

HTML DASTURI YORDAMIDA KECHIKUVCHI ARGUMENTLI DIFFERENSIAL-AYIRMALI TENGLAMALAR SISTEMASI YECHIMINI GRAFIK SHAKLDA TASVIRLANISHI

Sharipova Soraxon Toxirjon qizi,
Andijon davlat universiteti talabasi
soraxonsharipova@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada chiziqli kechikuvchi argumentli differensial-ayirmali tenglamalar sistemasini qadamlar usuli orqali yechimi tahlil qilinadi. Masalani yechish uchun HTML va JavaScript texnologiyalari asosida foydalanuvchi istalgan matritsalarini kiritib, $K(t)$ yechimini grafik ko‘rinishda olish imkonini beruvchi dasturiy vosita ishlab chiqilgan. Mazkur tizim matematik modellashirishda, ayniqsa kechikuvchi tizimlarning vizual tahlilida samarali qo‘llanilishi mumkin.

Kalit so‘zlar: differensial-ayirmali tenglamalar, kechikuvchi miqdor, kvadrat matritsa, eksponensial matritsa, qadamlar usuli, grafik, HTML, JavaScript.

Kirish. Zamonaviy matematik modellashirishda vaqtga bog‘liq kechikuvchi jarayonlarni tavsiflovchi tenglamalar muhim o‘rin tutadi. Bu kabi tenglamalar nafaqat nazariy fizikada, balki texnika, iqtisodiyot, biologiya va boshqaruv tizimlarida ham keng qo‘llaniladi. Ayniqsa, kechikuvchi argumentli differensial-ayirmali tenglamalar sistemasini o‘rganish — real jarayonlardagi kechikishni hisobga olish imkonini beradi. Ushbu maqolada shunday tenglamani qadamlar usuli bilan yechish masalasi ko‘rib chiqiladi. Qadamlar usuli asosida fundamental matritsa funksiyasi $K(t)$ bosqichma-bosqich aniqlanadi. Mazkur usulga asoslangan holda interaktiv HTML dasturi ishlab chiqildi, unda foydalanuvchi matritsa va parametrlarni kiritib, natijani grafik ko‘rinishda olishi mumkin.

Natijalar. Aytaylik

$$\dot{K}(t) = AK(t) + BK(t - h), \quad (1)$$

(1) chiziqli kechikuvchi tipli differensial-ayirmali tenglamalar sistemasini berilgan bo‘lsin. $K(t)$ quyidagi xossalarga ega bo‘lgan yagona matritsali funksiya: a) $K(t) = \tilde{0}$, $t < 0$, $\tilde{0} - n$ – tartibli nol matritsa; b) $K(0) = E$, bunda $E - n$ – tartibli birlik matritsa; c) $K(t - h)$ $[0, +\infty)$ da uzluksiz funksiya [1].

Berilgan (1) tenglamani ketma-ket integrallash usuli bilan yechib olamiz [2].

Umumiy holatda barcha $Nh \leq t < (N + 1)h$, lar uchun

$$K(t) = E \sum_{i=0}^N B^i \frac{(t - ih)^i}{i!}, \quad Nh \leq t < (N + 1)h \quad (2)$$

(2) tenglik o‘rinli bo‘ladi. Bu yechimni bosqichma-bosqich hisoblash va grafikni tasvirlash uchun HTML yordamida dastur ishlab chiqildi.

