYN USULLARINING TAHLILI.....	5
1.1-§.	Signallarga raqamli ishlov berishning tahlili	5
1.2-§.	Geofizik signallarga raqamli ishlov berishning zamonaviy usullari tahlili	11
1.3-§.	Signallarga raqamli ishlov berishda kubik splaynlar.....	20
	I bob bo‘yicha xulosalar.....	25
II BOB.	GEOFIZIK SIGNALLARNI SPLAYIN USULIDA RAQAMLI ISHLASH ALGORITMLARI	26
2.1-§.	Geofizik signallarga raqamli ishlov berishda splayn funksiyasini qurishning matematik modeli.....	26
2.2-§.	Kubik splayn usuli asosida geofizik signallarga raqamli ishlov berish algoritmi	38
2.3-§.	Geofizik signallarni kubik splayn funksiyalar asosida raqamli ishlashning dasturiy vositasini ishlab chiqish.....	43
2.4-§.	II bob bo‘yicha xulosalar.....	53
	XULOSA.....	54
	ILOVALAR.....	55
	FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI.....	56

KIRISH

Bitiruv malakaviy ishining dolzarbligi va zarurati. Bugungi kundagi ilmiy izlanishlarning hozirgi bosqichini o'ziga xos xususiyati ularni zamonaviy kompyuter texnologiyalari asosida, ulkan hajmli ma'lumotlarga ishlov berish yo'llari orqali takomillashtirishdir. Ayniqsa axborotni o'z vaqtida va samarali raqamli ishlashni ta'minlaydigan yangi usul va algoritmlar yaratilishi katta ahamiyatga ega. Dunyoning keng sohalarida ishlatiladigan hisoblash tizimlariga qo'yiladigan yuqori talablar signallarni raqamli ishlashning yangi usullari va algoritmlarini ishlab chiqish dolzarb muammolardan hisoblanadi. Kommunikatsiya texnologiyalarining rivojlanishida signallarni tiklash, splaynlar bo'lakli funksiyalar sinfi sifatida hisoblashlarning kamligi, raqamli ishlash algoritmlarining moslashuvchanligi, optimal differensial va ekstremal xossalari, parametrlarini hisoblashning soddaligi, xatoliklarning yaxlitlashga ta'sir darajasining pastligi tufayli signallarga raqamli ishlov berishning algoritmlarini yaratishda asosiy matematik vositalardan biri hisoblanadi. Ushbu yo'nalishda jahonning rivojlangan mamlakatlarida, jumladan AQSh, Rossiya federatsiyasi, Xitoy, Janubiy Koreya, Germaniya va Yaponiya davlatlarida signallarga raqamli ishlov berish texnologiyalari hamda signallarni tahlil qilish va tiklash masalalarida qayta ishlash va splayn-funksiyalar usullarini takomillashtirish ustida jadal tadqiqot ishlari olib borilmoqda.

Shuningdek O'zbekistonda M.M. Musaev, X.N. Zaynidinov, O'R. Xamdamov, O.U. Mallaev, B.R. Azimovlar tomonidan ko'p yadroli protsessorlarda ma'lumotlarga ishlov berish jarayonlarini parallel algoritmlar yordamida unumdorligini oshirishga bag'ishlangan ilmiy tadqiqotlar olib borilgan. Bundan tashqari splayn-funksiyalar va ular asosida yaqinlashish masalalarini yechish usullarini tadqiq etish bo'yicha xorijiy olimlar: I.J. Shyonberg, C.de Boor, J.L. Holladay, Dj. Alberg, E. Nilson, Dj. Uolsh, S.B.Stechkin, Yu.N. Subbotin, L.L. Schumaker, B.D., Yu.S. Zavyalov, B.I. Kvasov, V.L.Miroshnichenko, V.S. Ryabenkiy, A.I. Grebennikov va boshqa

chet ellik olimlar tomonidan ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilgan. O'zbekistonda ushbu yo'nalishda M.I. Isroilov, X.N. Shodimetov, A.R. Hayotov, S.A. Baxromov kabi bir qator olimlar tomonidan ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilgan. Masalaning qo'yilishi.

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

Tadqiqotning o'rganilganlik darajasi. Xorijiy va yurtimiz olimlari tomonidan signallarni raqamli ishlov berish, ularning tabiiy va sun'iy, ichki va tashqi xalaqitlardan tozalash va qayta tiklash, asl signalni ajratib olish, to'g'ri tashxislash bo'yicha ko'plab tadqiqotlar olib borilmoqda. Shunday tadqiqotlarni quyidagi olimlarning ilmiy izlanishlarida ko'rish mumkin. Raqamli signallarga ishlov berishda uning nazariy va amaliy rivojlanishida statsionar bo'lmagan signallarni qayta ishlash va siqishning uzatish hamda splayin modellarida signallarga raqamli ishlov berish bo'yicha samarali algoritm masalalari bilan xorijda J.Morlet, A.Grossman, I.Meer, S.Malla, G.Lam, J.Clellan, A.Oppenxaymlar tadqiqotlar olib borgan. Veyvletlar tahlilining rivojlanishi bo'yicha A.Haar, I.Daubechi, Yu.Zavyalov, C.Chui, V.Vasilenko, S.Svinin, S.Stechkin, Yu.Subbotin, V.Miroshnichenko, A.Grebennikov, P.Shukla, O.Zenkevich, D.Singh, Dj.Fiks, U.Michael, G.Streng va boshqa olimlar tomonidan ilmiy-tadqiqotlar olib borilgan.

Shuningdek, O'zbekistonda M.Musayev, Sh.Fozilov, X.Zaynidinov, U.Xamdamov, X.Shodimetov, J.Jurayev signallar va tasvirlarga raqamli ishlov berish bo'yicha tadqiqotlarga katta hissa qo'shib kelmoqda. Bugungi kunda olimlar tomonidan geofizik signallarni raqamli ishlash bo'yicha geologiya sohalarida turli tadqiqot ishlari olib bormoqdalar. Shunday bo'lsada, geofizik signallar va tasvirlarni raqamli ishlashda optimal boshqarish, samarali filtrlash usul va algoritmlarini ishlab chiqish hamda takomillashtirish muammosi yetarli darajada o'rganilmagan.

Tadqiqotning maqsadi geofizik signallarni kubik splayin usuli asosida raqamli ishlov berish algoritmlari va dasturiy vositasini ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

Signallarni raqamli ishlashning tizimli tahlil qilish;

geofizik signallarni kubik splayin usulida raqamli ishlashning modellashtirish;

geofizik signallarni kubik splayin usulida raqamli ishlov berish algoritmini ishlab chiqish;

kubik splayin usuli asosida geofizik signallarning raqamli ishlashning dasturiy vositasini ishlab chiqish.

Tadqiqotning obyekti. Geofizik signallar raqamli ishlov berish jarayoni qarab o'tilgan.

Tadqiqotning predmeti. Geofizik signallarni raqamli ishlov berish va ularni aniqligini oshirishning algoritmlari belgilab olingan.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqot davomida matematik modellashtirish, funksional tahlil, Splayin usullari, vektorli va matritsali hisoblash, signallarga raqamli ishlov berish nazariyasi, sonli hisoblash usullari va dasturlash texnologiyalaridan foydalanilgan.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot ishida olingan natijalarining ilmiy ahamiyati ishlab chiqilgan hisoblashning matematik modellari, usullari va algoritmlari, geofizik signallarni raqamli ishlashda Splayin usulining koeffitsiyentlarini hisoblash algoritmlarini ishlab chiqish bilan izohlanadi. Tadqiqot ishida olingan natijalarining amaliy ahamiyati tez hisoblash algoritmi yordamida geofizik signallarga raqamli ishlov berish orqali uning silliqlik ko'rsatkichi yaxshilanishi va aniqlik ortish algoritmlari asosida ishlab chiqilgan dasturiy vosita bilan izohlanadi.

Natijalarining aprobatsiyasi. Natijalari 2 ta respublika anjumanlarda muhokamadan o'tkazilgan hamda 1 ta EHM uchun yaratilgan dasturiy vositalarni qayd qilish guvohnomalari olingan.

I-BOB. SIGNALLARGA RAQAMLI ISHLOV BERISHDA QO‘LLANILADIGAN SPLAYN USULLARINING TAHLILI

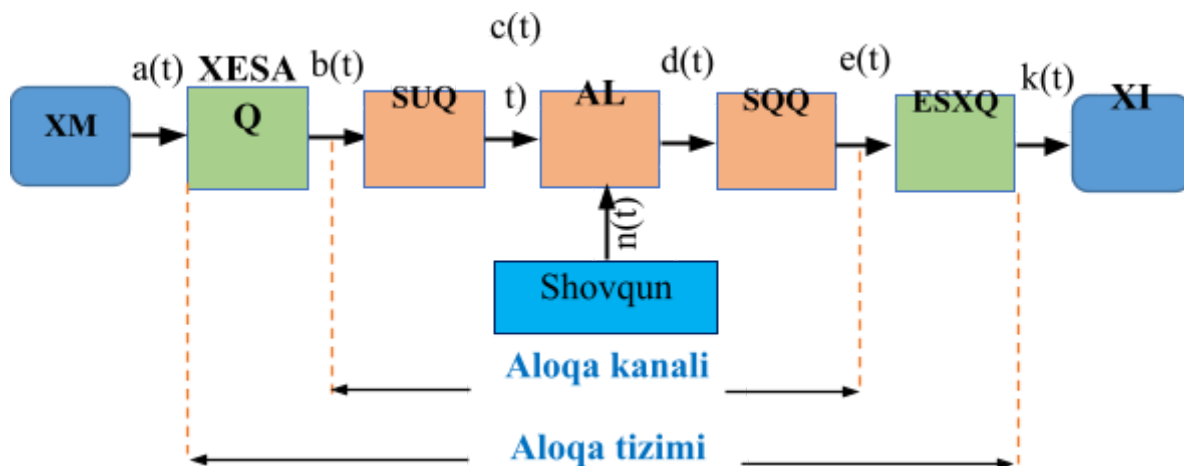
Mazkur bobda signallarga raqamli ishlov berish, saqlash va qayta haqida so‘z yuritilgan. Geofizik signallarga raqamli ishlov berishga oid tadqiqotlar tahlili natijalari hamda ularni saqlash, qayta ishlash masalasining o‘rganilganlik darajasi tizimli tahlili keltirilgan. Shu bilan birga geofizik signallarga raqamli ishlov berishda splayn usullari va ularning samaradorlik ko‘rsatkichlari tahlili keltirilgan.

1.1-§. Signallarga raqamli ishlov berishning tahlili

Bugungi kunda axborot va telekommunikatsiya texnologiyalarini rivojlantirish istiqbollarini muvaffaqiyatli amalga oshirish ko‘p jihatdan haqiqiy vaqt rejimida ma’lumotlarni ishlab chiqish, qabul qilish, uzatish va raqamli ishlov berish muammolarini hal qilishga asoslanadi. Bu ko‘pincha mutlaq raqamli aloqa tizimlari uchun zarur. Murakkab algoritmlarni haqiqiy vaqtda amalga oshirish, o‘z navbatida, tegishli texnik resurslardan tejamkorlik bilan foydalanadigan samarali asosiy algoritmlardan (spektral tahlil, filtrlash va signal sintezi) foydalanishni talab qiladi. Signallarga raqamli ishlashning vazifalari orasida ularni aloqa kanallari orqali uzatishda ishlov berish usullari, shuningdek uzatiladigan signallarni past buzilish bilan siqish va tiklash alohida ahamiyatga ega [2; 1-2-b., 5; 5-7-b.].

Hozirgi vaqtda jahonda signallarga raqamli ishlov berishda samarali hisoblash usullari, turli xil algoritmlar va dasturiy majmualarning matematik modellarini yaratishga katta e’tibor qaratilmoqda. Signallarga raqamli ishlov berishdan asosiy maqsad foydali axborotlarni ajratib olishdan iborat. Ushbu jarayonda signallarni uzatish ularning determinant funksiyalar orqali ifodalanuvchilariga nisbatan sodda matematik modellar bilan bir qatorda signallar tabiiy, sun’iy xalaqitlarga tasodifiy jarayonlar nuqtayi nazaridan qaratiladigan modellar va algoritmlardan foydalaniladi.

Raqamli signallarga ishlov berish maxsus tizimlarda amalga oshiriladi. Ushbu jarayonni 1.1.1-rasmda umumiy ko‘rinishdagi aloqa tizimining strukturaviy sxemasi keltirilgan.



1.1.1-rasm. Aloqa tizimining strukturaviy sxemasi

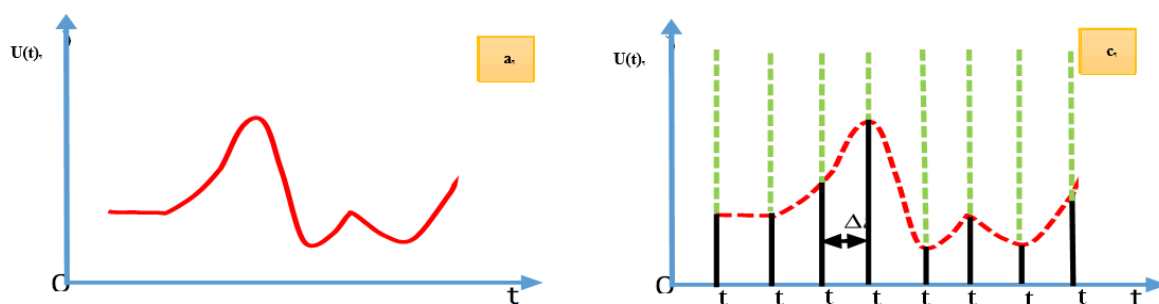
Ushbu sxema quyidagilarni o‘z tarkibida oladi: xabar manbai (XM), xabarni elektr signalga aylantirish qurilmasi (XESAQ), signal uzatish qurilmasi (SUQ), aloqa liniyasi (AL), signal qabullash qurilmasi (SQQ), elektr signalni xabarga aylantirish (ESXQ) qurilmasi va xabar iste’molchi (XI) dan iborat. Bu yerda $a(t)$ – uzatilgan xabar; $b(t)$ – birlamchi elektr signali; $c(t)$ – aloqa liniyasi orqali uzatiladigan signal; $n(t)$ – xalaqit; $d(t)$ – signal va xalaqit; $e(t)$ – signal qabullash qurilmasi chiqishidagi signal; $k(t)$ – qabul qilingan xabar [2; 12-17-b., 9; 11-14-b.].

Har qanday bir o‘lchamli signallarni $b(t)$ vaqt funksiyasi sifatida ifodalash mumkin. Signallarni vaqt funksiyasi sifatida quyidagi turlarga ajratish qabul qilingan:

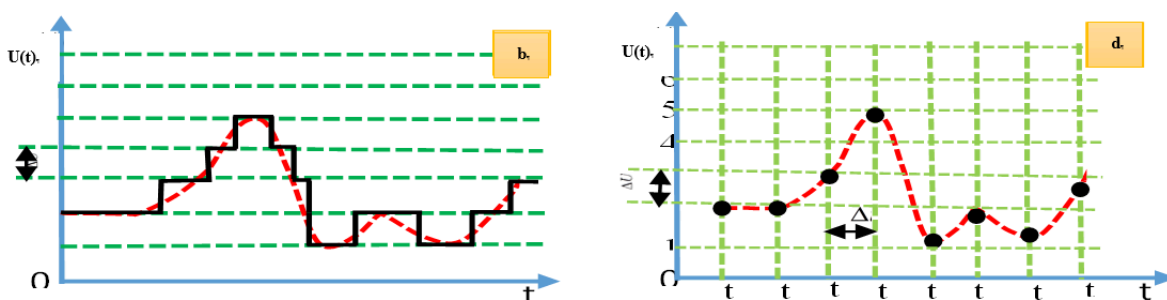
- vaqt va sath bo‘yicha uzluksiz signal;
- vaqt bo‘yicha diskret va sath bo‘yicha uzluksiz signal;
- vaqt bo‘yicha uzluksiz va sath bo‘yicha diskret signal;
- vaqt va sath bo‘yicha diskret signal.

Vaqt va sath bo‘yicha uzluksiz signallar vaqt bo‘yicha chegaralangan yoki chegaralanmagan bo‘lib, sathi ma’lum bir oraliqdagi qiymatlarni qabul qiladi (1.1.2a-rasm). Bunday signallarga mikrofon, temperatura o‘lchagich, bosim o‘lchagich va boshqa shunga o‘xshash asboblarning chiqishidagi signal misol bo‘ladi.

Bu signallar fizik kattaliklarning elektrik modellari bo‘lganligi, unga mos ravishda o‘zgargani uchun bunday signallar “analog” (o‘xshash, mos) signallar deb ataladi. 1.1.2b-rasmda keltirilgan signallar vaqt bo‘yicha diskret $t = k\Delta t$ (Δt – diskret vaqt oralig‘i bir xil qiymatli va turlicha bo‘lishi mumkin) va sath bo‘yicha ma’lum bir oraliqdagi har qanday qiymatlarga teng bo‘lishi mumkin. Bunday signallarni uzluksiz signallarning har bir Δt vaqt oralig‘ida qiymatlarini belgilash orqali olish mumkin. Bu jarayon vaqt bo‘yicha diskretlash deb ataladi. Odatda diskretlash oralig‘i Δt bir xil qilib, uzluksiz signalni uning vaqt bo‘yicha diskret oniy qiymatlari orqali qayta tiklash aniqligiga bo‘lgan talabga asosan tanlanadi. 1.1.2d-rasmda keltirilgan uchinchi tur signallar sath bo‘yicha diskretlangan – kvantlangan bo‘lib, u $k\Delta t$ yoki ma’lum bir uzluksiz vaqt t da ma’lum bir diskret qiymatga ega bo‘ladi. Kvantlash natijasida



1.1.2a-rasm. Signallarning turlari: a) – uzluksiz signal; c) – diskret signal;



1.1.2. b-rasm. Signallarning turlari: b) – kvantlangan signal, d) – vaqt va sath bo‘yicha diskret signal;

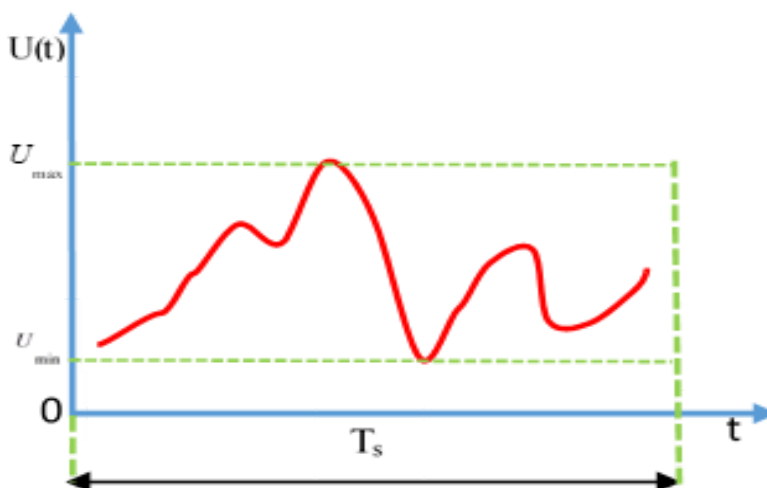
Signal sathining oniy qiymati unga eng yaqin bo‘lgan, ruxsat etilgan sath qiymati bilan almashtiriladi. Natijada, zinasimon signal hosil bo‘ladi.

