



KOMPLEKS SONLAR MAVZUSINING AMALIY TATBIQIGA DOIR MASALANI DASTURIY VOSITALARDAN FOYDALANIB O'RGATISH HAQIDA

Raximova Feruza Saidovna	<i>Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU katta o'qituvchisi</i>
Payziyeva Munira Tairovna	<i>Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU katta o'qituvchisi</i>
O'rinov Shuxratjon Shavkatovich	<i>Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU talabasi</i>
Xusnutdinov Azimbek Jahongir o'g'li	<i>Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU talabasi</i>
Faxriddinov Abdulloh	<i>Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU talabasi</i>
Isroilova Gulhayo Akmal qizi	<i>Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU talabasi</i>
Iskandarova Dilafruz Sharofaddin qizi	<i>Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU talabasi</i>
Tursunaliyev Ozodbek Baxrom o'g'li	<i>Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU talabasi</i>
Rustamova Shaxrizoda O'ktam qizi	<i>Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU talabasi</i>

Annotatsiya

Mazkur maqolada kompleks sonlar mavzusining amaliy tatbiqini zamonaviy dasturiy vositalar yordamida o'rgatish metodikasi yoritiladi. Tadqiqotda kompleks sonlarning algebraik va trigonometrik shakllari, ular ustida amallar bajarish, shuningdek, real hayotdagi qo'llanilish sohalari (elektr texnika, signalni qayta ishlash, fizika va muhandislik) tahlil qilinadi. O'quv jarayonida Python, GeoGebra va boshqa raqamli platformalardan foydalanish orqali murakkab matematik tushunchalarni vizual va interaktiv shaklda tushuntirish imkoniyatlari ko'rsatib beriladi. Maqolada dasturiy vositalar yordamida o'qitishning samaradorligi, talabalarning mantiqiy fikrlashi va amaliy ko'nikmalarini rivojlantirishdagi ahamiyati asoslab berilgan. Natijalar shuni ko'rsatadiki, raqamli texnologiyalarni integratsiya qilish kompleks sonlar mavzusini o'zlashtirish darajasini oshiradi hamda ta'lim sifatini yaxshilaydi.

Kalit so'zlar: qiymat signalning qaytish kuchi, kompleks sonlar, dasturiy vositalar, vektor, GeoGebra, matematik modellashtirish, interaktiv ta'lim, vizualizatsiya, interferensiya nazariyasi.

Oliy ta'lim muassasasidagi bir necha yillik tajribalar shuni ko'rsatadiki, talabalarga kompleks sonlar mavzusi o'tilganda ular mavzuni o'zlashtirishlarda, hayotiy misollar bilan va amaliy tatbiqi bilan bog'lashda talabalar qiyinchiliklarga duch kelishadi. Ushbu ishda kompleks sonlarning aviatsiya radar tizimlarida qo'llanilishi bo'yicha ma'lumotlar misollar yordamida keltirilgan, misollar yechib ko'rsatilgan hamda hisob-kitoblarni amalga oshirish uchun yaratilgan dasturiy kod natijalari taqqoslangan.

Bilamizki, radar tizimi eng yuqori aniqlikda ishlashi uchun qabul qilingan signallarning amplituda va fazasini aniq tahlil qilishi kerak. Masala shartidan kelib chiqib, yuborilgan va qaytgan signallarning kompleks ko'rinishdagi funksiyasi tuziladi. Bundan maqsad shuki, bunda signallar orasidagi masofa va tezlik farqi aniqlanadi. Dastlab quyidagi formulalarni keltiramiz. Agar radar yuboradigan signal elektromagnit to'lqin bo'lib, u vaqt bo'yicha sinusoida shaklida o'zgaradi. Uni kompleks $z = a + bj$ shaklida ifodalash bizga ikkita muhim fizik ko'rsatkichni beradi. Ob'yektlar orasidagi masofani topish uchun $|z|$ dan foydalaniladi. Signal obyektidan qaytganda, uning energiyasi masofaga mos ravishda pasayadi. Bilamizki, kompleks sonning moduli $|z| = \sqrt{a^2 + b^2}$ formula bilan topiladi.