Dasturiy yechim (HTML+JS):



```
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <title>K(t) Grafik</title>
  <script
src="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/mathjs/11.11.0/math.min.js"></script>
  <script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/chart.js"></script>
  <style>
    body {
      font-family: Arial, sans-serif;
      max-width: 800px;
      margin: 20px auto;
      padding: 15px;
      background: #f7f7f7;
      border: 1px solid #ccc;
      border-radius: 8px;
    }
    textarea, input {
      width: 100%;
      margin-bottom: 8px;
      padding: 6px;
    }
    button {
      padding: 8px 12px;
      background: #3a7bd5;
      color: white;
      border: none;
      border-radius: 4px;
      cursor: pointer;
    }
    button:hover {
      background: #2a63b5;
    }
    .output {
```

```

margin-top: 15px;
padding: 10px;
background: white;
border-radius: 6px;
}
canvas {
background: #fff;
border: 1px solid #ccc;
margin-top: 10px;
max-width: 100%;
height: 300px !important;
}
</style>
</head>
<body>

<h3>K(t) hisoblash va grafik</h3>

<label>A matritsa:</label>
<textarea id="A">[[0,1],[-2,-3]]</textarea>

<label>B matritsa:</label>
<textarea id="B">[[0,0],[1,0]]</textarea>

<label>Kechikish h:</label>
<input id="h" type="number" step="0.1" value="1">

<label>Qadamlar soni (N):</label>
<input id="N" type="number" value="3">

<label>t oralig'i [0, T] (masalan: 5):</label>
<input id="Tmax" type="number" value="5">

<button onclick="hisobla()">Hisobla va grafikni chiz</button>

<div class="output" id="natija"></div>
<canvas id="myChart" width="600" height="300"></canvas>
<script>
function hisobla() {

```

```

const A = math.matrix(JSON.parse(document.getElementById('A').value));
const B = math.matrix(JSON.parse(document.getElementById('B').value));
const h = parseFloat(document.getElementById('h').value);
const N = parseInt(document.getElementById('N').value);
const Tmax = parseFloat(document.getElementById('Tmax').value);

const n = A.size()[0];
const t_vals = [];
const K_vals = Array.from({ length: n }, () => Array(n).fill(0).map(() => []));

for (let t = 0; t <= Tmax; t += 0.1) {
  t_vals.push(t);
  const eAt = math.expm(math.multiply(A, t));
  let sum = math.zeros(n, n);

  for (let i = 0; i <= N; i++) {
    if (t >= i * h) {
      const Bi = math.pow(B, i);
      const coef = Math.pow(t - i * h, i) / math.factorial(i);
      const eAiH = math.expm(math.multiply(-i, math.multiply(A, h)));
      const term = math.multiply(Bi, coef, eAiH);
      sum = math.add(sum, term);
    }
  }

  const Kt = math.multiply(eAt, sum);

  for (let i = 0; i < n; i++) {
    for (let j = 0; j < n; j++) {
      K_vals[i][j].push(Kt.get([i, j]));
    }
  }
}

document.getElementById('natija').innerHTML =
  `<b>K(t)[i][j] grafiklari:</b>`;
const datasets = [];
for (let i = 0; i < n; i++) {
  for (let j = 0; j < n; j++) {

```

```

datasets.push({
  label: `K(t)[${i}][${j}]`,
  data: K_vals[i][j],
  borderColor: `hsl(${(i * n + j) * 60}, 70%, 50%)`,
  fill: false
});
}
}

const ctx = document.getElementById('myChart').getContext('2d');
if (window.KChart) window.KChart.destroy();
window.KChart = new Chart(ctx, {
  type: 'line',
  data: {
    labels: t_vals.map(t => t.toFixed(2)),
    datasets: datasets
  },
  options: {
    responsive: true,
    scales: {
      x: {
        title: {
          display: true,
          text: 't',
          font: { size: 12 }
        }
      },
      y: {
        title: {
          display: true,
          text: 'K(t)[i][j]',
          font: { size: 12 }
        }
      }
    },
    plugins: {
      legend: { position: 'bottom', labels: { boxWidth: 10 } }
    }
  }
}

```

```
});
}
</script>
</body>
</html>
```

Interaktiv HTML sahifa yaratildi. Foydalanuvchi:

- A, B matritsalarini kiritadi;
- h – kechikuvchi miqdor va t – vaqtni tanlaydi;
- “Hisobla va grafikni chiz” tugmasi orqali natijani oladi;
- grafik orqali $K(t)[i][j]$ elementlarining vaqtga bog‘liq o‘zgarishini ko‘radi.

Dastur JavaScript dagi *math.js* va *chart.js* kutubxonalariga asoslangan bo‘lib, bu yechimni har qanday brauzerda ishlatish mumkin.