Ikki eng yaqin ruxsat etilgan oraliq kvantlash oralig'i (qadami) deb ataladi va u odatda ΔU bilan belgilanadi. Kvantlash oralig'i bir xil yoki turlicha qilib tanlanishi mumkin. Kvantlash oralig'i bir xil bo'lgan signalni qayta tiklashda yuzaga keladigan absolyut xatolik $\Delta U/2$ ga teng bo'ladi. Ma'lum bir davomiylikka ega bo'lgan uzluksiz signalni kvantlash natijasida hosil bo'ladigan xatolikning o'rtacha kvadratik qiymati $\Delta U/12$ ga teng bo'ladi. Odatda ΔU – uzluksiz signalni uning kvantlangan qiymatlari asosida qayta tiklash aniqligiga bo'lgan talabga asosan tanlanadi. To'rtinchi tur signallar ma'lum diskret vaqt $k\Delta t$ larda ($k = 0, 1, \dots, n$) ma'lum bir diskret qiymatni qabul qiladi. Bunday signallar uzluksiz signallarni vaqt bo'yicha diskretlash va sath bo'yicha kvantlash natijasida olinadi. Vaqt va sath bo'yicha diskret signalning qiymati kvantlash oralig'i ΔU ga bog'liq bo'lib, kvantlash natijasida umumiy holda ruxsat etilgan N ta oniy qiymatlardan birini qabul qiladi. Kvantlangan signal sathini ketma-ket butun sonlar bilan belgilab, bu sonlarni odatda ikkilik signal 1 va 0 lardan iborat signal bilan almashtirib, aloqa kanali orqali uzatiladi ta'minlaydi [6; 3-5-b.]. Kvantlangan signalning oniy qiymatlarini diskret elementar signallar (odatda 1 va 0) bilan almashtirish natijasida hosil bo'lgan signal raqamli signal deb ataladi. Vaqt funksiyasi bo'lgan signal $u(t)$ haqiqiy yoki kompleks qiymatga ega bo'lishi mumkin. Shuning uchun signallarning haqiqiy va kompleks matematik modellari mavjud. Signallar tasodifiy (o'zgarish qonuniyati avvaldan ma'lum emas) va determinant (o'zgarish qonuniyati avvaldan ma'lum) turlarga bo'linadi. Har qanday $k\Delta t$ yoki t vaqtda qiymatlari avvaldan birga teng ehtimollik bilan ma'lum bo'lgan signallar determinant signallar deb ataladi. Har qanday $k\Delta t$ yoki t vaqtda qiymatlarini avvaldan birga teng ehtimollik bilan aniqlab bo'lmaydigan signallar tasodifiy signallar deb ataladi [24; 2-5-b., 28; 10-14-b.]. Axborot tashuvchi hamma signallar tasodifiy signallar hisoblanadi. O'zgarish qonuni avvaldan ma'lum bo'lgan signallar hech qanday axborot tashish imkoniyatiga ega emas. Aloqa kanali orqali uzatmasdan determinant signallarni shakllantirish mumkin. Turli radiotexnik funksional qism, qurilma va tizimlarni sinovdan o'tkazishda determinant signallardan foydalaniladi. Turli chiziqli, nochiziqli va parametrik

radiotexnik zanjirlarni tahlil etishda, tadqiqot ishlari olib borishda foydalaniladi [22; 2-5-b., 19; 8-10-b., 15; 7-9-b., 25; 3-7-b.]

T_s vaqtda har qanday signal ma'lum bir davomiyligida uzatiladi

(1.1.3-rasm). T_s vaqt oralig'ida signal o'zining eng kichik oniy qiymati U_{min} bilan eng katta oniy qiymati U_{max} oralig'ida o'zgaradi. U_{max} signalning eng katta qiymati uning U_{min} eng kichik qiymatiga nisbati, ya'ni $\frac{U_{max}}{U_{min}} = D_s$ signal dinamik diapazoni deb ataladi. T_s vaqt davomida o'zining U_{max} qiymatidan U_{min} qiymati oralig'ida signallar tez va sekin o'zgaradi. O'zgarish tezligi signalning spektri kengligi F_s ga bog'liq, ya'ni keng spektrli signal tor spektrli signalga nisbatan tez o'zgaradi va aksincha (1.1.3-rasm).



1.1.3-rasm. Uzlaksiz signal

Shunday qilib signal asosan uchta ko'rsatkichi bilan baholanadi:

- T_s – signal davomiyligi;
- D_s – signal dinamik diapazoni;
- F_s – signal spektri kengligi.

Yuqoridagi uch ko'rsatkichlarining ko'paytmasi signalning hajmini beradi.

$$T_s \cdot F_s \cdot D_s = V_s \quad (1.1.1)$$

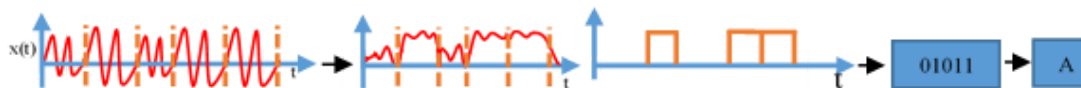
Diskretlash natijasida qabul qilingan kodlar asosida xabar qayta tiklanadi (1.1.4-rasm).



1.1.4-rasm. Diskret xabarni signalga aylantirish

Diskret xabarni signalga aylantirish qurilmasi dekoder deb ataladi.

$x(t)$ signalni xabarga aylantirish jarayoni 1.1.5-rasmda tasvirlangan.



1.1.5-rasm. $x(t)$ signalni xabarga aylantirish

Ilmiy tadqiqotlarda signallarning turlariga qarab, ularning o'ziga xos xarakteristikalaridan foydalaniladi 1.1.1 jadvalda ularning ayrimlari keltirilgan.

1.1.1-jadval

Ba'zi turdagi signal xususiyatlari

Signal turi	Kelib chiqish manbalari	Xarakteristikalar
Seysmik	Zilzilalar, silkinishlar, vulqon otilishlari va boshqa yer osti hodisalari natijasida hosil bo'ladigan to'liqlar	turdagi (P – bo'ylama, S – ko'ndalang) past chastotali (2-50 Gs), katta amplitudali (bir necha metrgacha) mexanik tebranishlar, past chastotali tovush to'liqlari, elektromagnit to'liqlar hosil qiladi.

Biomeditsina	Tirik organizmlarda dinamik jarayonlar natijasida hosil bo'ladigan, miqdorini qandaydir usullar bilan o'lchash mumkin bo'lgan har qanday signallar.	Elektrik, tovushli, elektromagnit, harorat, optik, kimyoviy, mexanik tebranishlar bo'lishi mumkin. Deyarli davriy emas, tasodifiy, o'zgaruvchan. Signallar kuchsiz. Tashqi ta'sirlarga beriluvchan. Kuchaytirish va filtrlashni talab qiladi.
Radio	Yuqori chastotali elektromagnit signali bo'lib, tarkibida yuqori chastotali tashuvchi signal va past chastotali xabar signallari mavjud bo'ladi.	Keng chastotalar (3 TGs gacha) va amplitudalar (yuzlab Db gacha) diapazoniga ega. To'lqin tabiati – uzluksiz.

Axborot oqimlari sifatida signallarning ko'plab yangi shakllarini joriy etmoqda (masalan, multimedia yangiliklari eshittirishlari va hoka zo). Signallarni hisoblash mashinalari va tizimlari yordamida qayta ishlash uchun ular raqamlashtiriladi.

1.2-§. Geofizik signallarga raqamli ishlov berishning zamonaviy usullari tahlili.

Geofizik signalning asosiy maqsadi geologik yoki g'arbiy muhitni o'rganishda yordam berishdir. Bu signal muhitni o'rganishda ko'p turlarda qo'llaniladi, masalan, yer osti qatlamlarini, neft va gaz maydonlarini aniqlash, suv rezervuarlarini aniqlash, shuningdek g'arbiy muhitning o'zgarishlarini kuzatish uchun [27; 1-3-b., 29; 5-7-b., 31; 2-5-b., 32; 9-12-b.]. Geofizik signal odatda ko'p turlarda elektrik, magnit, gravitatsiya va seysmik signal turlarini o'z ichiga oladi.

Bunday signal turlari geofizik hodisalarni o'rganishda va suv, gaz yoki neft maydonlarini aniqlashda qo'llaniladi. Misol uchun, seysmik signal, yer ostida voqealar paydo bo'lganda va shuningdek shakli, qatlam kalibrlari va boshqa g'arbiy tuzilmalari haqida ma'lumotlar olish uchun qo'llaniladi. Magnetik signal, yer ostidagi magnetik maydonni o'rganishda yordam beradi. Elektrik signal, yer ostidagi elektrik maydonni o'rganish uchun yordam beradi. Bu signal turlari laboratoriya usullariga ko'ra ushbu ma'lumotlarni olish uchun, asosan maydonlar yoki muhitni o'rganishda qo'llaniladi. Geofizik signalning istiqbolli yashashini ta'minlash, yer ostidagi g'arbiy tuzilmalarni tushunish, uning yaxshi rivojlanishini ta'minlash va turli sohalar uchun foydali bo'lishi mumkin. Geofizik signal, geologik va g'arbiy muhitni o'rganish uchun qo'llaniladigan qurilmalar va usullar jamiyatini ifodalovchi umumiy bir terminologiyadir. Geofizik hodisalarni tushunish va muhitning tuzilishi haqida ma'lumot olish uchun bu usullar juda keng qo'llaniladi.

Seysmik Geofizika: Bu geofizik hodisa oqibatlari, yer ostidagi mexanik osilatsiyalar, ya'ni zilzilalar yoki seysmik dala yordamida tushuniladi. Seysmik signalning o'zining echolari (seysmik dalalar) orqali yer ostidagi qatlamlar va g'arbiy tuzilishni tushunishga yordam beradi. **Magnetik Geofizika:** Bu usulda, yer ostidagi magnetik maydon va uning o'zgarishlari o'rganiladi. Magnetik signalni olish uchun magnitometrlar yoki magnitometrlik qurilmalar qo'llaniladi. Bu usul, yer ostidagi g'arbiy mineral tarkibini, qatlamlarni va geologik stratigrafiyani tushunish uchun yordam beradi [30; 3-5-b., 33; 1-4-b., 34; 3-7-b., 35; 11-14-b.]. **Gravitatsion Geofizika:** Bu usulda, yer ostidagi gravitatsion maydon o'rganiladi. Bu, yer ostidagi massiv qatlamlarning o'zgarishlarini aniqlashda yordam beradi. Gravitatsion signalni olish uchun gravimetriya qurilmalari qo'llaniladi. **Elektrik Geofizika:** Bu usulda, elektrik signal yordamida yer ostidagi elektrik maydon va uning o'zgarishlari o'rganiladi. Bu usul, suv, gaz yoki neft maydonlarini aniqlash, qatlamlarni tushunish va geologik maydonlar haqida ma'lumot olishda qo'llaniladi.

Geofizik signal olinish jarayoni signal turlariga qarab o'zgaradi, ammo umumiy ravishda quyidagi bosqichlardan o'tadi:

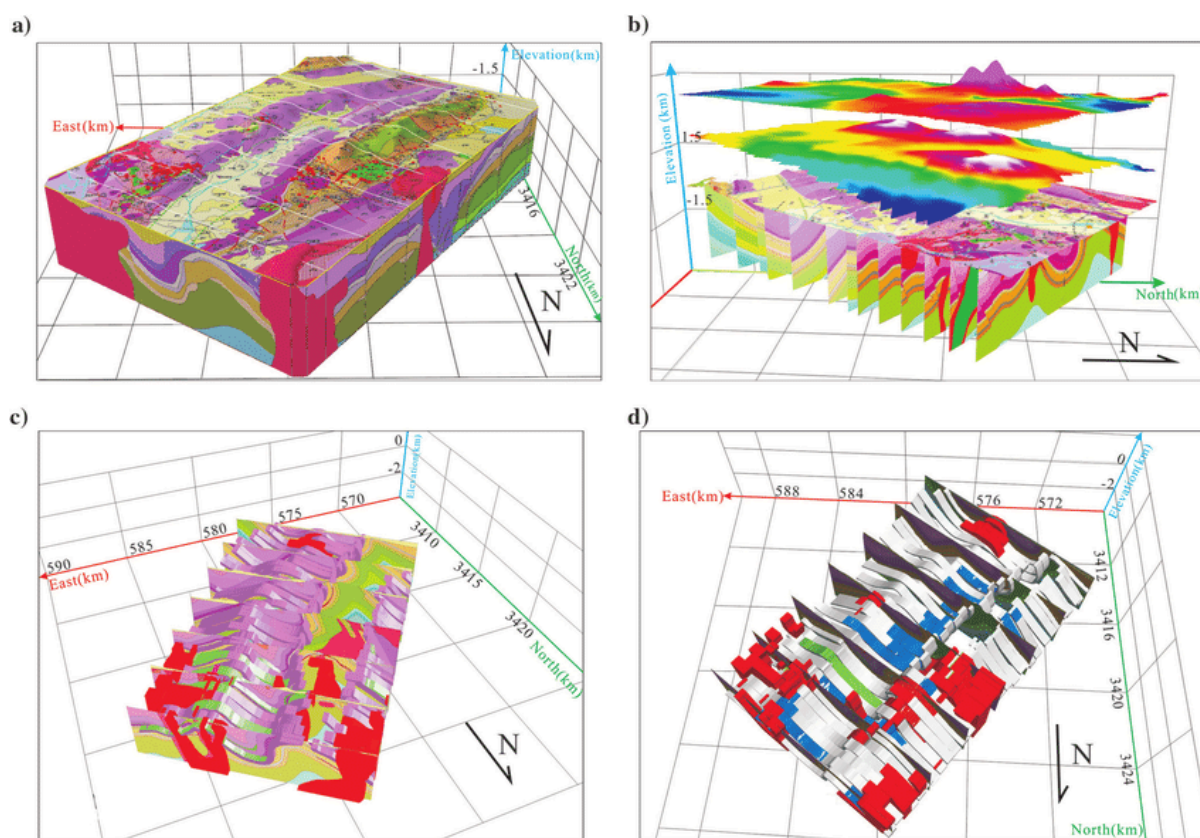
Ko'rib chiqish-geofizik hodisalarni tushunish uchun birinchi qadam, hodisalarni ko'rib chiqish va aniqlashdir. Bu hodisalar ko'p turlarda bo'lishi mumkin, masalan, yer ostidagi zilzilalar, magnetik maydonning o'zgarishlari yoki gravitatsion maydonning o'zgarishlari [36; 3-5-b., 39; 5-7-b., 40; 4-6-b., 38; 3-8-b.]. Ko'rib chiqish jarayonida, hodisalarni olish uchun moslashtirilgan qurilmalar yoki asboblari, masalan, seysmograf, magnitometr yoki gravimetriya qurilmalari qo'llaniladi;

Ma'lumotlarni to'plash- ko'rib chiqilgan hodisalar to'planganidan so'ng, ularni ta'minlash va saqlash lozim. Bu ma'lumotlar elektronik qurilmalar yoki sensorlar orqali olingan bo'lishi mumkin. Ko'rib chiqilgan ma'lumotlar odatda kompyuterlar yoki boshqa ma'lumotlar tahlil qilish usullari orqali saqlanadi;

Ma'lumotlarni tahlil qilish-olingan ma'lumotlar tahlil qilinishi va interpretatsiyasi, hodisalar haqida ma'lumot olishda juda muhimdir. Bu jarayon, hodisalarni tushunish va aniqlashda juda katta rolni o'ynaydi. Tahlil qilingan ma'lumotlar asosan matematik modellar, statistik va fizikadan foydalanib tushuniladi;

Natijalarni taqdim etish-tahlil qilingan ma'lumotlar natijalarga aylanadi va ular hodisalarni o'rganishning oqibatlari haqida ma'lumot beradi. Bu natijalar odatda ma'lumotlar bazasida saqlanadi va taqdim etiladi, masalan, geologik xaritada yoki boshqa vizualizatsiyalarda ko'rsatiladi;

Bu jarayonlar odatda geofizik hodisalarni tushunish va aniqlash uchun amalga oshiriladi va ularga qo'llaniladi. Har bir bosqichda, hodisa turlariga moslashtirilgan ma'lumotlar olinadi va ularni interpretatsiya qilish va natijalarga olib borish amalga oshiriladi.



1.2.1 Zondlash orqali olingan geofizik signallar.

Bugungi kunda Geofizik signallarni raqamli ishlashdan maqsad turli o'zgartirishlar orqali ularni sifatli uzatish, saqlash va foydali axborotlarni ajratib olishdan iborat [43; 2-7-b., 45; 3-9-b., 46; 5-9-b., 47; 11-14-b.]. Shuningdek hozirgi kunda signallarga raqamli ishlov berishda matematik modellar, samarali algoritmlar va dasturiy vositalarni ishlab chiqishga yo'naltirilgan ilmiy izlanishlar jahonning yetakchi ilmiy markazlari va oliy ta'lim muassasalarida, ilmiy izlanishlar olib borilmoqda jumladan Harvard University (AQSh), Concordia University (Kanada), Imperial College London (Buyuk Britaniya), South Westphalia University of Applied Sciences (Germaniya), Cambridge University (Buyuk Britaniya), Nanyang Technological University (Singapur), Korean Advanced Institute of Science and Technology (Janubiy Koreya), Vellore Institute of Technology (Hindiston), Universiti Sains Malaysia (Malayziya), Ain Shams University (Misr), Moskva davlat universiteti (Rossiya Federatsiyasi), Toshkent axborot texnologiyalari universiteti (O'zbekiston)da keng qamrovli ilmiy tadqiqot ishlari olib borilmoqda.

Geofizik signallarni qayta ishlash - bu kompyuterlardan foydalanish orqali olingan signalni filtrlar, algoritmlar va transformatsiyalar yordamida manipulyatsiya qilishga qaratilgan usul bo'lib, kerakli signalni vaqt va chastota sohalarida aniqroq qilishdir. Geofizik signallarni qayta ishlashning ikkita asosiy maqsadi mavjud: signal shovqin nisbatini yaxshilash, geologik va geofizik talqinni osonlashtirish uchun natijalarni qulay tarzda taqdim yetish. Agar geofizik signalni qayta ishlash amaliy bo'lmasa yoki yaxshi bajarilmasa, ma'lumotlarni qayta ishlash ancha samarasiz va ko'p vaqt talab qiladi.

Geofizik signallarni qayta ishlash jarayoni biz ishlayotgan ma'lumotlar turiga qarab o'zgaradi [48; 11-17-b., 49; 5-7-b., 50; 9-14-b., 51; 11-19-b.]. Biroq, signallarni qayta ishlash raqamli kompyuterda amalga oshirilganligi sababli, signalni diskretlashtirish (to'lqin shakli) birinchi qadam bo'lib xizmat qiladi. Signalni diskretlashtirish - bu analog ma'lumotlarni raqamli ma'lumotlarga aylantirish jarayondir.

Geofizik signallarni tahlil qilish ma'lumotlarni aniqlash va keyinchalik qayta ishlash bilan bog'liq. O'zgaruvchan har qanday signal kerakli ma'lumotlarni uzatadi. Geofizik signallar biz uchun juda muhim, chunki ular yer ostidagi neft konlari va seysmik ma'lumotlar bilan bog'liq ma'lumotlarni olib yuradigan ma'lumot beruvchi signallardir. Geofizik signallarni tahlil qilish, shuningdek, zilzilalar yoki vulqon otilishi kabi tabiiy ofatlarning yuzaga kelish ehtimoli haqida sifatli tushuncha beradi. Gravitatsion va magnit maydonlar mos ravishda juda sezgir gravimetrlar va magnetometrlar yordamida aniqlanadi. Gravitatsion maydon o'zgarishlari atom interferometrlari kabi asboblarda yordamida o'lchanadi. Supero'tkazuvchi kvant shovqin qurilmasi (SQUID) magnit maydondagi daqiqali o'zgarishlarni o'lchaydigan juda sezgir qurilma. Aniqlangandan so'ng, ushbu signallardan ma'lumotlar spektral tahlil, filtrlash va nurlanish usullarini bajarish orqali chiqariladi. Ushbu usullardan yer osti obyektlarining holatini baholash, geotermal energiyadan foydalanish uchun neft qidiruvida foydalanish mumkin.

Geofizik signallarni tahlil qilish. Har qanday signal ma'lumotni ikki yo'l bilan uzatadi:

Ma'lumotlarning vaqt va fazoviy o'zgarishi;

Ma'lumotlar chastotasining o'zgarishi.

Vaqt sohasi signalining Fure kengayishi - bu signalning chastota komponentlari yig'indisi, sinuslar va kosinuslarning ma'lum bir yig'indisi sifatida ifodalanishi. Jozef Fure jismning issiqlik taqsimotini taxmin qilish uchun Fure taqdimoti bilan chiqdi. Xuddi shu yondashuv elektromagnit to'lqinlar kabi ko'p o'lchovli signallarni tahlil qilish uchun ham qo'llanilishi mumkin.

Geofizikaviy qidiruv ma'lumotlarini qayta ishlash - bu kompyuter yordamida turli xil geofizikaviy tadqiqotlar natijasida olingan dastlabki ma'lumotlarni qayta ishlash va hisoblash orqali geologik talqin qilish uchun turli xil ma'lumotlar ro'yhatlari, egri chiziqlar va grafiklarni chiqaradigan yangi texnologiya.