Bu qiymat signalning qaytish kuchi hisoblanadi. $r=|z|$ qanchalik kichik bo'lsa, samolyot shunchalik uzoqda yoki uning o'lchami kichik bo'ladi. To'lqin borib kelguncha o'z quvvatini yo'qotadi. Shuning uchun kompleks sonning moduli r masofa R ga proporsional: $r \sim R$. Obyektlar tezligini aniqlash uchun faza — φ dan foydalaniladi. Agar samolyot harakatlanayotgan bo'lsa, qaytgan to'lqinning chastotasi o'zgaradi. Bu o'zgarish kompleks tekislikda vektorning burilish burchagi, ya'ni: $\varphi = \arctan\left(\frac{a}{b}\right)$ formula orqali ifodalanadi. Ushbu formula Doppler effektiga asoslangan. Samolyot harakatlanayotgan bo'lsa, qaytgan to'lqin "siqiladi" yoki "cho'ziladi". Bu kompleks tekislikda vektorning ma'lum burchakka φ burilishi sifatida namoyon bo'ladi.

Agar faza vaqt birligi ichida tez o'zgarsa, demak samolyot shunchalik tez harakatlanmoqda, degan xulosaga kelamiz. To'lqin harakatlanayotgan obyektidan qaytganda uning fazasi siljiydi. Kompleks sonning argumenti φ bizga faza siljishini beradi, bu esa to'g'ridan-to'g'ri Doppler chastotasiga ya'ni tezlikka bog'langan. Ikkita qaytgan signalni bir-biridan ajratib olish uchun biz $z_{\{umumiy\}} = z_2 + z_3$ formuladan foydalanamiz. Bu bog'liqlik superpozitsiya prinsipiga asoslanadi. Elektromagnit to'lqinlar fazoda bir-biriga xalaqit bermasdan tarqaladi, lekin radar antenasiga yetib kelganda ular ustma-ust tushadi. Antenna bir vaqtning o'zida ham birinchi samolyotdan, ham ikkinchi samolyotdan kelgan barcha elektr maydon tebranishlarini qabul qiladi.

Kompleks sonlarni qo'shish orqali biz nafaqat ularning quvvatini, balki ularning fazaviy holatini (to'lqin cho'qqilari bir-biriga to'g'ri kelishi yoki aksincha) ham hisobga olamiz. Bu radarga "umumiy manzara"ni ko'rishga yordam beradi. Ikki obyektни bir-biridan ajratmoqchi bo'lsak,

$\Delta z = z_2 - z_3$ formuladan foydalanamiz. Bu vektorli tahlil va interferensiya nazariyasiga asoslanadi. Agar ikki ob'yektни bir-biridan ajratmoqchi bo'lsak, ularning signallari o'rtasidagi farqni topish zarur bo'ladi. Bu formula orqali biz "differensial

signal” hosil qilamiz. Δz ning moduli $|\Delta z|$ ikki samolyot o‘rtasidagi geometrik masofani, uning fazasi $\arg(\Delta z)$ esa ularning bir-biriga nisbatan harakat yo‘nalishini ko‘rsatadi. Bu ikki ob‘yekt bir-biriga juda yaqin bo‘lganda ularni alohida-alohida nuqta sifatida ajratish uchun xizmat qiladi. Quyidagi misolni qaraylik: Qorong‘u tunda Toshkent xalqaro aeroporti dispetcheri monitorga qarab turibdi. Monitoridagi har bir nuqta aslida minglab kilometr uzoqlikdan kelayotgan “aks-sado”dir. Radar osmonga elektromagnit to‘lqin yuboradi. Bu to‘lqin samolyotga uriladi va qaytib keladi.

Lekin bitta muammo bor: qaytib kelgan signal juda kuchsiz bo‘ladi. Dispetcher bu signal samolyotmi yoki shunchaki bulut ekanligini, u qaysi tomonga qarab uchayotganini qanday bilish mumkin bo‘ladi degan savol tug‘iladi. Bu yerda kompleks sonlar bizga juda qo‘l keladi. Radar har bir qaytgan signalni bitta son emas, balki ikki qismdan iborat vektor ya‘ni kompleks son sifatida qabul qiladi. Bu vektorning uzunligi samolyotning qanchalik kattaligini, uning burchagi esa samolyotning harakatini ifodalaydi.