K(t) hisoblash va grafik

A matritsa:

B matritsa:

Kechikish h:

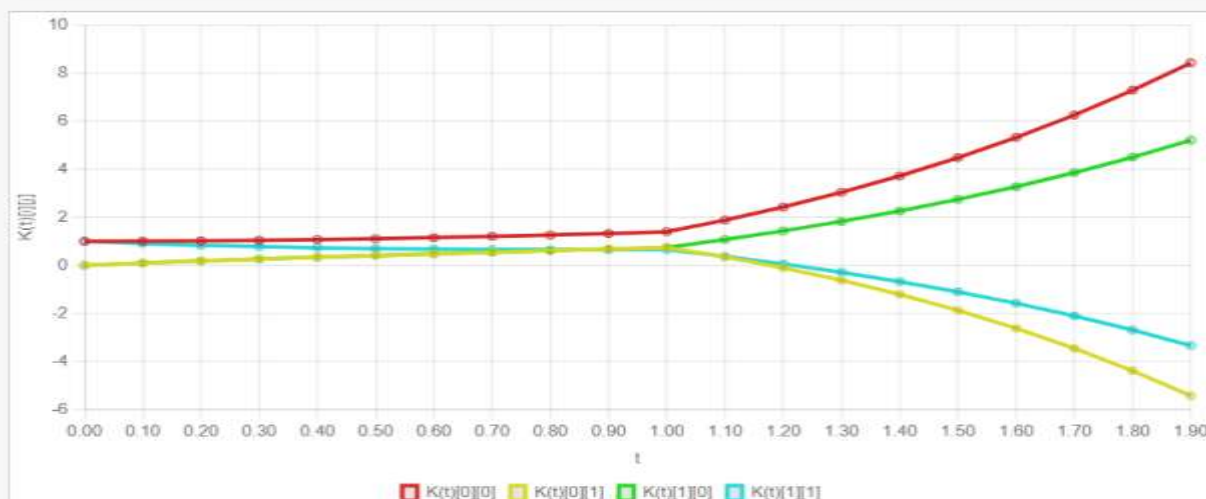
Qadamlar soni (N):

t oralig'i [0, T] (masalan: 5):

[Hisobla va grafikni chiz](#)



K(t)[i][j] grafiklari:



Xulosa. Kechikuvchi argumentli differensial-ayirmali tenglamalar sistemasini sonli usulda yechish va ularning yechimlarini interaktiv ko‘rinishda vizualizatsiya qilish zamonaviy tadqiqotlarda katta ahamiyatga ega. Ushbu maqolada taqdim etilgan dasturiy vosita bu borada sodda, qulay va ko‘p funksiyali yondashuv hisoblanadi. Bu metod o‘quv jarayonida, tadqiqot ishlari yoki model simulyatsiyalarida keng qo‘llanilishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Дже́к К. Хейл. Теория функционально-дифференциальных уравнений Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 421 с. ил.
2. Беллман Р., Кук К. Дифференциального-разностные уравнения. М.: Мир, 1967. 254 с.
3. Abduolimova G.M., Sharipova S.T., “Differensial-ayirmali tenglamalarni yechish usullari” // “BuxDU ilmiy axboroti” ilmiy jurnali, 2024-yil 11-son, 4 – 8.
4. Abduolimova G.M., Sharipova S.T., “Kechikuvchi argumentli differensial-ayirmali tenglama yechimni Python dasturlash tili yordamida tekshirish” // Республиканской научной конференции на тему “Современные проблемы дифференциальных уравнений и смежных разделов математики” 2025-год ФГУ, Фергана. 118-119 с.
5. Карманов В.Г. Математическое программирование. Учебное пособие. М.: Физматлит, 2004.
6. Isroilov M.I. Hisoblash metodlari. 1-qism. - T.: “O‘zbekiston”, 1988.
7. Isroilov M.I. Hisoblash metodlari. 2-qism. - T.: “O‘zbekiston”, 2008.