Geofizik signallarni qayta ishlash qidiruv geofizikasining barcha usullarining eksperimental ma'lumotlarini tahlil qilishning eng muhim bosqichidir. Geofizik signallarni olish uchun asos o'lchovlardir. O'lchov - bu maxsus texnik vositalar yordamida fizik miqdorning qiymatini empirik tarzda topish [52; 17-25-b., 38; 5-14-b., 15; 30-35-b., 14; 3-14-b.] . Qidiruv geofizikasida o'lchov predmeti tog' jinslarining fizik xossalari va tog' jinslari tomonidan yaratilgan fizik maydonlardir. Ularni o'lchashning texnik vositalari analog va raqamli asboblardir. O'lchov natijasi mos keladigan jismoniy o'lchov birliklarida ifodalangan raqamdir. Bu raqam o'lchov ma'lumotlarining elementidir. Boshqacha qilib aytganda, geofizik signallar geologik muhitning, geologik ob'ektning har qanday jismoniy xususiyati, fizik maydoni yoki hodisasi to'g'risida miqdoriy ma'lumot beruvchi o'lchov ma'lumotlaridir. Geofizik signallarning hajmi doimiy ravishda o'sib bormoqda, bu ham geofizikaviy ishlar hajmining oshishi, ham fizik maydonlarni raqamli ro'yxatga olishga keng o'tish bilan belgilanadi.

Geofizikaning asosiy vazifasi yerning ichki tuzilishini aniqroq aniqlashdir. Burg'ulash mantiqiy bo'lmagan yoki imkonsiz bo'lsa, seysmik, elektromagnit va tortishish o'lchovlari ushbu o'lchovlar ma'lumotlari asosida kerakli ma'lumotlarni olish uchun amalga oshiriladi.

Geofizik signallarni tahlil qilishning birinchi bosqichi to'liq signallarini ifodalash usullarini va ularni raqamli kompyuterda qayta ishlashni o'rganishdir.

Bir necha o'n yillar muqaddam axborot tizimlari bozorida fazoviy koordinatlangan axborot bilan ishlovchi tizimlarning bir nechta turi havola etildi: avtomatlashtirilgan loyihalash tizimlari (CAD – ingliz tilidagi qisqartma); • avtomatlashtirilgan kartografiyalash tizimlari (AM – ingliz tilidagi qisqartma); • tarmoqlarni boshqarish tizimlari (FM – ingliz tilidagi qisqartma) CAD-, AM- va FMtizimlarni, yuqorida ko'rilgan mayda masshtabli fazoviy tahlil tizimlari va ma'lumotlar bazalarini boshqarish tizimlari (MBBT) bilan bir qatorda GATlarning ajdodlari deb hisoblash mumkin. Masalan, Intergraph firmasining tizimlari CAD-tizimga asoslanadi, ArcInfo esa mayda masshtabli fazoviy tahlil tizimlar zaminida rivojlangan. Zamonaviy GATlar versiyalarida turli xil axborot tizimlari asosiga qo'yilgan g'oyalar va yondoshuvlarning integratsiyalanuvi kuzatiladi. Zamonaviy GATlarning o'tmishdoshlarini batafsilroq ko'rib chiqamiz. CAD-tizimlar. Bu mashinaviy grafika vositalaridan foydalangan holda avtomatlashtirilgan loyihalash uchun mo'ljallangan tizimlardir. Dasturiy ta'minotni (DT) qo'llashning ushbu sohasida Autodesk Limited. 11 Seli va boshqa firmalar ixtisoslashgan. Bu kabi tizimlar texnik chizmalar bilan ishlaydi. CAD-tizimlarni qo'llash chizish jarayonini tezlatish, erkin masshtabdagi chizmaning elementlarini izchilroq ko'rib chiqish hisobiga aniqlikni oshirish, chizmaning sifatini yaxshilash tuzatishlar kiritish, ko'p marotaba nusxa ko'chirish imkoniyati uchun zarur. Dastlab CADlar faqat mahsulotlarga konstruktorlik hujjatlari chiqarishni avtomatlashtirish ta'minlovchi ikki o'lchamli tizimlar sifatida qo'llanilgan. Keyinchalik ob'ektlarning ularga oid opertsiyalarning uch o'lchamli modellari (ko'chirib o'tkazish, burish, masshtablash, yashirin chiziqlarni mustasno qilish, 3D-modelni vizuallashtirish va h.k.) kiritildi. CADlar kiritish-chiqarish qurilmalarining katta ro'yxati bilan ishlay oladi, qatlamlar bilan ishlaydi, lekin kartografik axborot bilan ishlamaydi, zero shartli dekart koordinatalar tizimini qo'llaydi. Ilk CADlar fazoviy ma'lumotlarni tahlil qilish masalalarini yechish uchun kam yaroqli edi, chunki ob'ektlarni semantik va tematik ta'riflash qismi

(atributlar, bog‘lanishlar va h.k.) yo‘q edi. Biroq CAD-tizimlarning zamonaviy versiyalari, GATlar kabi, ma’lumotlar bazalarini o‘z ichiga oladi. AMtizimlar. AM-tizimlar – professional kartalar ishlab chiqarish uchun maxsus mo‘ljallangan dasturiy mahsulotlardir. Bu tizimlar asosan ishchi stantsiyalarga asoslanadi. Professional AMtizimlar poligrafik kartalardan qolishmaydigan sifatli kartalar olish imkoniyatini beradi, lekin ular ma’lumotlarni uzoq vaqt davrida boshqarish maqsadiga qaratilmagan, ma’lumotlarni tahlil qilish va yangi prototiplarni kiritish vositalaridan deyarli mahrumdir. AM-tizimlar faqat reglamentlangan obrazlar, formatlar bilan ishlaydi, faqat oldindan berilgan rasmiylashtirish stillarini qo‘llaydi, ya’ni standart kartalarni yaratish uchun juda qo‘l keladi. AM-tizimlar 12 modellash, tematik kartografiyalash, boshqaruv masalalarini va monitoring masalalarini yechish imkoniyatidan mahrumdir. FM-tizimlar. FM-tizimlar – bu tarmoqlarni (vodoprovod, truboprovod, energetika va telefon tarmoqlari va h.k.), ya’ni har biri bilan mazmunga ega axborot bog‘langan fazoviy ob’ektlarni boshqarish tizimlaridir. FM-tizimlardan fazodagi ob’ekt holatining metrik aniqligini talab qilmaydigan masalalarni yechish uchun foydalaniladi.

Hozirgi vaqtda fan va texnikada u yoki bu ob’ektlarni, jarayonlarni yoki hodisalarni ta’riflash uchun an’anaviy ravishda adabiy, statistik, kartografik, aero va kosmik materiallar qo‘llaniladi. Qoida tariqasida, keyinchalik foydalanish uchun ularni podborkalash va tizimga solish qo‘lbola yo‘sinda amalga oshiriladi. Bu yondoshuv yaxshi ma’lum, an’anaviy bo‘lib qoldi va Rossiya va ko‘plab rivojlangan davlatlarda har joyda qo‘llanilib kelmoqda. Ob’ektlar, jarayonlar va hodisalar to‘g‘risidagi ma’lumotlarni to‘plash va ishlashda kompyuter texnikasi va ma’lumotlarga ishlov berishning zamonaviy uslublari, axborot tizimlari va texnologiyalari qo‘llaniladigan yondoshuv istiqbolliroq boshqa yondoshuv bo‘lib xizmat qiladi. Hozirda plan va kartalarni yaratish ikki usulda olib boriladi: Yerda geodezik ishlarni olib borish bo‘yicha va joyning masofadan turib olingan rasmini deshifrovka qilish (o‘qish) natijasida. Bunday rasmlar yerning turli sun‘iy yo‘ldoshlaridan, ya’ni kosmik kemalar, samolyotlar va vertolyotlardan olingan yarim tonalli (rangliga o‘xshash) yoki oq-qora kosmik va aerofotosuratli

tasvirlaridan iborat. Bugungi kunda yerda fotogrammetrik tizim tarkibiga kiruvchi alohida jarayonlar to'g'risida qisqacha qilib quyidagilarni aytish mumkin. Bularga:

1. Joyni aero va kosmik suratga olish.
2. Tayanch nuqtalarni planli va balandlikli bog'lash bo'yicha olib boriladigan geodezik ishlar.
3. Ma'lumotlarga fotogrammetrik ishlov berish jarayonlari kiradi.

1. Yer yuzasining aero va kosmik fotosuratlari aerofotoapparatlar yordamida olinadi, so'ngra negativlardan kontaktli yoki proektsion usullar bilan qog'oz yoki deformatsiyalanmaydigan plyonkalarda diapozitivli fotonushalar tayyorlanadi.

Yerning sun'iy yo'ldoshi va yer shari atrofida harakatlanayotgan sun'iy yo'ldoshlari. Bular yordamida xududning yoki biror joyning raqamli tasvirini olish va keyinchalik uni to'g'ridan-to'g'ri kompyuterga kiritish mumkinligi nafaqat rasmlarga kimyoviy ishlov berish, hatto skanirlash bosqichida tasvirni raqamli shaklga o'tkazish jarayonlari chetlab o'tilmoqda. Ular oddiy fotokameralar kabi ishlaydi, lekin ularda fototasvirni elektr signallarga aylantiruvchi fotosezgir elementlar ishlatiladi. Signallar kodlangach, ular fotokamera xotirasida saqlab qolinadi va istalgan paytda tasvirlar kompyuterga yozib olinishi mumkin. Keyinchalik fototasvirlarga maxsus grafikli redaktorlar yordamida ishlov berilib, ular printer yoki plotterlarda nashr qilinishga uzatiladi. Agar ishga sifatli fotokameralar jalb qilinsa, skanerlar va nusxa ko'chirish qurilmalaridan voz kechsa ham bo'ladi.

Hozirgi paytda fototasvirlarni kompyuter xotirasiga kiritish, asosan, fotomateriallarni skanerlash bilan amalga oshirilmoqda. Fotomateriallar sifatida negativlar, diapozitivlar va rulonli aerofilmlar ishlatilmoqda. Nustek firmasi tomonidan ishlab chiqarilgan skaner Aerofoto va kosmik tasvirlarni raqamli ko'rinishga o'tkazish uchun foydalaniladigan skanerlar juda qimmat turadi. Bunday skanerlarga nihoyatda katta talablar qo'yiladi: ruxsat etilgan tiniqligi 10 mkm gacha, aniqlik darajasi 2-3 mkm (0,02-0.03mm), skanirlash formati – 24x24 sm. Bu ishlarni bajarishda ayrim skanerlarning gorizontaal va vertikal ko'rish tiniqligi turli ekanligini ham e'tiborga olish kerak. Shu sababli keng tarqalgan Hewlet Packard skanerlaridan foydalanilsa yetarli darajada ishonchli

ma'lumotlarni olish mumkin. Arzon skanerlardan Nustek firmasi ishlab chiqaradigan skanerni misol tariqasida keltirish mumkin. Germaniyaning Zeiss va AQShning Intergraph firmalari birlashib, Z/I korporatsiyasida ishlab chiqilgan Photoskan-2001 fotogrammetrik skaneri so'nggi modellardan biri hisoblanadi. Fotoskan2001 bugungi kundagi skanerlarning eng yaxshisi bo'lib, piksel aniqlik darajasining o'rtacha kvadratik xatosi 2 mkm dan oshmaydi. Fotogrammetrik jarayonda geodezik ishlar yer ustida joylashgan ayrim nuqtalarning (orientirlarning) planli va balandlikli koordinatalarini aniqlash ishlarini bajarish, hudud bo'yicha olingan barcha fotomateriallarni joy bilan bog'lash maqsadida olib boriladi. Bulardan kelib chiqib aytish mumkinki yerni masofadan zondlashdan olingan signallarni raqamli ishlov berish orqali nafaqat katragrafik ma'lumotlari olish shuningdek yer ostidagi qazilma boyliklari joylashgan o'rnini ham bashoratlash mumkin bo'ladi.

Bugungi kunda yurtimizda yerni masofadan turib zondlash masalasi tobora dolzarb mavzulardan biriga aylanib bormoqda. Sun'iy yo'ldoshdan olinadigan ma'lumotlar orqali biz o'rganilayotgan hududning seysmik faollik darajasi, atrof-muhit ifloslanishi darajasini, iqlim o'zgarishlari haqidagi ma'lumotlarni bevosita olishimiz mumkinligidan xabardormiz.

Hozirda yerni masofadan turib zondlash yer va atrof-muhit fanlarining deyarli barcha sohalarida qo'llanilib kelinmoqda. Biz ko'rib chiqadigan soha esa masofadan zondlash orqali tabiiy resurslarni topish, ularni kuzatish, rivojlantirish va boshqarishdir.

1.3-§. Signallarga raqamli ishlov berishda splayn usullar tahlili

Fan va texnologiya sohasining rivojlanishi uchun qo'yiladigan masalalarni yechishda aniq usullar bilan yechim topish har doim ham oson bo'lavermaydi. Juda ko'p xollarda qo'yiladigan masalani berilgan aniqlikda oldindan berilgan shartlar asosida taqribiy yechimini topish qo'llaniladigan yaqinlashish tezligi yuqori bo'lgan metod va matematik modellarini ishlab chiqish asosiy masalalardan biridir. Shunday ekan xozirgi kunda signallarga raqamli ishlov berishda, aniq yaxshi samara beradigan usullarni tanlash dorzarb masala hisoblanadi. Tadqiqotlar

shuni ko'rsatdiki geofizik signallar turli xil jisimlardan turli xil chastotadagi signallar tarqaladi [36; 34-40-b., 52; 35-44-b., 50; 11-14-b., 45; 3-20-b.]. Ushbu signal xususiyatlariga qarab nima ekanligini anqilanadi. Buning uchun olingan signal ma'lum interpolyatsion metodlar yordamida tiklanadi, ya'ni approksimatsiya qilinadi. 1.3.1-jadvalda giofizik signallarni interpolyatsiyalash usullari keltirilgan.

1.3.1- jadval.

Giofizik signallarni interpolyatsiyalash usullari

	Metodlar	Imkoniyatlari
	Fure	Bunda signal ko'rinishi sinusoidal ko'rinishda bo'lmasa xatolik ortib ketadi. Koeffitsientlarni hisoblashda $\sin(x)$ va $\cos(x)$ orqali hisoblanadi.
	Lagranj	Signalning barcha qiymatlarini olib bitta polinom quriladi. Signal qiymatlar soni oshishi bilan polinom darajasi oshib boradi. Bu kompyuterda hisoblash amallarining soni oshishiga olib keladi.
	Nyuton	Bu usul xam Logranj kabi ifodalanadi faqat unda chekli ayirmali usullardan foydalaniladi. Bunda kompyuterda hisoblashlarni amalga oshirish murakkabligi bilan izohlanadi.
	Splayn	Bu berilgan signalga yeng yaqin keluvchi va koeffitsientlarini hisoblashda tenglamar tizimi yechishni talab qilmaydigan usuldir. Bunda katta xajmda ma'lumotlarga yoki signallarga ishlov berishda juda qo'l keladi.

Bunday interpolyatsion metodlardan Nyuton interpolyatsion metodi, Logranj interpolyatsion metodi, Splayn interpolyatsion metodi va boshqalar kiradi. Ushbu interpolyatsion metodlar signallarning turiga qarab o'ziga xos yutuq va kamchiliklarga ega [35; 15-20-b., 35; 40-45-b., 37; 23-27-b., 21; 11-14-b.]. Xususan, tibbiyotda, seysmik sohada, tasvirlar sifatini yaxshilashda, kompyuter mikroprotessorini parallel ishlash tizimida ishlatiladigan funksiyalardan biri bu

splayn funksiya hisoblanadi. Har qanday funksiyalar aniq bir masalani yechish uchun qaratilgan bo‘ladi, splayn funksiyalar ham xuddi shunday vazifani bajaradi.

Hozirgi kunda $d=1$ bo‘lgan splaynlar signallarga raqamli ishlov berishda juda keng qo‘llanilmoqda. Kubik splaynlar orqali interpolyatsiya qilishda uch diagonalli chiziqli tenglamalar sistemasidan foydalanib yechiladi. Agar $h_i = h = const$ oraliqlari uchun tenglamaning davriy bo‘lmagan chizig‘i bo‘lsa, quyidagi tenglamadan foydalaniladi.

$$\frac{1}{2}S''_{i-1} + 2S''_i + \frac{1}{2}S''_{i+1} = 3 \frac{f_{i-1} + 2f_i + f_{i+1}}{h^2} \quad (i = 1, 2, \dots, n-1),$$

Teng bo‘lmagan oraliqdagi tugunlar uchun:

$$a_i S''_{i-1} + 2S''_i + c_i S''_{i+1} = 6$$

bu yerda $c_i = h_i / (h_i + h_{i+1})$; $a_i = 1 - c_i$,

f_i – funksiyaning tugun nuqtalari, $h_i = (x_{i+1} - x_i)$ – i indeksli interpolyatsiya oraliqlari.

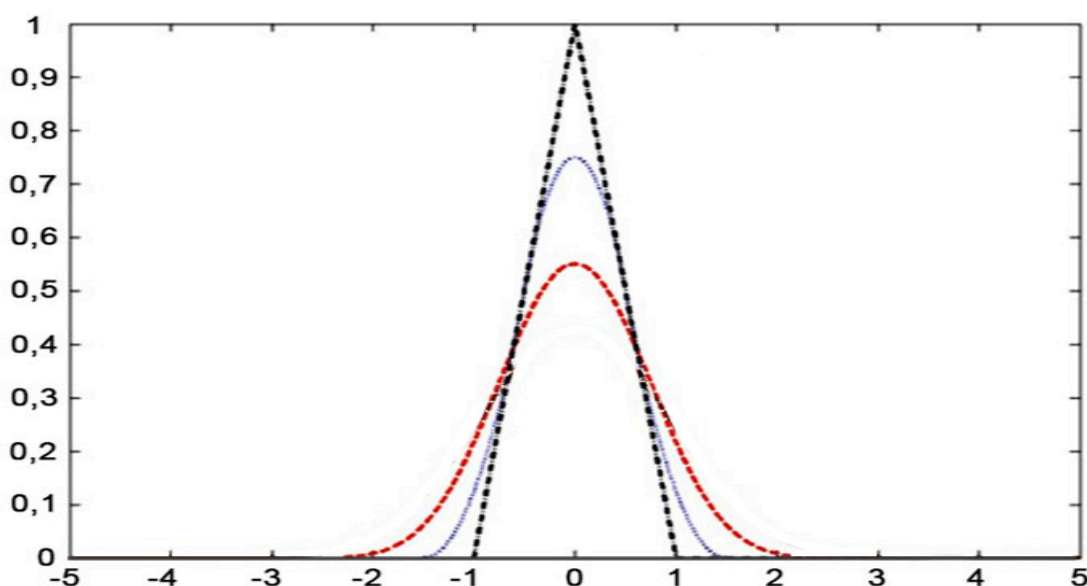
Matematik nuqtai nazardan kubik splayn barcha funksiyalar ichida minimal egrilik hususiyatiga ega bo‘lib, berilgan nuqtalarni interpolyatsiyalaydigan va ikkinchi hosilaga ega bo‘ladi. U kvadratli integrallanadi, ya’ni integrallangandan so‘ng funksiya minimal ko‘rinishga keladi

Bu ma’noda «natural» kubik splayn berilgan nuqtalarni interpolyatsiya qiluvchi funksiyalar orasida eng sillig‘i hisoblanadi. Bundan tashqari, uchinchi daraja eng silliq bo‘lgan darajadir, ya’ni egrilik hususiyatiga ega.