Masalaning qo‘yilishini quyidagicha ifodalanadi: Aeroport radari osmonga $z_1 = 5 + 3j$ (kVt) quvvatli signal yubordi. Bir oz vaqt o‘tgach, radar qurilmasi ikkita turli ob‘ektdan $z_2 = 2.5 - 1.2j$ (kVt) va $z_3 = 1.8 + 2.1j$ (kVt) signal orqali javob qaytganini aniqladi. Quyidagilarni topish talab qilinadi: Ikki samolyot aeroportdan qanday masofada? Samolyotlar aeroportga yaqinlashayaptimi yoki uzoqlashayaptimi? Ikki samolyot orasidagi masofa qanday?

Masala yechimini kompleks sonlar ustida amallardan foydalanib topamiz. Birinchi bo‘lib har bir samolyotgacha bo‘lgan masofani aniqlanadi. Radar signalni yuborib, u qaytib kelguncha ketgan vaqtni o‘lchaydi. Signal yorug‘lik tezligida ($c = 3 \cdot 10^8$ m/s) harakat qiladi. 1-samolyotdan qaytgan signal $t_1 = 0.0004$ s vaqtda borib qaytganini inobatga olib, quyidagi formula orqali ishlaymiz: $R = \frac{ct}{2}$. Bunda R – samolyot va aeroport orasidagi masofa, c – yorug‘lik tezligi, t – signalning borib qaytishiga ketgan vaqt.

$$R_1 = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 0.0004}{2} = 60 \text{ km.}$$

2-samolyotdan qaytgan signal $t_2 = 0.0006$ s vaqtda borib qaytganini inobatga olib, quyidagi formula orqali topiladi: $R = \frac{ct}{2}$.

$$R_2 = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 0.0006}{2} = 90 \text{ km.}$$

Shundan so‘ng samolyotlarning harakat yo‘nalishlari aniqlanadi. Kompleks sonning burchagi samolyotning radarga nisbatan holatini ko‘rsatadi. 1-samolyot uchun manfiy burchak samolyot uzoqlashayotganini bildiradi.

$$\varphi = \arctan\left(\frac{-1.2}{2.5}\right) = -25.6.$$

2-samolyot uchun musbat burchak samolyot yaqinlashayotganini bildiradi.

$$\varphi = \arctan\left(\frac{2.1}{1.8}\right) = 49.4.$$

Samolyotlar orasidagi masofa farqini, ya‘ni ikkala ob‘yekt bir-biriga yaqin yoki uzoqligini kompleks sonlarni bir-biridan ayirish orqali topiladi.

$$\Delta z = z_2 - z_3 = (2.5 - 1.8) + (-1.2 - 2.1)j = 0.7 - 3.3j.$$

Bu vektorning uzunligi ikkita samolyot orasidagi masofani bildiradi:

$$|\Delta z| = \sqrt[3]{0.7 * 0.7 + (-3.3) * (-3.3)} = 3.37 .$$

Masalani yechish natijasida birinchi samolyot 60 km uzoqlikda va u aeroportdan uzoqlashib borayotganini va ikkinchi samolyot 90 km uzoqlikda va u aeroportga yaqinlashib kelayotganini topildi. Ushbu misol orqali kompleks sonlarning ob'ektlar orasidagi masofani, yo'nalishini hisoblashga tatbiq ko'rildi.

Bunga mos dastur yaratildi va natijalar taqqoslandi. Dastur yaratishda kompleks sonlardagi *polar()* funksiyasidan foydalanish uchun *cmath* kutubxonasi import qilindi. Dastlab, tanishtiruv qismi va amallar bajarish menyusi shabloni keltiriladi.

```

1 from cmath import *
2
3 print('-' * 61)
4 print(" <<< Kompleks sonlar hisblagich dasturiga xush kelibsiz! >>> ")
5 print('-' * 61)
6
7 menu = """
8 -----
9 Amallar:
10 -----
11 1. (+)
12 2. (-)
13 3. (*)
14 4. (/)
15 5. (^)
16 6. (r & f)
17
18 0. Chiqish
19 -----
20 """

```

Asosiy *main()* funksiyasining tanasi quyidagicha bo'ladi:

```

21 def main():
22     while True:
23         input('[ENTER]')
24         print(menu)
25         tanlov = int(input(" >>> "))
26         match tanlov:

```

Tanlovga ko'ra ifoda kiritish yoki amal bajarish uchun quyidagi buyruqlar qaraladi:

```

31         case 5:
32             print(f"\n{'-' * 22}Kompleks son: (5 + 3j){'-' * 22}")
33             z = complex(input("z = "))
34             d = float(eval(input("Daraja = ")))
35         case 6:
36             print(f"\n{'-' * 22}Kompleks son: (5 + 3j){'-' * 22}")
37             z = complex(input("z = "))
38             r, f = polar(z)

```

Tanlovga ko'ra amal bajarish va natijani ko'rsatish uchun quyidagi buyruqlar qarab chiqiladi:

```

47         match tanlov:
48             case 1:
49                 res = f"Natija: z1 + z2 = {z1 + z2}"
50             case 2:
51                 res = f"Natija: z1 - z2 = {z1 - z2}"
52             case 3:
53                 res = f"Natija: z1 * z2 = {z1 * z2}"
54             case 4:
55                 res = f"Natija: z1 / z2 = {z1 / z2}"
56             case 5:
57                 res = f"Natija: z ^ daraja = {z ** d}"
58             case 6:
59                 radius = round(r, 2)
60                 f_r = round(f, 2)
61                 f_g = round(180 * f / pi, 2)
62                 res = f"Natija: r = {radius} | fi = {f_r} rad; fi = {f_g}"
63             print(f"{len(res) * '-'}\n(res)\n{len(res) * '-'}")

```

Dastur natijasini quyidagi ekranda ko'rinadi:

$$z\{\text{umumiy}\} = (z2 + z3) + z4. \quad z2 + z3 = 4.3 + 1.2j$$

```

Amallar:
1. (+)
2. (-)
3. (*)
4. (/)
5. (^)
6. (r & f)

0. Chiqish

>>> 1

Kompleks son: (5 + 3j)
-----
z1 = 2.5-1.2j
z2 = 1.8+2.4j
-----
Natija: z1 + z2 = (4.3+1.2j)
[ENTER]

```

Talabalarga kompleks sonlar mavzularini bunday real hayotiy misollar orqali tushuntirish ularning darsdagi faolligini oshiradi va mavzuni o'zlashtirishdagi qiyinchiliklarni bartaraf etadi. Talaba kompleks sonlar mavzusiga doir nazariy ma'lumotlarni obyektlar xavfsizligi bilan bog'lab tasavvur qiladi va bu formulalarni eslab qolish imkonini beradi.

Adabiyotlar:

1. Chay Z.S., Raximova F.S., Aliqulov Y.Q., Islomova O.A. Solution of a system of linear algebraic equations using the square root method and development of software. International journal of advanced research in education, technology and management, 2025, ISSN:2349-001 IF 8.1, №9, 2025 yil noyabr, 118-129-betlar
2. Raximova F.S., Payziyeva M.T., Atayeva A.A. Calculating Higher-order determinants using programs. International journal of European research output, 2025, ISSN:2053-3578 IF 12.34, №10, 2025 yil oktyabr, 150-157-betlar
3. Raximova Feruza Saidovna, Qalandarov O'tkir Namozovich, Islamova Odila Abduraimovna, Chay Zoya Sergeevna, Tadjibayeva Shaxzadaxan Ergashevna, Qurbonova Ruxsora Javliyevna SOLVING THE TRANSPORTATION PROBLEM USING THE NORTH-WEST CORNER METHOD WITH THE HELP OF SOFTWARE. International journal of European research output, 2026, ISSN:2053-3578 IF 12.34 topshirilgan
4. Marat Karimov, [Feruza Rakhimova](#). Modeling of Groundwater Flow in a Multilayer Porous Medium Based on a Nonlinear Mathematical Model. Fourth International Conference on Digital Technologies and Artificial Intelligence Development Research Institute, (DTIEE 2025). – SPIE, 2025. –T.13662.–C.136-141.0277-786X,136620J-[https://DOI:10.1117/12.3072569](https://doi.org/10.1117/12.3072569)
5. Raximova F.S., Nurmatova S.B., Atayeva A.A. Talabalarga yuqori tartibli determinantlarni hisoblashda dasturiy ta'minotlardan foydalanishni o'rgatish haqida. Amaliy fundamental tadqiqotlar jurnali 10(2025), 72-78-betlar