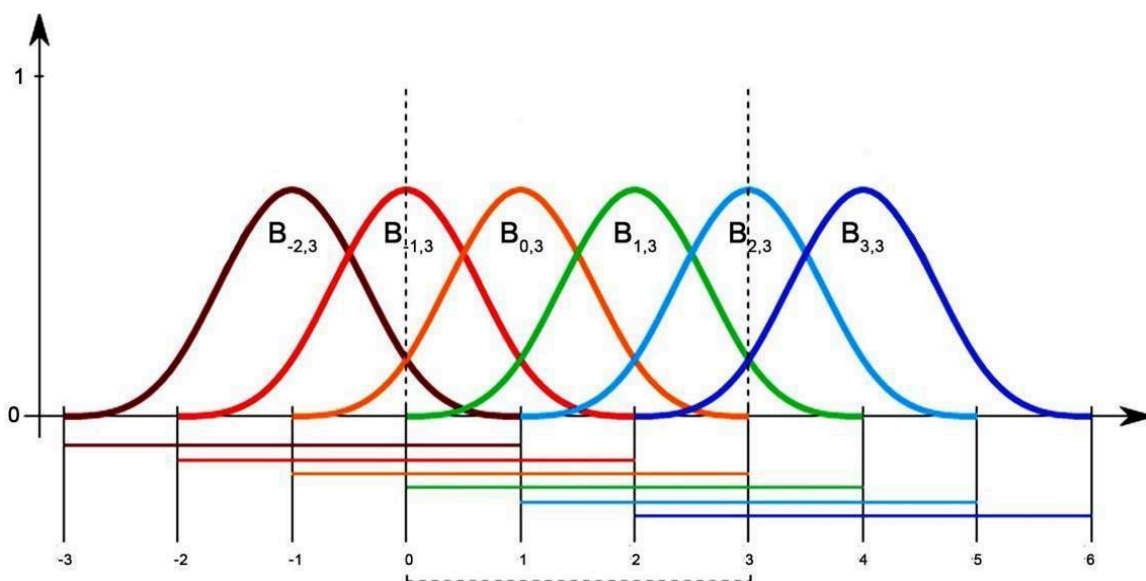
Ratsional splaynlar - polinomial splaynlarning umumlashtirilgan holatidir. Bir qator vazifalarda, masalan, ko‘p tugun nuqtali funksiyalarni approksimatsiya qilishda, biomeditsina signallariga ishlov berishda, ko‘p o‘lchovli maydonlarni modellashtirishda ularning koeffitsientlarini hisoblashning aniqligi va minimal soni bo‘yicha eng yaxshi natijalarni beradi. Biroq, ularning analitik tavsifi va qurilmada qo‘llash usullari murakkabroq [23; 5-15-b.,].

Interpolyatsion va silliqlovchi polinomial splaynlarning koeffitsientlarini hisoblovchi «tezkor» rekkurent algoritmlar ishlab chiqilgan. Ular algebraik tenglama tizimida yechishni talab qilmaydi. Kubik splaynlar quyidagicha

ifodalanadi [43; 14-19-b.,]. 1.3.1 - rasmda kubik, chiziqli va kvadratli bazis splaynlar keltirilgan. 1.3.2 - rasmda esa $h=1$ o'zgaras qadamga siljirilgan kubik bazisli splaynlar majmuasi keltirilgan.



1.3.1– rasm. Kubik, chiziqli va kvadratli bazis splaynlar.



1.3.2– rasm. Kubik bazis splaynlar majmuasi.

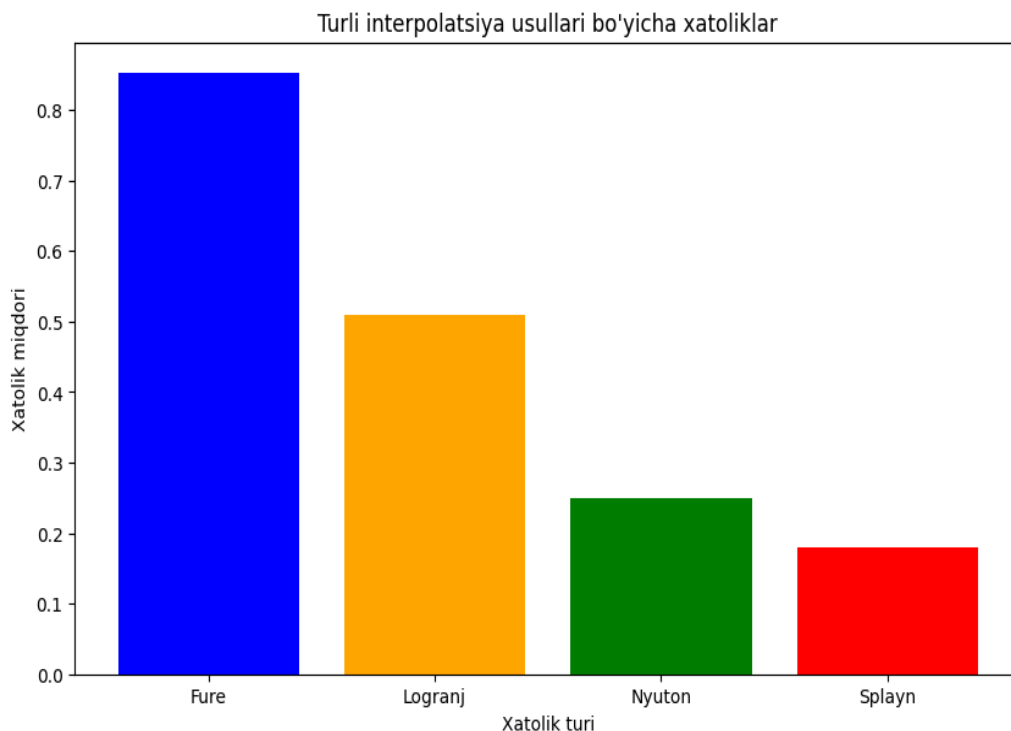
$f(x)$ funksiyani interpolatsiyalaydigan 1 defektli m darajali $S_m(x)$ splayn faqatgina splaynlar yordamida yig'indi tariqasida ifodalanishi mumkin :

$$S_m(x) = \sum_{i=-1}^{m+1} b_i \cdot B_i(x), \quad a \leq x \leq b.$$

1.3.2- jadval.

signallarni qayta ishlash uchun keltirilgan 4 ta algoritim bo'yicha taxlili

Signal	Fure	Logranj	Nyuton	Splayn	Fure xatoligi	Logranj xatoligi	Nyuton xatoligi	Splayn xatoligi
0,88	0,638125	0,88	0,88	0,88	0,241875	0	0	0
0,99	0,681875	0,99	0,99	0,92	0,308125	0	0	0,07
1,02	0,708125	0,8	1,02	0,99	0,311875	0,22	0	0,03
0,92	0,646875	0,92	0,67	0,96	0,273125	0	0,25	-0,04
0,61	0,503125	0,1	0,61	0,61	0,106875	0,51	0	0
0,05	0,211875	0,05	0,161	0,05	0,161875	0	0,111	0
-0,65	- 0,126875	- 0,65000001	-0,65	-0,65	0,523125	1E-08	0	0
-1,21	- 0,418125	- 1,21000005	-1,31	-1,21	0,791875	5E-08	0,1	0
-1,31	- 0,456875	- 1,31000015	-1,28	-1,31	0,853125	1,5E-07	0,03	0
-0,81	- 0,218125	- 0,81000041	-0,81	-0,81	0,591875	4,1E-07	0	0
0,04	0,218125	0,03999898	0,05	0,04	0,178125	1,02E-06	0,01	0
0,83	0,601875	0,82999767	0,83	0,83	0,228125	2,33E-06	0	0
1,3	0,848125	1,29999508	1,43	1,3	0,451875	4,92E-06	0,13	0
1,41	0,891875	1,4199902	1,412	1,41	0,518125	0,0099902	0,002	0
1,28	0,838125	1,07998167	1,28	1,1	0,441875	0,20001833	0	0,18
0,81	0,591875	0,80996727	0,589	0,9	0,218125	3,273E-05	0,221	-0,09
				Xatoliklar	0,853125	0,51	0,25	0,18



1.3.3 - rasm. signallarni qayta ishlash algoritm natijasi

Bunda ko'rinib turibdiki, signallarni qayta ishlash uchun Fure, Lagranj, Nyuton va splayn keltirilgan bu grafigida siplayin eng kam xatolikka

erishgan. Yuqorida keltirib o'tilgan interpolyatsiyalash usullaridan aynan splayin yaxshi natija bergani uchun siplayin eng yaxshi algoritmi deyishimiz xato bo'ladi chunki boshqa interpolyatsiyalash usullari o'z yo'nalishida ancha yaxshi natija beradi lekin geofizik signallar uchun splayin interpolyatsiyalash usuli eng yaxshi usul hisoblanadi.

I bob bo'yicha xulosalar

1. Signallar raqamli ishlash jarayonini o'rganilganlik darajasi hamda ularni boshqarish yondashuvlari tahlil qilindi. Natijada geofizik signallar raqamli saqlash, tahlil qilish va qayta ishlashda ham vaqt ham iqtisodiy jihatdan samarali yondashuvlar yetarli emasligi asoslandi.
2. Geofizik signallarni raqamli ishlash usullari tahlil qilindi. Xorijiy va respublika olimlarining tadqiqot ishlari o'rganilib chiqildi.
3. Geofizik signallarni raqamli ishlash yondashuvining samaradorliklari aniqlandi va natijada kubik splayin usuli tanlab olindi

II BOB.GEOFIZIK SIGNALLARNI SPLAYIN USULIDA RAQAMLI ISHLASH ALGORITMLARI

Mazkur bobda geofizik signallar splayin usullarida raqamli ishlash jarayoni ko'rib chiqildi. Geofizik signallarni raqamli ishlashda keng qo'llaniladigan splayin usullaridan kubik splayini matematik modellari keltirildi koeffitsiyentlari hisoblanib topildi. Geofizik signallarni kubik splayin usuli asosida raqamli ishlash algoritmi va dasturiy vositasi keltirildi.

2.1-§.Geofizik signallarga raqamli ishlov berishda splayn funksiyasini qurishning matematik modeli.

Kub splayin interpolatsiyasi - Kub splayin interpolatsiyasining maqsadi ikkalasida ham uzluksiz bo'lgan interpolatsiya formulasini olishdir birinchi va ikkinchi hosilalar, ham intervallar ichida, ham interpolatsiyalash tugunlarida. Bu bizga beradi yumshoqroq interpolatsiya funksiyasi. Birinchi hosilaning uzluksizligi $y = S(x)$ grafigining bo'lmasligini bildiradi o'tkir burchaklarga ega. Ikkinchi hosilaning uzluksizligi egrilik radiusida aniqlanganligini bildiradi har bir nuqta.

Ta'rif - Berilgan n nuqta $(x_i, y_i), \dots, (x_n, y_n)$ bo'lib, bu yerda x_i o'ziga xos va ortib boruvchi tartibda joylashgan. $(x_i, y_i), \dots, (x_n, y_n)$ nuqtalari orqali o'tuvchi kubik splayin $S(x)$ bir nechta kubik polinomlardan iborat:

Har bir kubik splayin uchun polinomlar to'plami $(S(x))$ ni kiritish mumkin bo'lgan ifoda mavjud bo'lib, bu polinomlar har bir nuqta orqali aniq o'tadi va ma'lum bir silliqlik shartlarini qanoatlantiradi. Bu shartlar odatda splayin polinamlari va ularning hosilalarining uzluksizligini ta'minlaydi.

$$S_1(x) = y_1 + b_1(x - x_1)^2 + d_1(x - x_1)^3 \text{ bunda } [x_1, x_2]$$

$$S_2(x) = y_2 + b_2(x - x_2)^2 + d_2(x - x_2)^3 \text{ bunda } [x_2, x_3]$$

$$S_{n-1}(x) = y_{n-1} + b_{n-1}(x - x_{n-1})^2 + d_{n-1}(x - x_{n-1})^3 \text{ bunda } [x_{n-1}, x_n]$$

Quyidagi shartlar bilan (xususiyatlar sifatida tanilgan):

a. $S_i(x_i) = y_i$ va $S_i(x_{i+1}) = y_{i+1}$ uchun $i = 1, \dots, n - 1$

Bu xususiyat splayinni $S(x)$ ma'lumotlar nuqtalarini interpolatsiya qilishini kafolatlaydi.

$$b. S'_{i-1}(x_i) = S'(x_i) \text{ uchun } i = 2, \dots, n - 1$$

$S'(x)$ oralig'ida $[x_1, x_n]$ uzluksiz; bu xususiyat qo'shni qismlar birlashganda ularning nishabliklari bir-biriga mos kelishini talab qiladi.

$$c. S''_{i-1}(x_i) = S''(x_i) \text{ uchun } i = 2, \dots, n - 1$$

$S(x)$ oralig'ida $[x_1, x_n]$ uzluksiz, bu ham qo'shni splayin qismlarining bir xil egrilikka ega bo'lishini ta'minlaydi, bu esa silliqlikni kafolatlaydi.

Kubik splayin qurish - Ma'lum bo'lmagan b_i, c_i, d_i koeffitsiyentlarini aniqlanadi, shunda biz kubik splayin $S(x)$ ni tuza olamiz?

$S(x)$ kubik splayin bo'lib, u yuqoridagi ta'rif bo'yicha barcha xususiyatlarga ega.

$$S_i = a_i + b_i(x - x_i) + c_i(x - x_i)^2 + d_i(x - x_i)^3 \text{ uchun } i = 1, 2, \dots, n - 1 \quad (2.1.1)$$

Birinchi va ikkinchi hosilalar:

$$S'(x) = b_i + 2c_i(x - x_i) + 3d_i(x - x_i)^2 \quad (2.1.2)$$

$$S'' = 2c_i + 6d_i(x - x_i) \text{ uchun } i=1,2,\dots,n-1 \quad (2.1.3)$$

Kubik splaynning birinchi xususiyatiga ko'ra, $S(x)$ barcha ma'lumot nuqtalarini interpolatsiya qiladi, va biz quyidagi natijani olamiz:

$$S_i(x_i) = a_i$$

Chiziq $S(x)$ butun interval davomida uzluksiz bo'lishi kerakligi sababli, har bir qism-funksiyaning ma'lumot nuqtalarida birlashishi lozim, deb xulosa qilish mumkin.

$$S_i(x_i) = S_{i-1}(x_i)$$

Shuning uchun,

$$y_i = S_{i-1}(x_i)$$

$$S_{i-1}(x_i) = y_{i-1} + b_{i-1}(x_i - x_{i-1}) + c_{i-1}(x_i - x_{i-1})^2 + d_{i-1}(x_i - x_{i-1})^3 \quad (2.1.4)$$

$$y_i = y_{i-1} + b_{i-1}(x_i - x_{i-1}) + c_{i-1}(x_i - x_{i-1})^2 + d_{i-1}(x_i - x_{i-1})^3 \quad (2.1.5)$$

uchun $i=2,3,\dots,n-1$

Tenglamada $h = x_i - x_{i-1}$ bo'lsin. (2.1.5), bizda:

$$y_i = y_{i-1} + b_{i-1}h + c_{i-1}h^2 + d_{i-1}h^3 \quad (2.1.6)$$

uchun $i=2,3,\dots,n-1$. Kubik splaynning ikkinchi xususiyati bilan, tushuntirilgan, turli funksiyalarining nuqtalarida ko'rsatkichlar teng bo'lishi kerak. Ya'ni,

$$S'(x_{i-1}) = S'_i(x_i) \quad (2.1.7)$$

Tasvirlangan formula (2.1.2) bo'yicha, i -chi qator uchun $S'_i(x_i) = b_i$ va

$$S'_{i-1}(x_i) = b_{i-1} + 2c_{i-1}(x_i - x_{i-1}) + 3d_{i-1}(x_i - x_{i-1})^2 \quad (2.1.8)$$

Shuning uchun,

$$b_i = b_{i-1} + 2c_{i-1}(x_i - x_{i-1}) + 3d_{i-1}(x_i - x_{i-1})^2 \quad (2.1.9)$$

Yana $h = x_i - x_{i-1}$ ni qo'yib, topamiz:

$$b_i = b_{i-1} + 2c_{i-1}h + 3d_{i-1}h^2 \quad (2.1.10)$$

uchun $i=2,3,\dots,n-1$

Tenglamadan. $S''_i(x) = 2c_i + 6d_i(x - x_i)$, bizda bor

$$S''_i(x) = 2c_i + 6d_i(x_i - x_i) \quad (2.1.11)$$

$$S''_i(x) = 2c_i$$

Chunki $S''_i(x_i)$ interval bo'ylab uzluksiz bo'lishi kerak, shuning uchun

$$S''_{i-1}(x_i) = S''_i(x_i)$$

$$S''_{i-1}(x_i) = 2c_{i-1} + 6d_{i-1}(x_i - x_{i-1}) \quad (2.1.12)$$

$$2c_i = 2c_{i-1} + 6d_{i-1}(x_i - x_{i-1})$$

$h = x_i - x_{i-1}$ bo'lsin,

$$2c_i = 2c_{i-1} + 6d_{i-1}(x_i - x_{i-1}) \quad (2.1.13)$$

$$2c_i = 2c_{i-1} + 6d_{i-1}h$$

Yuqoridagi tenglama (2.1.11) tenglamadan $S''_i(x_i)$ ga DD_i ni qo'yish orqali soddalashtirildi,

$$S''_i(x_i) = 2c_i, \quad DD_i = 2c_i$$

$$c_i = \frac{DD_i}{2} \quad (2.1.14)$$

Tenglamadan. (2.1.13):

$$c_i = 2c_{i-1} + 6d_{i-1}h, \quad 6d_{i-1}h = 2c_i - 2c_{i-1}$$

$$d_{i-1} = \frac{2c_i - 2c_{i-1}}{6h}, \quad \text{almashtirish } c_i$$

$$d_{i-1} = \frac{DD_i - DD_{i-1}}{6h}, \quad \text{yoki } d_i = \frac{DD_{i+1} - DD_i}{6h} \quad (2.1.15)$$

Tenglamadan. (2.1.6):

$$y_i = y_{i-1} + b_{i-1}h + c_{i-1}h^2 + d_{i-1}h^3 \quad \text{yoki } y_{i+1} = y_i + b_ih + c_ih^2 + d_ih^3$$

Shuning uchun,

$$b_i = \frac{y_{i+1} - y_i - c_ih^2 - d_ih^3}{h} = \frac{y_{i+1} - y_i}{h} - (c_ih + d_ih^2)$$

Formulalarni c_i va d_i o'rniga qo'yish

$$b_i = \frac{y_{i+1} - y_i}{h} - h\left(\frac{2DD_i + DD_{i+1}}{6}\right) \quad (2.1.16)$$

Ushbu sistemalarni quyidagicha matritsa shakliga keltiriladi:

Formula (2.1.10) bo'yicha,

$$3d_{i-1}h^2 + 2c_{i-1} + b_{i-1} = b_i$$

Formulalarga b_i , c_i , va d_i ni o'rniga qo'yish:

$$3\left(\frac{DD_i - DD_{i-1}}{6h}\right)h^2 + 2\frac{DD_{i-1}}{2}h + \frac{y_i - y_{i-1}}{h} - h\left(\frac{2DD_{i-1} + DD_i}{6}\right) = \frac{y_{i+1} - y_i}{h} - h\left(\frac{2DD_i + DD_{i+1}}{6}\right)$$

$$\frac{h}{6}(DD_{i-1} + 4DD_i + DD_{i+1}) = \frac{y_{i-1} - 2y_i + y_{i+1}}{h}$$

$$(DD_{i-1} + 4DD_i + DD_{i+1}) = 6\left(\frac{y_{i-1} - 2y_i + y_{i+1}}{h}\right) \quad (2.1.17)$$

uchun $i=2,3,\dots,n-1$

Matritsa tenglamasiga aylantiriladi:

$$\begin{bmatrix} 1 & 4 & 1 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 4 & 1 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 4 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 4 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DD_1 \\ DD_2 \\ DD_3 \\ \vdots \\ DD_{n-1} \\ DD_n \end{bmatrix} = \frac{6}{h^2} \begin{bmatrix} y_1 - 2y_2 + y_3 \\ y_2 - 2y_3 + y_4 \\ y_3 - 2y_4 + y_5 \\ \vdots \\ y_{n-3} - 2y_{n-2} + y_{n-1} \\ y_{n-2} - 2y_{n-1} + y_n \end{bmatrix} \quad (2.1.18)$$

Ushbu sistema $n-2$ qator va n ustunga ega, bu aniqlanmagan sistemadir. Unikal kubik splaynni qurish uchun sistema ustida qo'shimcha ikkita shart qo'yilishi kerak.

Kub spline interpolatsiya turlari :

Tabiiy splayin-Ikki shartni qo'shishning bir necha yo'li mavjud. Keling, birinchi stsenariyni ko'rib chiqaylik, Natural Splayin.

Tabiiy-splayin chegara shartlari:

$$S''_1(x_1) = 0 \text{ va } S''_{n-1}(x_n) = 0 \quad (2.1.19)$$

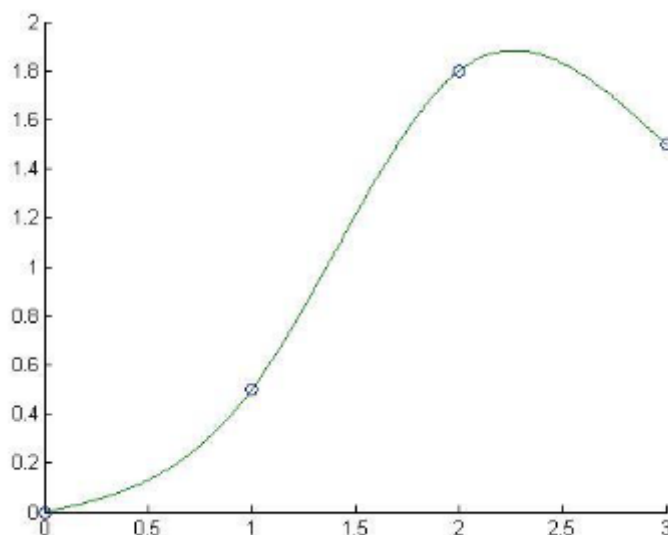
Tenglama (2.1.18) tenglama (2.1.20) ga muvofiq moslashtirilishi mumkin, chunki $DD_1 = 0$ va $DD_n = 0$,

$$\begin{bmatrix} 4 & 1 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 1 & 4 & 1 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 4 & 1 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 4 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 1 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DD_2 \\ DD_3 \\ \vdots \\ DD_{n-1} \end{bmatrix} = \frac{6}{h^2} \begin{bmatrix} y_1 - 2y_2 + y_3 \\ y_2 - 2y_3 + y_4 \\ y_3 - 2y_4 + y_5 \\ \vdots \\ y_{n-3} - 2y_{n-2} + y_{n-1} \\ y_{n-2} - 2y_{n-1} + y_n \end{bmatrix} \quad (2.1.20)$$

Bu diagonali chiziqli sistema bo'lib, $HM = V$ shaklida ifodalanadi va bu yerda $DD_2, DD_3, \dots, DD_{n-1}$ qatnashadi. Tenglama (2.1.20) dagi bu chiziqli sistema qat'iy diagonali ustunlikka ega va yagona yechimga ega. Keyin, tenglamalar

(2.1.14), (2.1.15) va (2.1.16) dan foydalanib, koeffitsiyentlar (b_i, c_i, d_i) aniqlanadi. Kubik splayn tuzilishi mumkin.

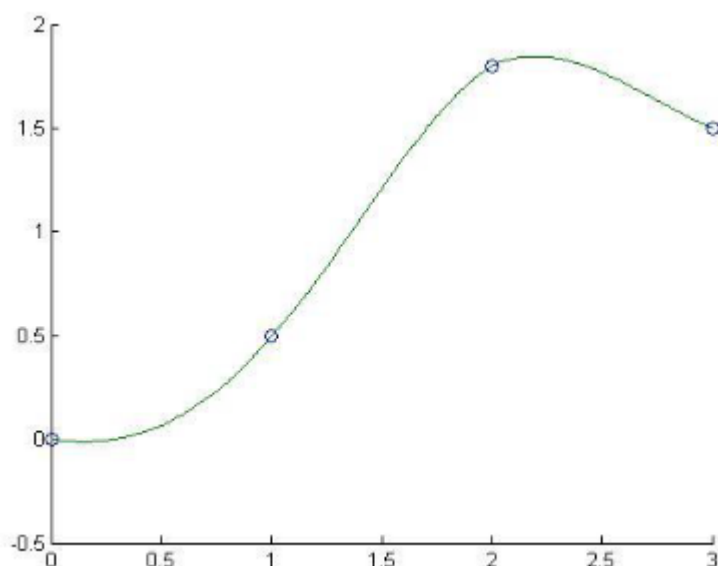
Masalan, ma'lumot nuqtalari $(0,0)$, $(1,0.5)$, $(2,1.8)$, $(3,1.5)$ uchun, yuqoridagi yechimlar uchun python kodi yordamida ma'lumot nuqtalari uchun yagona kubik splaynni qurish natijasi 2.1.1-rasmda keltirilgan



2.1.1-rasm. Tabiiy kubik splayn

Bu turdagi splayn tabiiy splaynning muqobilidir va to'plamlar $S''_1(x_1)$ va $S''_{n-1}(x_n)$ ixtiyoriy qiymatga o'rnatadi. Bu qiymat ikkala oxirgi nuqtada kerakli egrilik sozlamalariga mos keladi.

Chegara yoki yakuniy nuqtalar shartlari quyidagicha: $S''_1(x_1) = v_1$ va $S''_{n-1}(x_n) = v_n$. Egrilikni sozlash mumkin bo'lgan kubik splayn 2.1.2-rasmda ko'rsatilgan, xuddi shu ma'lumot nuqtalari $(0,0)$, $(1,0.5)$, $(2,1.8)$, $(3,1.5)$ uchun, lekin shartlar $S''_1(x_1) = v_1 = 1$, $S''_{n-1}(x_n) = v_n = 1$ qanoatlantiradi.



2.1.2-rasm. Egrilikka moslashtirilgan kubik splayin.

Keling, kubik spline interpolatsiyasini matematik tomondan to'liq yechib chiqish uchun bizning ma'lumotlar to'plamimiz quyidagicha:

<i>i</i>	0	1	2	3	4
<i>x</i>	0	1	2	3	4
<i>y</i>	0	1	4	9	16
	<i>y</i> ⁰	<i>y</i> ¹	<i>y</i> ²	<i>y</i> ³	<i>y</i> ⁴

(2.1.1)

Kubik spline interpolatsiyasi formulasi:

$$S_i(x) = a_i + b_i(x - x_i) + c_i(x - x_i)^2 + d_i(x - x_i)^3$$

Bizning maqsadimiz ushbu kubik splayin koeffitsiyentlarini a_i, b_i, c_i va d_i topish. splayin shartlari quyidagilardan iborat:

1. $S(x)$ ma'lumot nuqtalarida y qiymatlarini interpolatsiya qiladi.
2. $S'(x)$ uzluksiz bo'lishi kerak.
3. $S''(x)$ uzluksiz bo'lishi kerak.
4. Tabiiy splayin uchun qo'shimcha shartlar:

$$S''(x_0) = 0 \text{ va } S''(x_n) = 0$$

1. Tugun qiymatlari uchun tenglamalar:

Kubik splayin har bir intervallar uchun quyidagicha yoziladi:

$$S_i(x_i) = y_i \quad S_i(x_{i+1}) = y_{i+1}$$

Bu yerda $h_i = x_{i+1} - x_i$.

2. Birinchi va ikkinchi hosilalar tenglamalari:

Kubik splayin hosilalari:

$$S'_i(x) = b_i + 2c_i(x - x_i) + 3d_i(x - x_i)^2$$

$$S''_i(x) = 2c_i + 6d_i(x - x_i)$$

Ushbu tenglamalarni yozib chiqamiz:

Intervallar uchun tenglamalar:

Intervallar:

$$[0,1],[1,2],[2,3],[3,4][0,1],[1,2],[2,3],[3,4]$$

Tabiiy splayin shartlari:

$$S''_i(x_0) = 0$$

$$S''_i(x_4) = 0$$

Matritsa tenglamasini tuzish:

1. Tabiiy splayin uchun qo'shimcha shartlar:

$$S_0 = 0$$

$$S_4 = 0$$

2. Koeffitsiyentlar:

$$h_0 = 1, h_1 = 1, h_2 = 1, h_3 = 1$$

3. Tizim tenglamalarini tuzish:

$$\left\{ \begin{array}{l} c_0 = 0 \\ h_0 c_0 + 2(h_0 + h_1)c_1 + h_1 c_2 = \frac{3}{h_i} \left(\frac{y_2 - y_1}{h_1} - \frac{y_1 - y_0}{h_0} \right) \\ h_1 c_1 + 2(h_1 + h_2)c_2 + h_2 c_3 = \frac{3}{h_2} \left(\frac{y_3 - y_2}{h_2} - \frac{y_2 - y_1}{h_1} \right) \\ h_2 c_2 + 2(h_2 + h_3)c_3 + h_3 c_4 = \frac{3}{h_2} \left(\frac{y_4 - y_3}{h_3} - \frac{y_3 - y_2}{h_2} \right) \\ c_4 = 0 \end{array} \right.$$

Ma'lumotlarni qo'yamiz:

$$\left\{ \begin{array}{l} c_0 = 0 \\ 1 \cdot 0 + 2(1 + 1)c_1 + 1 \cdot c_2 = \frac{3}{1} \left(\frac{4-1}{1} - \frac{1-0}{1} \right) \\ 1 \cdot c_1 + 2(1 + 1)c_2 + 1 \cdot c_3 = \frac{3}{1} \left(\frac{9-4}{1} - \frac{4-1}{1} \right) \\ 1 \cdot c_2 + 2(1 + 1)c_3 + 1 \cdot 0 = \frac{3}{1} \left(\frac{16-9}{1} - \frac{9-4}{1} \right) \\ c_4 = 0 \end{array} \right.$$

Soddalashtiramiz:

$$\left\{ \begin{array}{l} c_0 = 0 \\ 4c_1 + c_2 = 9 \\ c_1 + 4c_2 + c_3 = 9 \\ c_2 + 4c_3 = 9 \\ c_4 = 0 \end{array} \right.$$

Ushbu tenglamalar sistemasi uchta noma'lum c_1 , c_2 , c_3 ni aniqlash uchun yetarli.

Matritsa tenglamasini yechish:

$$\left\{ \begin{array}{l} 4c_1 + c_2 = 9 \\ c_1 + 4c_2 + c_3 = 9 \\ c_2 + 4c_3 = 9 \end{array} \right.$$

Bu sistemani quyidagicha matritsa ko'rinishida yozamiz:

$$\begin{pmatrix} 4 & 1 & 0 \\ 1 & 4 & 1 \\ 0 & 1 & 4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 9 \\ 9 \\ 9 \end{pmatrix}$$

Ushbu tenglamani qo'lda yechamiz:

1. Birinchi tenglamadan:

$$c_1 = \frac{9 - c_2}{4}$$

2. Ikkinchi tenglamadan:

$$\left(\frac{9 - c_2}{4}\right) + 4c_2 + c_3 = 9$$

$$9 - c_2 + 16c_2 + 4c_3 = 36$$

$$15c_2 + c_3 = 27$$

$$c_3 = 27 - 15c_2$$

3. Uchinchi tenglamadan:

$$c_2 + 4(27 - 15c_2) = 9$$

$$c_2 + 108 - 60c_2 = 9$$

$$-59c_2 = -99$$

$$c_2 = \frac{99}{59} \approx 1.67797$$

4. c_3 ni topamiz:

$$c_3 = 27 - 15c_2$$

$$c_3 = 27 - 15 \cdot 1.67797$$

$$c_3 \approx 2.83055$$

5. c_1 ni topamiz:

$$c_1 = \frac{9 - c_2}{4}$$

$$c_1 = \frac{9 - 1.67797}{4}$$

$$c_1 \approx 1.8055$$

Endi barcha c koeffitsiyentlarini bilamiz:

$$c_0 = 0$$

$$c_1 \approx 1.8055$$

$$c_2 \approx 1.67797$$

$$c_3 \approx 2.83055$$

$$c_4 = 0$$

b va d koeffitsiyentlarini topish:

$$b_i = \frac{y_{i+1} - y_i}{h_i} - \frac{h_i}{3}(2c_i + c_{i+1})$$

$$d_i = \frac{c_{i+1} - c_i}{3h_i}$$

1. b_0 :

$$b_0 = \frac{1 - 0}{1} - \frac{1}{3}(2 \cdot 0 + 1.8055)$$

$$b_0 \approx 1 - 0.601833$$

$$b_0 \approx 0.398167$$

2. b_1 :

$$b_1 = \frac{4 - 1}{1} - \frac{1}{3}(2 \cdot 1.8055 + 1.67797)$$

$$b_1 \approx 3 - 1.76316$$

$$b_1 \approx 1.23684$$

3. b_2 :

$$b_2 = \frac{9 - 4}{1} - \frac{1}{3}(2 \cdot 1.67797 + 2.83055)$$

$$b_2 \approx 5 - 2.06263$$

$$b_2 \approx 2.93737$$

4. b_3 :

$$b_3 = \frac{16 - 9}{1} - \frac{1}{3}(2 \cdot 2.83055 + 0)$$

$$b_3 \approx 7 - 1.88703$$

$$b_3 \approx 5.11297$$

5. d_0 :

$$d_0 = \frac{1.8055 - 0}{3 \cdot 1}$$

$$d_0 \approx 0.601833$$

6. d_1 :

$$d_1 = \frac{1.67797 - 1.67797}{3 \cdot 1}$$

$$d_1 \approx -0.04251$$

7. d_2 :

$$d_2 = \frac{2.83055 - 1.67797}{3 \cdot 1}$$

$$d_2 \approx 0.384193$$

8. d_3 :

$$d_3 = \frac{0 - 2.83055}{3 \cdot 1}$$

$$d_3 \approx -0.943517$$

Spline funksiyalari:

Endi splayin funksiyalarini yozamiz:

1. Intervallar $[0, 1]$:

$$S_0(x) = 0 + 0.398167(x - 0) + 0(x - 0)^2 + 0.601833(x - 0)^3$$

$$S_0(x) = 0.398167x + 0.601833x^3$$

2. Intervallar $[1, 2]$:

$$S_1(x) = 1 + 1.23684(x - 1) + 1.8055(x - 1)^2 - 0.04251(x - 1)^3$$

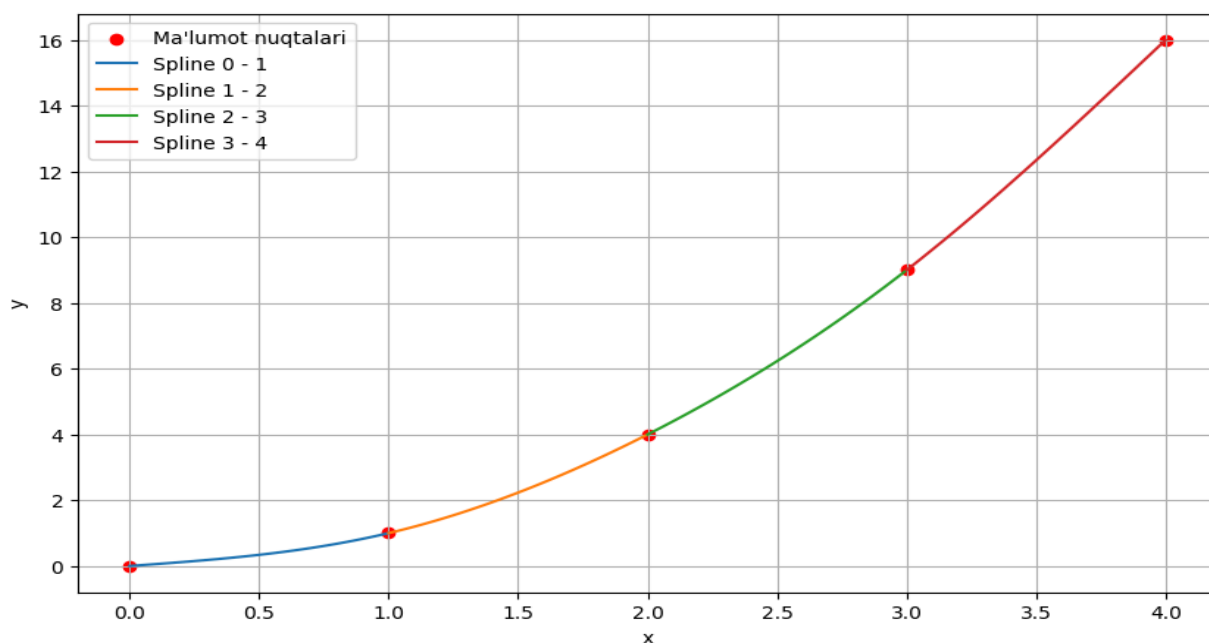
3. Intervallar $[2, 3]$:

$$S_2(x) = 4 + 2.93737(x - 2) + 1.67797(x - 2)^2 + 0.384193(x - 2)^3$$

4. Intervallar $[3, 4]$:

$$S_3(x) = 9 + 5.11297(x - 3) + 2.83055(x - 3)^2 - 0.943517(x - 3)^3$$

Shunday qilib, biz kubik splayin interpolatsiyasini matematik tomondan to'liq hisoblab olindi.

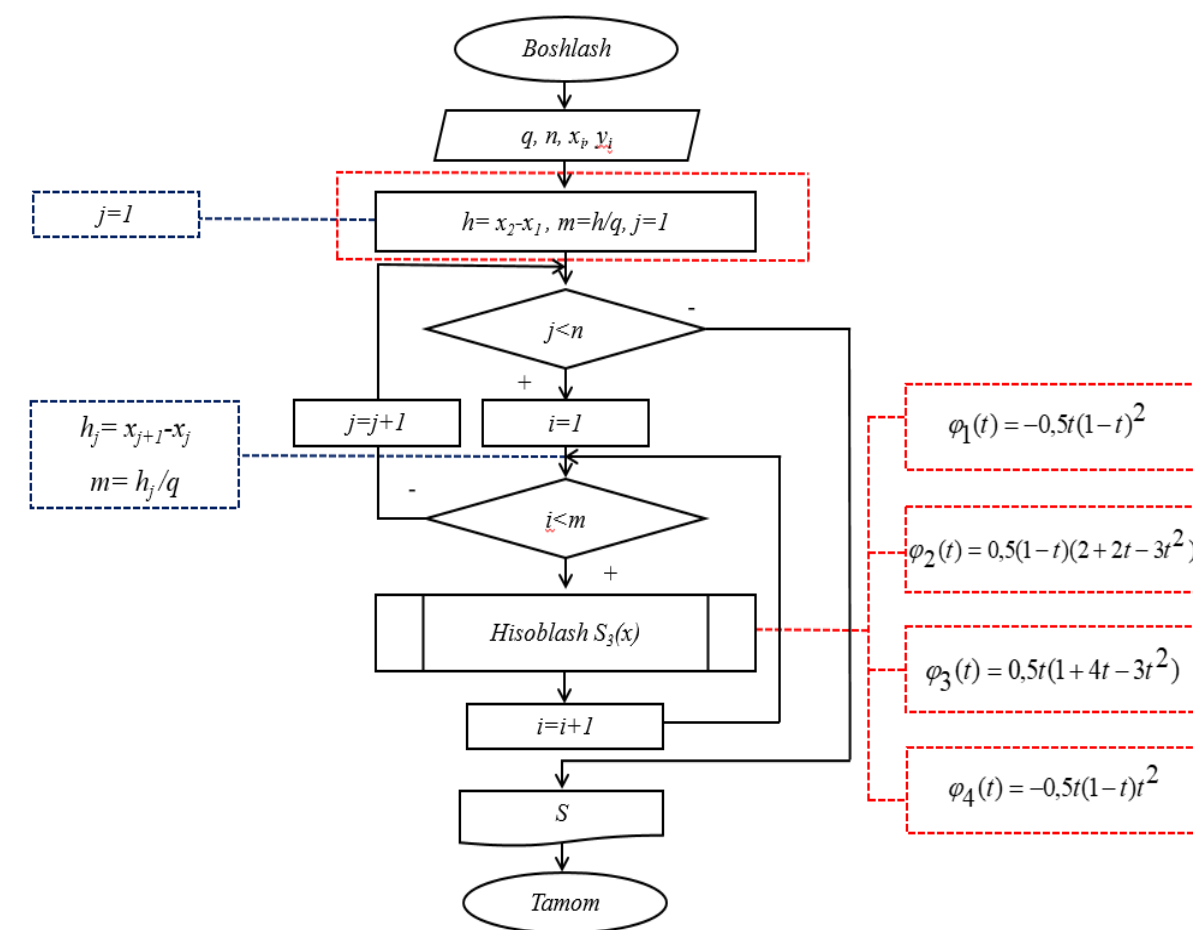


2.1.3-rasm.Signalning natijasi.

2.1.3-rasmda kubik splayin interpolatsiyasini 2.1.1-jadvalda berilgan signal orqali natijasi hisoblandi va dastur natijasi keltirildi.

2.2-§. Kubik siplayin usuli asosida geofizik signallarga raqamli ishlov berish algoritmi.

Ushbu olib borilgan tadqiqot jarayonida geofizik signaliga raqamli ishlov berish kubik splayin usulining matematik modeli foydalangan holda amalga oshirildi. Kubik splayin usuli an'anaviy usullarga nisbatan silliqlik yuqori ekanligi aniqlandi hamda geofizik signallarni kubik splayin usulida interpolyatsiyalash amalga oshirildi. Geofizik signallarni kubik splayin usuli asosida raqamli ishlash algoritmi quyidagi 2.2.1-rasmda keltirilgan blok-sxema orqali ifodalangan.



2.2.1-rasm. Geofizik signallarni raqamli ishlov berish algoritmini blok-sxemasi

Geofizi signallarni kubik splayin usuli asosida raqamli ishlash algoritmi quyidagi qadamlarda ishlab chiqilgan.

Kiruvchi parametirlar $f(t)$, a, b, n ;

Chiquvchi parametirlar S_i ;

1-qadam: $f(t)$ geofizik signalning dastlabki qiymati kiritilsin;

2-qadam: $i = 0$ deb olinsin;

3-qadam: $[a,b]$ oraliq, n qadam kiritilsin;

4- qadam: $h = \frac{b-a}{n}$ qadam aniqlansin;

5- qadam: $i = i + 1$ ning qiymati oshirilsin;

6-qadam: a_i koeffitsiyenti hisoblansin;

7-qadam: b_i koeffitsiyenti hisoblansin;

8-qadam: c_i koeffitsiyenti hisoblansin;

9-qadam: d_i koeffitsiyenti hisoblansin;

10-qadam: $S_i(x) = a_i + b_i(x-x_i) + c_i(x-x_i)^2 + d_i(x-x_i)^3$ funksiya hisoblansin;

11-qadam: tamoam.

Yuqorida keltirilgan algoritimga asosan geofizik signallarni kubik splayin usulida raqamli ishlash amalga oshirildi. Kubik splayin usuli asosida geofizik signallarni interpolyatsiyalash natijasining grafik ko‘rinishi 2.2.2-rasmda keltirildi



2.2.2- rasm. Kubik splayin usuli asosida Geofizik signalining interpolyatsiyalash natijasi

Bu yerda kulrang nuqtalar dastlabki olingan signal elementlari qizil chiziq kubik splayin usulida interpolyatsiyalash natijasi..

Kubik splayin usulida geofizik signallarni raqamli ishlash natijasida hosil bo'lgan xatoliklar aniqlandi $[a,b]$ da aniqlangan $f(x)$ uzluksiz funksiya berilgan bo'lsin $[a,b]$ segmentni

$$a \leq x_0 < x_1 < \dots < x_i < \dots < x_n \leq b$$

x_i -tugun nuqtalarga ajratib olinadi.

$$h = x_{i+1} - x_i = \text{const}$$

h - tugun nuqtalar orasidagi masofa.

Har xil darajali polinomlar uchun interpolyatsiyaning metodik xatoliklarini aniqlash formulalari mavjud. Masalan, nolinch darajadagi polinomlar uchun metodik xatolikni baholash formulasi quyidagicha ifodalanadi:

$$|P(x) - f(x)| \leq \frac{1}{2} \max |f'(x)| h \quad (2.2.1)$$

$P(x)$ - signalni approksimatsiyalash natijasida hosil bo'lgan funksiya;

$f(x)$ - signalni qiymatlari.

Birinchi darajadagi polinomlar uchun metodik xatolikni baholash formulasi quyidagicha ifodalanadi:

$$|P(x) - f(x)| \leq \frac{\sqrt{3}}{4} \max |f''(x)| h^2$$

Ikkinchi darajadagi polinomlar uchun metodik xatolikni baholash formulasi quyidagicha ifodalanadi:

$$|P(x) - f(x)| \leq \frac{3}{16} \max |f'''(x)| h^3$$

Signallarni kubik splayin usulida raqamli ishlashning absolyut va nisbiy xatoliklarini baholashni keltiramiz:

$$\Delta = \max_{a \leq x \leq b} |f(x_i) - Absalyut(x_i)|$$

$$\delta = \frac{|f(x_i) - Nis(x_i)|}{f(x_i)} \cdot 100\%$$

Δ - splayinda absolyut xatolik;

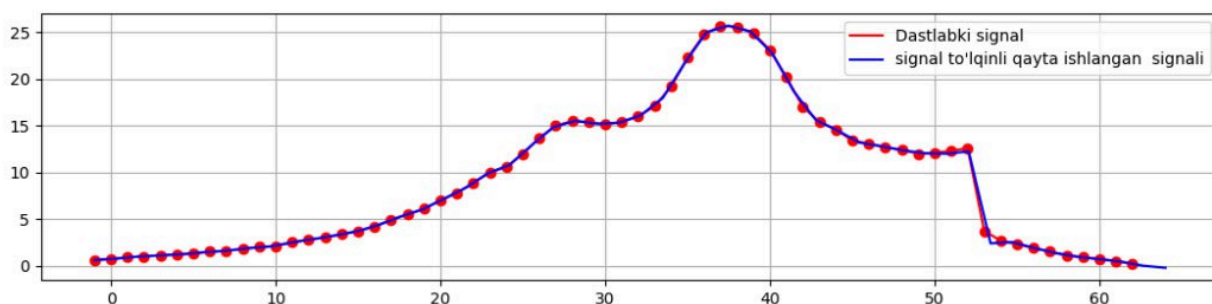
δ - nisbiy xatoligi.

Kubik splayin usulida geofizik signallarni baholash jadvali.

2.2.1-jadval.

Tengmas oraliqlarda o‘lchab olingan geofizik signalning qiymatlari

№	Masofa, km	Magnit maydon, nTs	№	Masofa, km	Magnit maydon, nTs
1.	6.5	10	16.	11.5	25.6
2.	6.7	10.6	17.	11.8	24.9
3.	6.9	12	18.	12	23.1
4.	7.2	13.7	19.	12.3	20.2
5.	7.7	15	20.	12.40	17
6.	7.9	15.5	21.	12.6	15.4
7.	8	15.4	22.	12.7	14.6
8.	9.4	15.1	23.	12.9	13.4
9.	9.6	15.4	24.	13.2	13.1
10.	9.8	16	25.	13.5	12.7
11.	10.2	17.1	26.	13.8	12.4
12.	10.3	19.2	27.	13.9	12
13.	10.7	22.29	28.	14.2	12.1
14.	10.9	24.79	29.	14.5	12.3
15.	11.3	25.7	30.	14.7	12.6



2.2.3- rasm. Geofizik signalni interpolyatsiyalash natijalari.

Ma'lumki, kubik splayn va klassik polinom qurish uchun chiziqli tenglamalar sistemasini mos ravishda Progonka va Gauss usullaridan foydalanib yechiladi. Har ikki usul uchun talab etiladigan amallar soni aniqlandi (2.2.1-jadval). Taqqoslash natijasida tugunlar soni $n=30$ ga teng bo'lganda Progonka usulini qo'llash Gauss usuliga qaraganda 37,5 marta kam amal bajarilishi aniqlandi. Bu esa signallarni raqamli ishlash jarayonlarida kubik splayn modellaridan foydalanish samaraliroq ekanligini ko'rsatadi.

2.2.1-jadval.

Chiziqli tenglamalar sistemasini yechish usullarining talab etiladigan amallar soni bo'yicha taqqoslash natijalari

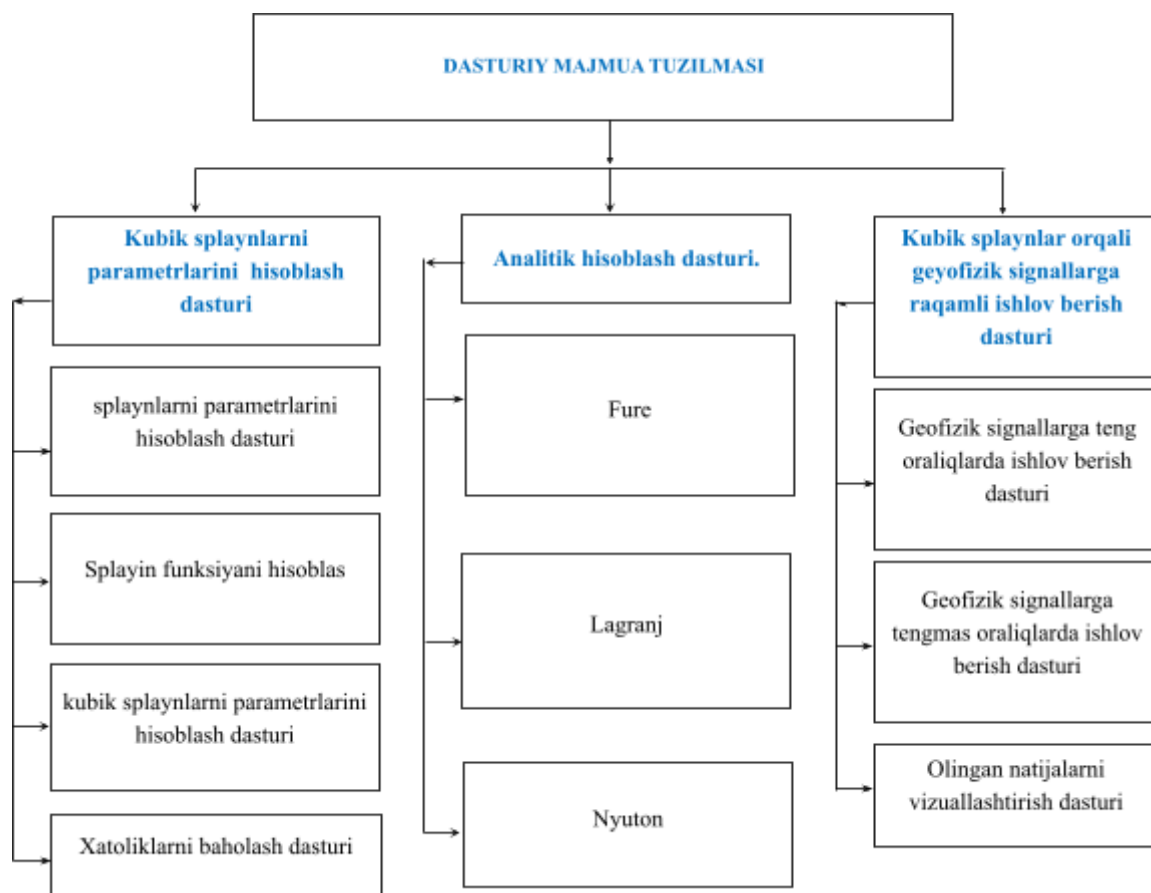
No	Chiziqli tenglamalar sistemasini yechish usullari	Talab etiladigan amallar soni (n-tugun nuqtalar soni)	n=30
1.	Gauss	$\frac{n^3}{3}$	9000 ta
2.	Progonka	$8n$	240 ta

2.3-§. Geofizik signallarni kubik splayn funksiyalar asosida raqamli ishlashning dasturiy vositasini ishlab chiqish.

Kubik splayn usullarining keng ommalashishi, funksiyalarni va signallarni yaqinlashtirish uchun vosita bo'lib xizmat qilishi, hamda boshqa matematik usullar bilan taqqoslaganda signallarga raqamli ishlov berishda ularning aniqligi yuqori va ishlashda iteratsiyalar kamligi ta'minlaydi.

Geofizik signallarga raqamli ishlov berishda kubik splayn foydalanish eng yaxshi usullardan biri hisoblanadi. Bundan tashqari ishlab chiqilgan algoritmlar asosida yaratilgan dasturiy majmuani geofizik sohasiga qo'llanilishi tadqiqotchilar va soha mutaxassislari uchun turli xil ma'lumotlar bazasidan foydalanish va

apparat vositalarga bo‘lgan qaramlikni oldini olishni va xarajatlarini kamaytirishni ta’minlaydi.



2.3.1-rasm.Dasturiy vositaning FunkSIONAL sxema moduli.

Ushbu ishda olib borilgan tadqiqotlar jarayonida funksiyalardan va tajribadan olingan geofizik signalidan foydalanildi. Shuningdek, signallarni raqamli ishlash jarayonlarini modellashtirish uchun dasturiy majmua ishlab chiqildi.

Ishlab chiqilgan dasturiy majmua quyidagi qismlarga bo‘lingan:

- Geofizik signalini kubik splayn orqali raqamli ishlash dasturi;
- Eksperimental ma’lumotlarni *.txt fayl ko‘rinishida tizimga yuklash moduli;
- Natijalarni grafik ko‘rinishda tasvirlash;

Kubik siplayin usulida signallarga raqamli ishlov berish uchun dastur quyidagi parametrlar asosida ishlab chiqildi:

xm = np.arange(-1, len(ym)-1, 1)- Bu qator ym uzunligi bo‘yicha x massivini -1 dan len(ym)-2 gacha hosil qiladi. np.arange(start, stop, step)

funksiyasi berilgan boshlanish (start), tugash (stop) va qadam (step) qiymatlari bo'yicha massiv hosil qiladi. Bu yerda xm massivida interpolyatsiya qilinadigan nuqtalar kiritiladi.

m = gekko()-Bu yerda Gekko modeli m nomli obyekt yaratilmoqda.

m.x = m.Param(value=np.linspace(-1, len(ym))) - Gekko modeli uchun x parametri (m.Param) yaratilmoqda va unga np.linspace(-1, len(ym)) funksiyasi yordamida qiymatlar berilmoqda. np.linspace(start, stop) funksiyasi berilgan oralig'ida teng taqsimlangan qiymatlar massivi hosil qiladi. Bu qiymatlar Gekko modelidagi x parametri bo'lib xizmat qiladi.

m.y = m.Var()- Gekko modeli uchun y o'zgaruvchisi (m.Var) yaratilmoqda. Bu o'zgaruvchi model ichidagi y qiymatlarini ifodalaydi.

m.options.IMODE = 2-Bu qator modelning yechim rejimini (IMODE) 2 ga o'rnatadi, ya'ni regressiya yoki interpolyatsiya rejimi. IMODE=2 interpolyatsiya va regressiya uchun ishlatiladi.

m.cspline(m.x, m.y, xm, ym) - Bu yerda cspline funksiyasi chaqirilmoqda. Bu funksiyaga m.x va m.y parametrlar va o'zgaruvchilar, xm va ym esa interpolyatsiya nuqtalari sifatida kiritiladi. cspline funksiyasi spline interpolyatsiyasini amalga oshiradi.

m.solve(dis=False) - Bu qator modelni yechish uchun ishlatiladi. dis=False parametri esa chiqishni ekranga yozishni o'chiradi.

p = gekko() - Yana bir Gekko modeli p nomli obyekt yaratilmoqda.

p.x = p.Var(value=1, lb=0, ub=10)- Bu yerda yangi model uchun x o'zgaruvchisi yaratilmoqda. x o'zgaruvchisi boshlang'ich qiymati 1, quyi chegarasi 0, va yuqori chegarasi 10 ga o'rnatilgan.

p.y = p.Var()-Yangi model uchun y o'zgaruvchisi yaratilmoqda.

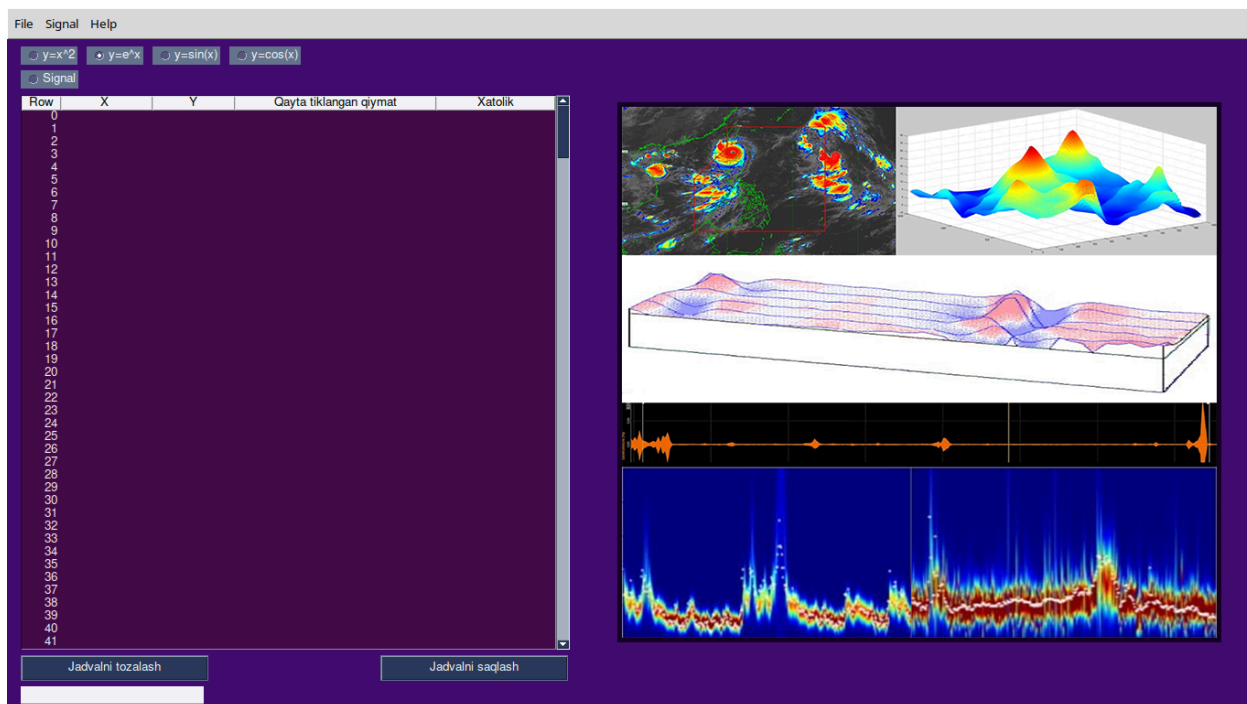
p.cspline(p.x, p.y, xm, ym) - Yana cspline funksiyasi chaqirilmoqda, bu safar yangi model uchun p.x va p.y o'zgaruvchilari va xm va ym interpolyatsiya nuqtalari bilan.

p.Obj(-p.y) - Bu qator maqsad funksiyasini (Obj) belgilaydi. Bu yerda p.y ni maksimallashtirish uchun -p.y o'zgaruvchisi belgilangan. Gekko maqsad

funksiyasini minimallashtirishga harakat qiladi, shuning uchun -p.y ni minimallashtirish aslida p.y ni maksimallashtirishni bildiradi.

p.solve(dis=False) - Yangi modelni yechish uchun ishlatiladi, disp=False esa chiqishni ekranga yozishni o'chiradi.

Yuqorida keltirilgan komponentlardan kubik splayin orqali signallarga raqamli ishlov berish dasturlarida foydalanilgan.



2.3.2- rasm.Dasturiy vositaning bosh oynasi.

Bu yerda keltirilgan 2.3.2-rasmda signallarga ishlov berish dasturiy vositaning asosiy oynasi keltirilgan. Dasturiy vosita desktop holatdagi dasturiy vosita hisoblanadi, dasturiy vosita payhon tilida yaratilgan, dasturda geofizik signallarni raqamli ishlashlov berish dasturi hisoblanadi. Menyular satri qismida File, Signal, Help bo'limlari bo'lib ulardan menyular satridagi File bo'limida Open funksiya, Open Signal va Exit bo'limlari mavjud. Bu bo'limlar quydagi vazifalarni bajaradi:

Open funksiya - ya'ni bu bo'limda biz $y=x^2$, $y=e^x$, $y=\sin(x)$ va $y=\cos(x)$ bu funksiyalar shu 4 ta oraliqda signallarni silliqlash uchun olgan signalimizni qabul qilish bo'limi hisoblanadi.

Open Signal - bu bo‘limda esa har qanday turdagi signal qabul qiladi va signallarni tugun nuqtalar orasidagi qiymatlarni tiklab berish uchun signalni qabul qilish bo‘limi hisoblanadi.

Exit - bu dasturdan chiqish tugmasi.

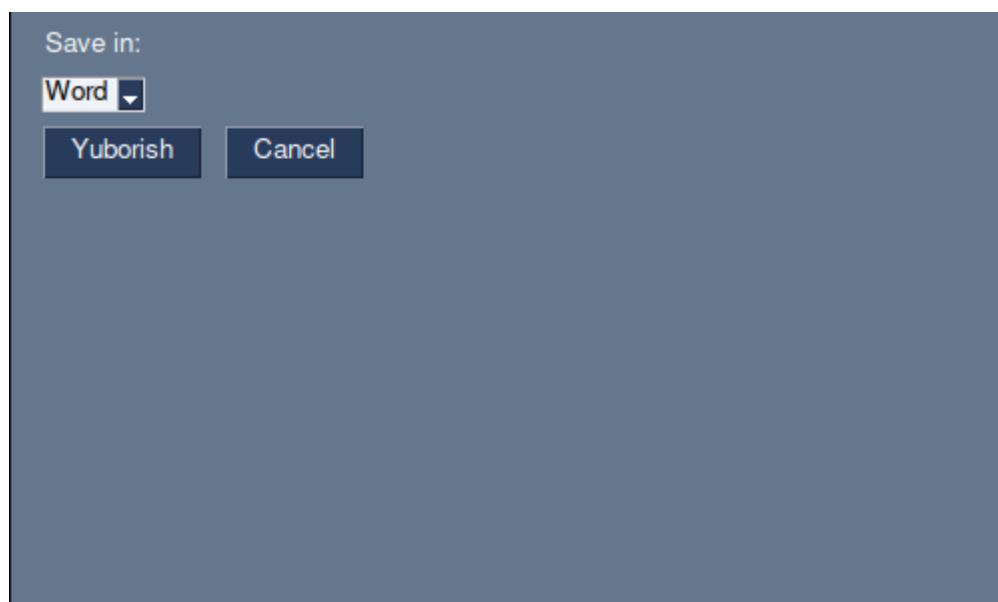
Menyular satridagi Signal va Help:

Signal - Bu tugma ishlatishdan oldin signalni yuklab olganimizdan keyin jadvalga ma’lumotlar chiqqanidan keyin natijaviy grafigini ko‘rish uchun tugma hisoblanadi.

Help - bu bo‘limda dastur haqidagi ma’lumotlar va ishlanish tartiblari chiqadi.

Jadval - bu qisimda biz olgan signalning qiymatlari natijalari xatoliklari natijalari chiqadi. Bunda funksiya va signalda jadvalda 2 xil ko‘rinish aks etadi. Funksiyada X da biz bergan signal qiymatlari chiqadi, Y da esa tanlangan funksiya orqali chiqqan natija qiymatlari chiqadi, Qayta ishlangan qiymatda kubik splayin orqali qayta tiklangan qiymatlari chiqariladi. Xatolikka bu sutunda funksiya orqali chiqqan natija va qayta tiklangan signal qiymatlari mos tartibda ayirmalar, ya’ni xatoliklar natijasi chiqadi. Signal uchun esa X da vaqt ya’ni biz yuqorida keltirganimizday signalni diskret qiymati va vaqt bo‘yicha grafigi quramiz va tugun nuqtalar orasidagi qiymatlarni qayta tiklaymiz. Y ustunda biz bergan signalning qiymatlari chiqadi, Qayta tiklangan qiymat ustunida splayin orqali tiklangan qiymatlardagi tugun nuqtalarini qiymatlari chiqadi. Xatolik ustunida signalning asil qiymati va qayta tiklangan signalning tugun nuqtalarini ayirmasi chiqadi.

“Jadvalni tozalash” bu tugma bosilganda jadvalda chiqqan natijalarni tozalaydi



2.3.3 - rasm. Jadvalni saqlash.

“Jadvalni saqlash” tugmasi bosilganda 2.3.3 - rasmdagi oyna chiqadi bu oynada jadvalda chiqqan natijani qanday shaklda saqlashligini ko‘rsatish kerak va “Yuborish” bosilganda biz saqlamoqchi bo‘lgan fayl manzilini ko‘rsatish kerak.

Row	X	Y	Qayta tiklangan qiymat	Xatolik
0	0.6	0.36	0.36	0.0
1	0.7	0.4899999999	0.48999999999999994	0.0
2	0.9	0.81	0.81	0.0
3	1.0	1.0	1.0	0.0
4	1.1	1.2100000000	1.2100000000000002	0.0
5	1.2	1.44	1.44	0.0
6	1.3	1.6900000000	1.6900000000000002	0.0
7	1.5	2.25	2.25	0.0
8	1.6	2.5600000000	2.5600000000000005	0.0
9	1.8	3.24	3.24	0.0
10	2.0	4.0	4.0	0.0
11	2.1	4.41	4.41	0.0
12	2.5	6.25	6.25	0.0
13	2.8	7.8399999999	7.839999999999999	0.0
14	3.0	9.0	9.000000000000002	1.7763568394002505e-

2.3.4 - rasm. $y=x^2$ funksiya jadvali.

2.3.4 - rasmda men qurilmadan olingan signalni $y=x^2$ funksiya orqali qiymatini tikladim. Bu yerda X ustundagi qiymatlar bu men bergan qiymat hisoblanadi Y esa signal qiymatini funksiyaga qo‘ygandan keyin olingan natija ,Qayta tiklangan qiymat esa kubik splayin orqali qayta tiklangan qiymat hisoblanadi,Xatolik esa bizdagi $y=x^2$ dan chiqqan ya’ni asil qiymat bilan va qayta tiklangan qiymat larning ayirmasi hisoblanadi ya’ni bunda biz xatolikni baholay olamiz.

Natija:

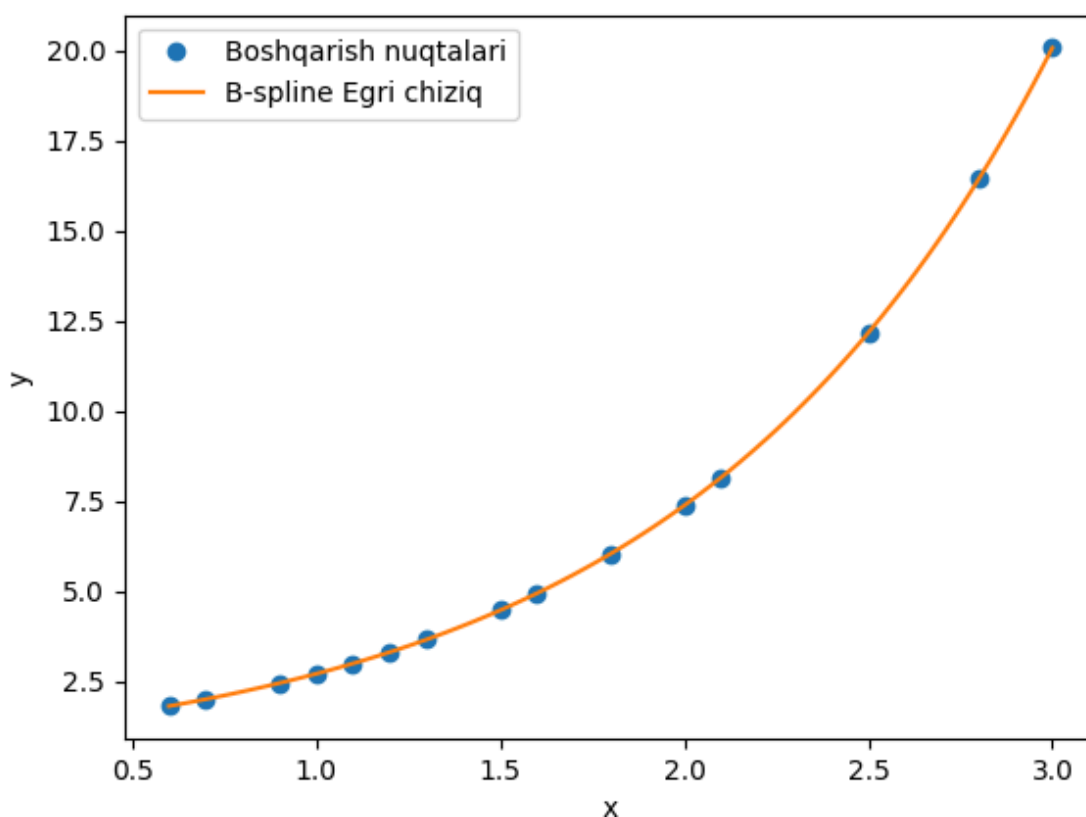
2.3.5 - rasm. Bu rasmda $y=x^2$ grafigi keltirilgan.

Row	X	Y	Qayta tiklangan qiymat	Xatolik
0	0.6	1.8221188003	1.8221188003905089	0.0
1	0.7	2.0137527074	2.0137527074704766	0.0
2	0.9	2.4596031111	2.45960311115695	0.0
3	1.0	2.7182818284	2.718281828459045	0.0
4	1.1	3.0041660239	3.0041660239464334	0.0
5	1.2	3.3201169227	3.3201169227365472	0.0
6	1.3	3.6692966676	3.6692966676192444	0.0
7	1.5	4.4816890703	4.481689070338065	0.0
8	1.6	4.9530324243	4.953032424395115	0.0
9	1.8	6.0496474644	6.0496474644129465	0.0
10	2.0	7.3890560989	7.38905609893065	0.0
11	2.1	8.1661699125	8.166169912567652	0.0
12	2.5	12.182493960	12.182493960703473	0.0
13	2.8	16.444646771	16.444646771097048	0.0
14	3.0	20.085536923	20.085536923187664	3.552713678800501e-1

2.3.6-rasm. $y=e^x$ funksiya jadvali.

2.3.6 - rasmda keltirilgan jadvalda kubik splayinda signalga $y=e^x$ orqali silliqilgan va yo‘qotilgan qiymatlari qayta tiklangan jadvali keltirilgan.

Natija:



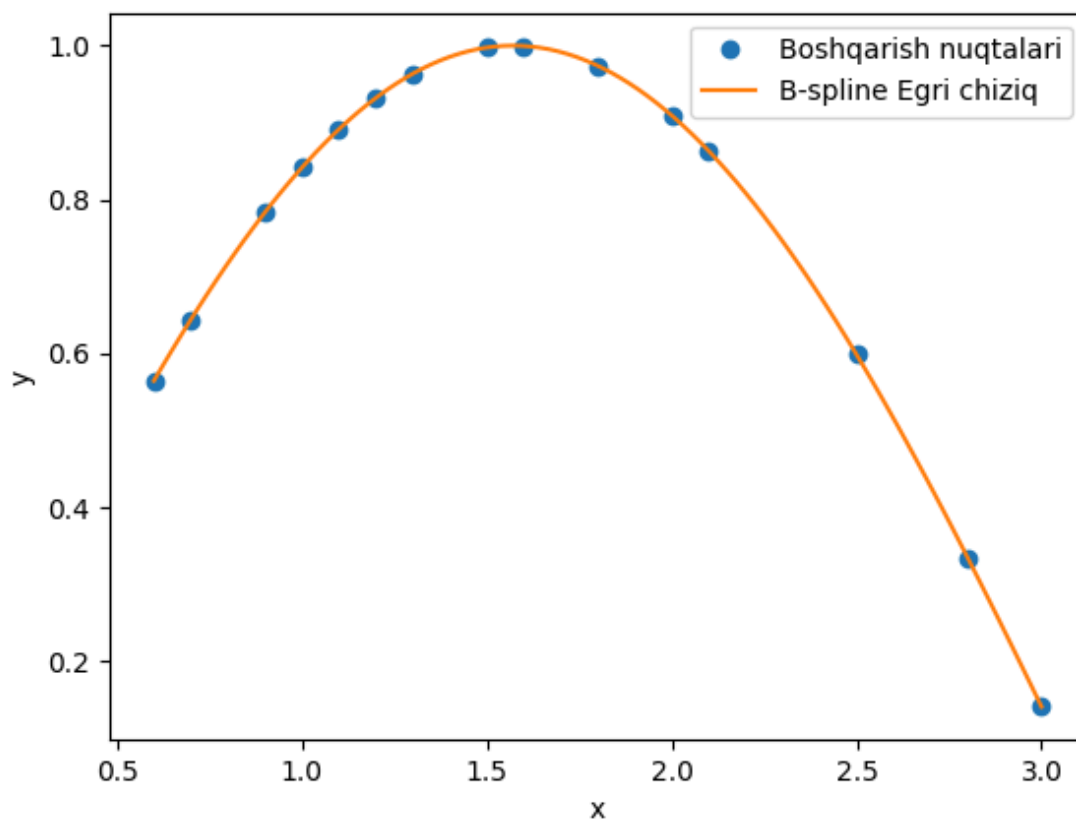
2.3.7 -rasm. Bu rasmda $y=e^x$ grafigi keltirilgan.

Row	X	Y	Qayta tiklangan qiymat	Xatolik
0	0.6	0.5646424733	0.5646424733950354	0.0
1	0.7	0.6442176872	0.644217687237691	0.0
2	0.9	0.7833269096	0.7833269096274834	0.0
3	1.0	0.8414709848	0.8414709848078965	0.0
4	1.1	0.8912073600	0.8912073600614354	0.0
5	1.2	0.9320390859	0.9320390859672263	0.0
6	1.3	0.9635581854	0.963558185417193	0.0
7	1.5	0.9974949866	0.9974949866040544	0.0
8	1.6	0.9995736030	0.9995736030415051	0.0
9	1.8	0.9738476308	0.9738476308781951	0.0
10	2.0	0.9092974268	0.9092974268256817	0.0
11	2.1	0.8632093666	0.8632093666488737	0.0
12	2.5	0.5984721441	0.5984721441039565	0.0
13	2.8	0.3349881501	0.3349881501559051	0.0
14	3.0	0.1411200080	0.1411200080598672	0.0

2.3.8-rasm. $y=\sin(x)$ funksiya jadvali.

2.3.8 - rasmda keltirilgan jadvalda kubik splayinda signalga $y=\sin(x)$ orqali silliqilgan va yo‘qotilgan qiymatlari qayta tiklangan jadvali keltirilgan.

Natija:

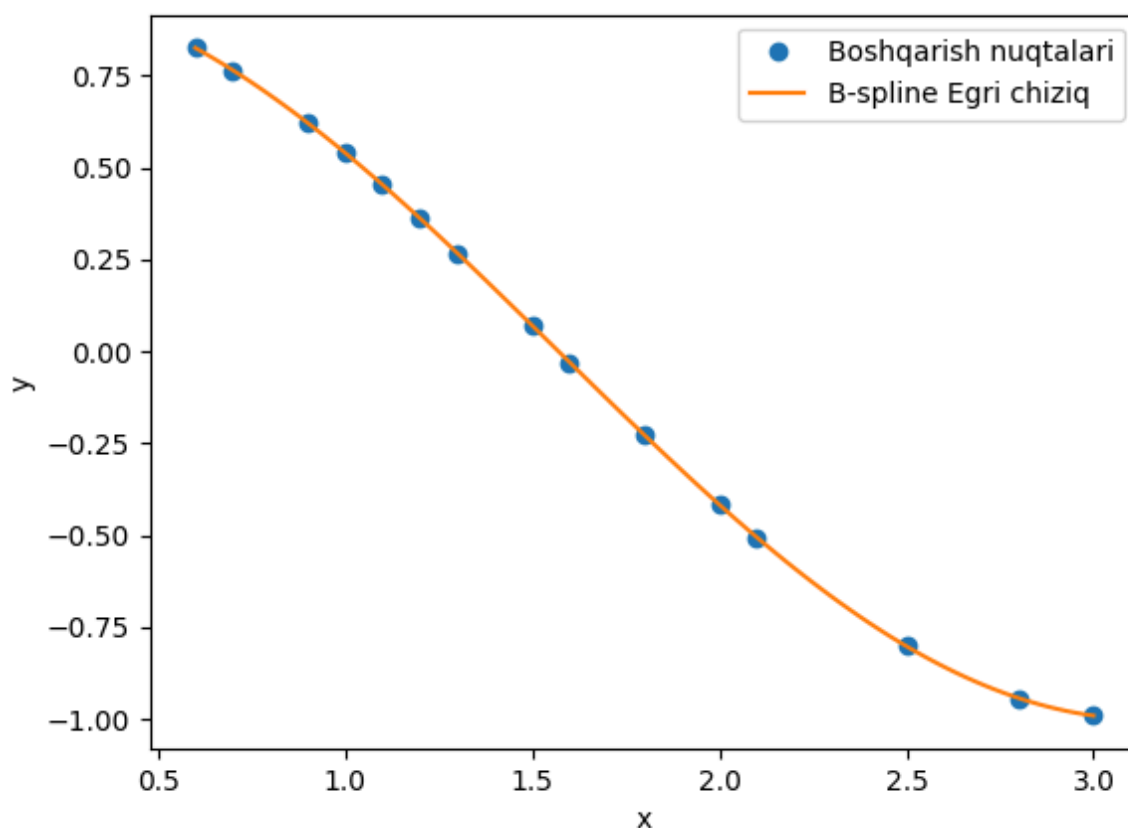


2.3.9 - rasm. Bu rasmda $y=\sin(x)$ grafigi keltirilgan.

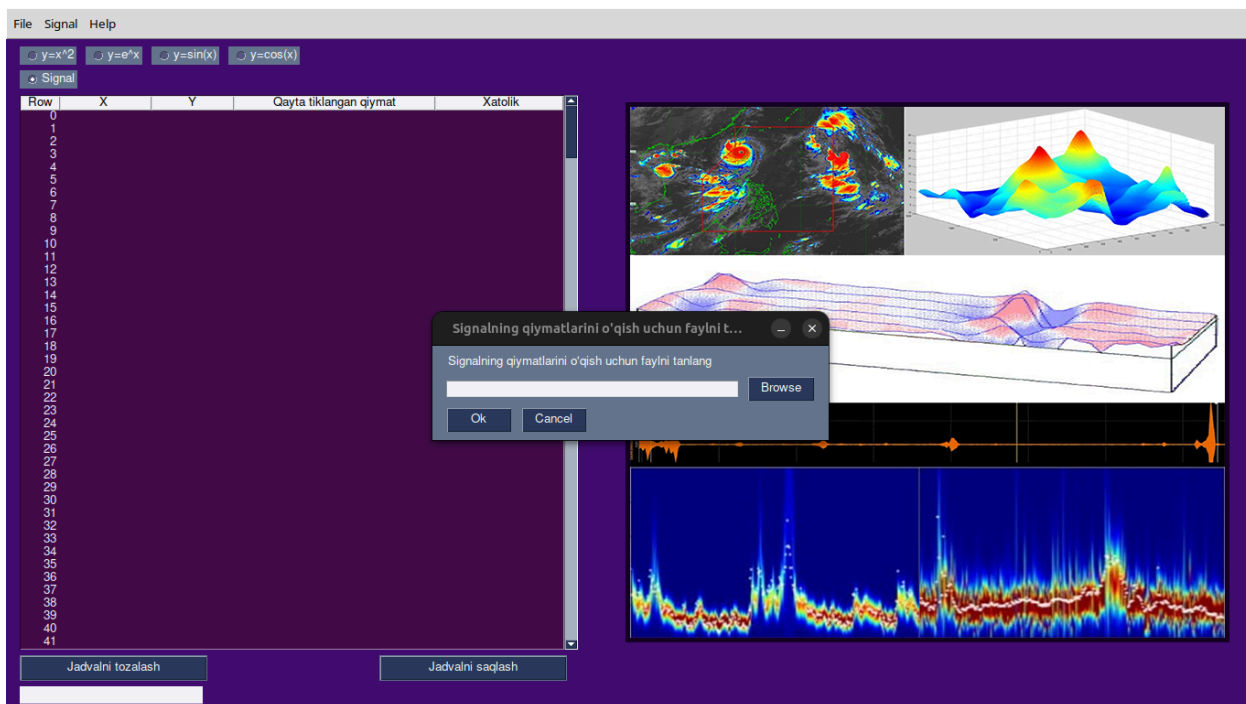
Row	X	Y	Qayta tiklangan qiymat	Xatolik
0	0.6	0.8253356149	0.8253356149096783	0.0
1	0.7	0.7648421872	0.7648421872844885	0.0
2	0.9	0.6216099682	0.6216099682706644	0.0
3	1.0	0.5403023058	0.5403023058681398	0.0
4	1.1	0.4535961214	0.4535961214255773	0.0
5	1.2	0.3623577544	0.3623577544766736	0.0
6	1.3	0.2674988286	0.26749882862458735	0.0
7	1.5	0.0707372016	0.0707372016677029	0.0
8	1.6	-0.0291995223	-0.029199522301288815	0.0
9	1.8	-0.2272020946	-0.2272020946930871	0.0
10	2.0	-0.4161468365	-0.4161468365471424	0.0
11	2.1	-0.5048461045	-0.5048461045998576	0.0
12	2.5	-0.8011436155	-0.8011436155469337	0.0
13	2.8	-0.9422223406	-0.9422223406686581	0.0
14	3.0	-0.9899924966	-0.9899924966004454	0.0

2.3.10 -rasm.Bu rasmda $y=\cos(x)$ funksiya jadvali.

2.3.10-rasmda keltirilgan jadvalda kubik splayinda signalga $y=\cos(x)$ orqali silliqilgan va yo‘qotilgan qiymatlari qayta tiklangan jadvali keltirilgan.

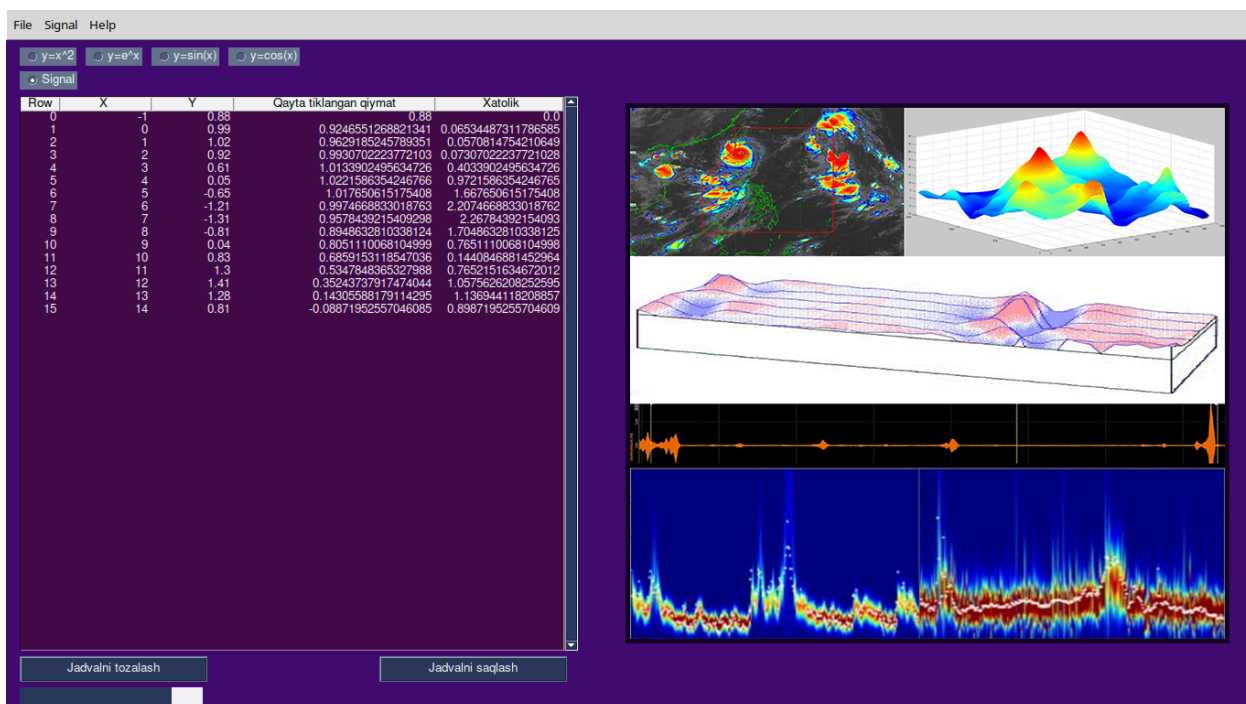


2.3.11 -rasm.Bu rasmda $y=\cos(x)$ grafigi keltirilgan.



2.3.12 - rasm.Signalni yuklash jarayoni.

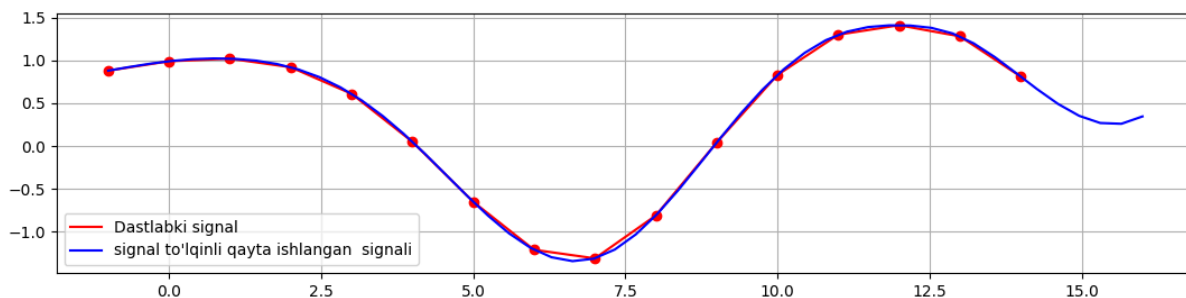
2.3.12 - rasmda Signal uchun ya'ni kubik splayin uchun signalni yo'qotilgan qiymatlarini qayta tiklash uchun signal qiymatlari joylashgan faylni manzilini ko'rsatish kerak.



2.3.13-rasm.Signalni qayta ishlangan holatdagi natijalari.

2.3.13-rasmda kubik splayin orqali signalni yo'qotilgan qiymatini qayta tiklaydi bunda X vaqt ,Y signal va qayta tiklangan signal bor bu orqali biz har 2 ta nuqta orasida 1 ta funksiya quramiz shunda har bir nuqta oralig'idagi qiymatni

qayta tiklay olamiz, bu kubik splayinning yana bir yaxshi tarafi shundaki biz bergan signal orqali keyin hosil bo'lishi mumkin bo'lgan signalni taxmin qiladi.



2.3.14-rasm.Natija grafigi.

2.3.14- rasmda signalimizning yo'qotilgan qiymatlarini kubik splayin orqali qayta tiklangan qiymatlarini grafigi aks etgan ,bunda qizil nuqtalar tugun nuqtalar hisoblanadi, qizil chiziq esa signalimizning grafigi va ko'k chiziq esa biz qayta tiklagan signalning grafigi.Bu rasmga e'tibor bergan bo'lsak oxirgi tugun nuqtadan o'tib ketgan bu haqida yuqorida keltirganman nima uchun bunday bo'lganini.

II bob bo'yicha xulosalar

Signallarga raqamli ishlov berishda interpolatsiyalash masalasi muhim ahamiyat kasb etadi. Ushbu ishda ham geofizik signalni tengmas oraliqlar uchun kubik splayn modeli qurilib interpolatsiyalash jarayoni amalga oshirildi. Natijaga ko'ra splayn funksiyalar usuli signallarni interpolatsiyalashda aniqligi yuqori ekanligini ko'rsatdi . Kubik splayn modeli o'zining quyidagi imkoniyatlariga ega ekanligi namoyon bo'ldi:

- geofizik signallarni interpolatsiyalashda obyektga yaxshi yaqinlashuvchanligi;
- modelning qurilishi klassik polinomlarga nisbatan ancha soddaligi;
- splayn parametrlarini aniqlash algoritmini tuzish sodda va qulay ekanligini ko'rsatdi.

Demak magnitorazvedka yordamida notekis yer yuzasidan tengmas oraliqlarda o'lchab olingan geofizik signallarga raqamli ishlov berishda tengmas oraliqlar uchun qurilgan kubik splayn modellaridan foydalanish yaxshi samara beradi.

XULOSA

“Signallarni natural kubik splayin matematik modeli asosida raqamli ishlash algoritmi va dasturiy vositasini ishlab chiqish” mavzusidagi bitiruv malakaviy ishi bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar doirasida quyidagi natijalar va xulosalar taqdim etildi:

1. Signallar raqamli ishlash jarayonini hamda ularni tahlili asosida vaqt, iqtisodiy jihatdan samarali yondashuvlar yetarli emasligi asoslandi.
2. Splayin usullaridan foydalanib geofizik signallarni raqamli ishlash yondashuvining samaradorliklari aniqlandi. Natijada, Natural kubik splayin usullari tanlab olindi.
3. Tadqiqot masalasini qo‘yilishi belgilab olinib muammoni hal etishning funksional modeli taklif etildi.
4. Natural kubik splayin funksiyasini qurish masalasi tadqiq qilindi. Natijada, geofizik signallarni raqamli ishlash uchun Natural kubik splayin koeffitsiyentlarini hisoblash jarayoni amalga oshirildi.
5. Signallarni qayta ishlash uchun Natural kubik splayin usullarining matematik modellari taklif etildi. Natijada, geofizik signallarni inyerpolyatsiyalashdagi xatoliklarini baholash jarayoni amalga oshirildi.
6. Natural kubik splayin usullari yordamida geofizik signalini raqamli ishlash algoritmlari ishlab chiqildi va natijani grafik tasviri keltirildi.
8. Geofizik signallarni raqamli ishlash algoritmlari asosida dasturiy majmuaning strukturasi ishlab chiqildi. Dasturiy majmuani strukturasi asosida dasturiy modullar yaratildi.

SHARTLI BELGILAR VA ATAMALAR RO‘YXATI

GE	geofizik signallar
XM	Xabar manbai
XESAQ	Xabarni elektr signalga aylantirish qurilmasi
SUQ	Signal uzatish qurilmasi
AL	Aloqa liniyasi
ESXQ	Elektrogastroenterologik signallar
SQQ	Signal qabullash qurilmasi
XI	Xabar iste'molchi
CAD	Avtomatlashtirilgan loyihalash tizimlari (Computer-Aided Design)
AM	Avtomatlashtirilgan kartografiyalash tizimlari (Automated Mapping)
FM	Tarmoqlarni boshqarish tizimlari (Facilities Management)
MBBT	Ma'lumotlar bazalarini boshqarish tizimlari

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Amjad Alipanah, Masoud Pendar and Kaveh Sadeghi Integrals Involving Product of Polynomials and Daubechies Scale Functions // Mathematics Interdisciplinary Research 6 (2021)–P. 275 – 291.
2. Andreasson A, Talley N.J, Walker MM, et al. An Increasing Incidence of Upper Gastrointestinal Disorders // National Center for Biotechnology Information – 2020 – P. 210-213. doi: 10.14309/ajg.0000000000000972.
3. Angeli TR, Cheng LK, Du P, et al. Loss of Interstitial Cells of Cajal and Patterns of Gastric Dysrhythmia in Patients With Chronic Unexplained Nausea and Vomiting // Preview improvements coming to the PMC website in October 2024 – P. 56-66. doi: 10.1053/j.gastro.2015.04.003
4. A. Haar Zur theorie der orthogonalen funktionen systeme // Math. Ann., vol. 69, no. 3, 1910 – P. 331–371.
5. Asmita C. Patel and VH Pradhan Wavelet Galerkin Scheme for Nonlinear Partial Differential Equations // Appl., Nat. Soc. Sci., vol. 2, no. 8, 2014.– P.69 -78
6. Dent J., El-Serag H.B., Wallander M. A., et al. Epidemiology of gastro-oesophageal reflux disease //Asystematic review. Gut –2005. P. 710-717.
7. Gogolewski D., Makiela W. Application of Wavelet Transform to Determine Surface Texture Constituents Proc // Int Symp Prod Res., 2019 (2018), P. 224-231, 10.1007/978-3-319-92267-6
8. G. Beylkin, R. Coifman and V. Rokhlin, Fast wavelet transforms and numerical algorithms // Appl. Math. 44 (1991) –P. 42-98.
9. Gogolewski Damian, Influence of the edge effect on the wavelet analysis process // Measurement, Volume 152, February 2020, P. 101-108, 107314. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.107314>
10. G. Beylkin, R. R. Coifman, and V. Rokhlin, Fast wavelet transforms and numerical algorithms // I,Comm. Pure Appl. Math.44(1991)–P. 35-96.
11. G. Beylkin and J. M. Keiser, On the adaptive numerical solution of nonlinear partial differential equations in wavelet bases //J. Comp. Phys.132(1997).

12. Geldof H, Van der Schee EJ, Van Blankenstein M, et al. Electrogastrographic study of gastric myoelectrical activity in patients with unexplained nausea and vomiting // Gut –1986 P.799-808.
13. Grover M, Farrugia G, Lurken MS, et al. Cellular Changes in Diabetic and Idiopathic Gastroparesis. // Gastroenterology 2011; P.1575-1585.e8.
tp://dx.doi.org/10.1053/j.gastro.2011.
14. I. Daubechies Ten Lectures of Wavelets // CBMS-NSF Regional Conference Series in Applied Mathematics. Springer-Verlag, Berlin, 1992
15. I. Daubechies, Orthonormal basis of compactly supported wavelets, Commun. // Appl. Math. 199 P. 909 – 998
16. Jumanov I.I., Safarov R., Xuramov L.Ya., Optimization of micro-object identification based on detection and correction of distorted image points // Aip conference proceedings
17. Jo‘raev J.O‘., Xurramov L.Ya. Funksiyalarni lagranj va nyuton usulida interpoliyasylash aniqligini oshirish.//Fan va texnologiyalar taraqqiyoti. Buxoro Muxandislik Texnologiyalari Insitituti ilmiy jurnali, №.6, 2020, 133-142-b.
18. Jones MP, Maganti K. Symptoms, gastricfunction, and psychosocial factors in functional dyspepsia // Clin Gastroenterol 2004; P. 866-872.
19. Jones MP, Hoffman S, Shah D, et al. The water load test: observations from healthy controls and patients with functional dyspepsia //Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol 2003 P. 896-904
20. Kumar S. Arora Sangeeta, Brar Yadwinder singh Haar Wavelet Matrices for the Numerical Solutions of Differential Equations // Int. J. Comput. Appl., vol. 97 no. 18, pp.2014. P.39-73.
21. Kayar Y, Danalioglu A, Al Kafee A, et al. Gastric myoelectrical activity abnormalities of electrogastrography in patients with functional dyspepsia // Turk J Gastroenterol –2016. P.415-420.
22. Lucas Monzón, Gregory Beylkin Compactly Supported Wavelets Based on Almost Interpolating and Nearly Linear Phase Filters // Department of Applied Mathematics University of Colorado Boulder P.309-526

23. Lee, B.; Tarnq, Y. S. Application of the discrete wavelet transform to the monitoring of tool failure in end milling using the spindle motor current // International Journal of Advanced Manufacturing Technology.15(4) – P.16-41. doi:10.1007/s001700050062. S2CID 109908427.
24. M. A.; Hendy, M. D.; Penny, D. Parsimony Can Be Consistent // Systematic Biology. 42 (4): P.581–587.
25. N. M. Temme Wavelets: First Steps. // Wavelets: An Elementary Treatment of Theory and Applications Tom H. Koomwinder (ed.), P.1-12.
26. Stanghellini V, Chan FKL, Hasler WL, et al. Gastroduodenal // Disorders // Gastroenterology 2016 P.1380-1392.
27. S. V. Bockarev, Existence of a basis in the space of functions analytic in the disc, and some properties of Franklin’s system // Translated in Math. USSR-Sb. Russian, 1974, P.1–16.
28. See p. 161, III.D.20 and p. 192, III.E.17 in Wojtaszczyk, Przemysław (1991), Banach spaces for analysts, Cambridge Studies in Advanced Mathematics, vol. 25, Cambridge // Cambridge University Press, pp. xiv382, ISBN 0-521-35618-0
29. See p. 3 in J. Lindenstrauss, L. Tzafriri, (1977), Classical Banach Spaces I, Sequence Spaces // Ergebnisse der Mathematik und ihrer Grenzgebiete 92, Berlin: Springer-Verlag, ISBN 3-540-08072-4
30. See for example p. 66 in J. Lindenstrauss, L. Tzafriri, (1977), Classical Banach Spaces I, Sequence Spaces // Ergebnisse der Mathematik und ihrer Grenzgebiete 92, Berlin: Springer-Verlag, ISBN 3-540-08072-4–P. 6-16.
31. Uraqov Sh.U., Xuramov L.Yo. Funksyani interpoliyaslashda Dobeshi va Koiflet veyvletlar usuli // “Innovatsion texnologiyalar: Ilmiy g’oyalar va ishlanmalarni amalyotga joriy etish masalalari va yechimlari” – Toshkent 2023 – B. 170-175
32. Uraqov Sh.U., Xuramov L.Yo. Koyfflet veyvlet modellarida biomeditsina signallarini raqamli ishlash // Matematik modellashtirish, algoritmlash va dasturlashning dolzarb muammolari. – Toshkent, 2023 –B. 216-222
33. V. Finek, Daubechies wavelet on intervals with application to B.V.Ps, J. Appl. // Math. 49 (2004) –P.112-268.

34. W. C. Shann and C. C. Yen, Matrices and quadrature rules for wavelets // Math. (1999) – P.185-198.
35. Taivanese J, Matrices and quadrature rules for wavelets // Math. 2 (1998)– P. 324-366.
36. Xuramov L.Yo. Biotibbiyot tasvirlarini Dobeshi veyvlet usulida raqamli ishlov berishning algoritmlari // “Matematik modellash va axborot texnologiyalarining dolzarb masalalari” Xalqaro ilmiy amaliy konferensiya. – Nukus, 2023. – B. 341-343.
37. Xuramov L.Yo. Tibbiyot signallarini Koiflet veyvletlar usulida raqamli ishlov berishning tahlili // “Science and education in the modern world: challenges of the XXI century” XII International scientific and practical conference. Astana, 2023. – P. 68-73.
38. Xuramov L.Yo., Tibbiyot tasvirlarini Koiflet veyvleti asosida interpolyasyalash algoritmlari // Inter National scientific journal science and innovation special issue – Toshkent, 2023 – C.837-840.
39. Xuramov L.Ya. “Koiflet veyvleti yordamida tasvir sifatini yaxshilash dasturi” Intelektual mulk agentligi guvohnoma, № DGU 2023 3005, 07.04.2023.
40. Xuramov L.Ya. Veyvlet usulida biotibbiyot Signallarni raqamli ishlashning matematik Modellash // “Raqamli texnologiyalar va sun’iy intellektni rivojlantirishning zamonaviy holati va istiqbollari”. – Guliston, 2022 – B. 241-245.
41. Xuramov L.Ya. Xaar veyvleti Yordamida signallarning raqamli ishlash. // “Raqamli texnologiyalar va sun’iy intellektni rivojlantirishning zamonaviy holati va istiqbollari”. – Guliston, 2022 – B. 246-250.
42. Zaynidinov H. N., Jo’raev J.U. Xuramov L.Yo. “Algorithm and software tools for improving interpolation accuracy based on cubic spline” // Scientific Bulletin of Samarkand State University. – Samarkand, 2021. – № 5 (135). – 2022, – B. 98-102. (№ 01-10/1103. 30.07.2020)
43. Zaynidinov X.N, Xuramov L.Ya. Gastroentologik signalarni dobeshi va koifled veyvletlari usullarira raqamli ishlashning tahlili // “Muhammad Al-Xorazmiy avlodlari” Ilmiy-amaliy va axborot-tahliliy jurnali. –Toshkent, 2023. – № 3 (25). – B. 135-144. (05.00.00; №10)

44. Zaynidinov X.N, Xuramov L.Ya. Algorithms of digital processing of medical signals using Wavelets // Journal of Mechanical and Production Engineering (JMPE). – India, 2023. – № 13 – P. 2278-3520. (05.00.00, №35)
45. Zaynidinov X.N, Xuramov L.Ya., Intelligent algorithms of digital processing of biomedical images in wavelet method // Artificial Intelligence, Blockchain, Computing and Security Volume 2. eBook ISBN: 9781032684994 – 2023 – P. 671–677. (Scopus -№3)
46. Zaynidinov X.N, Xuramov L.Ya. Splayn veyvlet almashtirish yordamida signallarni raqamli approksimatsiyalash ni modellashtirish algoritmi.// Informatika va energetika muammolari O‘zbekiston jurnali. – Toshkent, 2022. – №6/2022 – B. 135-144 (05.00.00, №5)
47. Астафьева Н.М. Вейвлет-анализ: основы теории и примеры // УФН, 1996, том 166, № 11, С. 1145–1170
48. Афанасьев А. А. . Рыжков А.П. Цифровая обработка сигналов. // Учебное пособие для вузов. Россия. 2017. С. 112-208
49. Акимов П.А., Мозгалева М.Л. Некоторые элементы кратномасштабного вейвлет-анализа // Вестник МГСУ, 2012, № 8, С. 60–65
50. Белоус И.А., Левашов Ю.А. Теория сигналов // учебное пособие Владивостокский государственный университет экономики и сервиса. Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2017. С.75-100
51. Бордин Д.С., Машарова А.А. Диагностика гастроэзофагеальной рефлюксной болезни и лечение лансопразолом // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. – 2008. – №5. С.100-196
52. Воробьева Г.Н, Дапилова А.Н. Практикум по вычислительной математике. // М: «Высшая школа», 1990. С. 209-301 .
53. Воробьев В.А. Об эффективности параллельных вычислений // Автометрия. – 2011.-№ 6, С. 50-58.
54. В. П. Дьяконов Д93 Вейвлеты. От теории к практике. Изд. 2-е, перераб. и доп.— М.:СОЛОН-Пресс, 2010. С. 285-312.