KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Informatikos fakultetas

Skaitiniai metodai ir algoritmai (P170B115)

3 laboratorinis darbas

17 variantas

Dėstytojas:

lekt. Andrius Kriščiūnas

Darbą atliko:

IFF – 8/13 Mykolas Paulauskas

KAUNAS, 2020

Turinys

Pirmoji užduotis

1 lentelėje duota interpoliuojamos funkcijos analitinė išraiška. Pateikite interpoliacinės funkcijos išraišką naudodami 1 lentelėje nurodytas bazines funkcijas, kai:

a) Taškai pasiskirstę tolygiai.
b) Taškai apskaičiuojami naudojant Čiobyševo abscises.

Interpoliavimo taškų skaičių parinkite laisvai, bet jis turėtų neviršyti 30. Pateikite du grafikus, kai interpoliacinės funkcijos apskaičiuojamos naudojant skirtingas abscises ir gautas interpoliuojančių funkcijų išraiškas. Tame pačiame grafike vaizduokite duotąją funkciją, interpoliacinę funkciją ir netiktį.

17	$\cos(2 \cdot x)/(\sin(2 \cdot x) + 1{,}5) - \frac{x}{5}; -2 \leq x \leq 3;$	Čiobyševo

pav. 1 Užduoties variantas

Pirmos užduoties pirma dalis

Programos kodas:

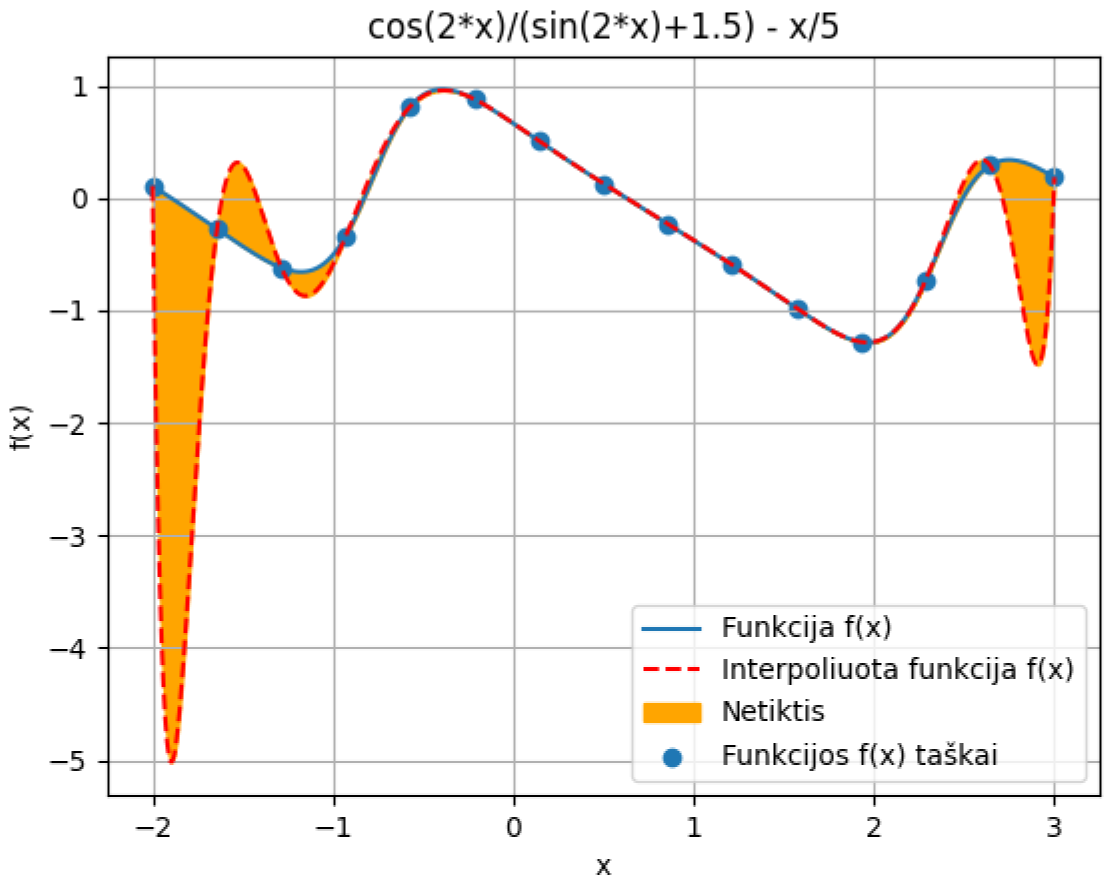
```
from matplotlib import pyplot as plt
import numpy as np


def f(x):
    return np.cos(2 * x) / (np.sin(2 * x) + 1.5) - x / 5


def chebyshev_interpolation(x, coef):
    T = np.zeros(len(coef))
    xAmendent = (2 * x) / (b - a) - (b + a) / (b - a)
    T[0] = 1
    T[1] = xAmendent

    # Čiobyševo interpoliavimo matricos sudarymas
    for i in range(2, n):
        T[i] = 2 * xAmendent * T[i - 1] - T[i - 2]

    # Dauginame koeficientus su Čiobyševo interpoliavimo matrica, gauname atsakym
us
    y = np.dot(T, coef)
    return y
```

```python
def target_fx_points(start, finnish, step):
    x = []
    y = []
    it = start

    while it <= finnish:
        x.append(it)
        y.append(f(it))
        it = it + step

    return x, y


def chebyshev_interpolation_points(start, finnish, step, coef):
    x = []
    y = []
    it = start

    while it <= finnish:
        x.append(it)
        y.append(chebyshev_interpolation(it, coef))
        it = it + step

    return x, y


if __name__ == "__main__":

    # pasirenkamem, kurią užduoties dalį norime vykdyti
    first = True

    # laisvai pasitinktas interpoliavimo taškų kiekis
    n = 15

    # funkcijos intervalas kuria interpoliuosime
    a = -2
    b = 3

    # x taškai
    x = []

    # taškai pasiskirstę tolygiai
    if first:
        x = np.linspace(a, b, n, endpoint=True)
    # taškai apskaičiuojami naudojant Čiobyševo abscises
```

```
    else:
        for i in range(n):
            # Kadangi skaičiuojame ne intervale  [-
1, 1] tai reikalinga x'ui apskaičiuoti keitinį
            xAmendment = ((b - a) / 2) * np.cos((np.pi * (2 * i + 1)) / (2 * n))
+ (b + a) / 2
            x.append(xAmendment)

    # y taškai
    y = []

    for i in range(n):
        y.append(f(x[i]))

    T = np.zeros((n, n))

    # randa funkcijos x reikšmes
    for i in range(n):
        T[i, 0] = 1
        xAmendment = (2 * x[i]) / (b - a) - (b + a) / (b - a)
        T[i, 1] = xAmendment
        for j in range(2, n):
            T[i, j] = 2 * xAmendment * T[i, j - 1] - T[i, j - 2]

    # Kadangi žimone kokias vertes y'as turi turėti, galime apsiskaičiuoti Čiobyš
evo koeficientus
    coef = np.linalg.solve(T, y)
    print("Koeficientai:\n", coef)

    # randa funkcijos analitinius taškus
    fx, fy = target_fx_points(a, b, 0.01)

    # randa interpoliuotos funkcijos taškus
    ix, iy = chebyshev_interpolation_points(a, b, 0.01, coef)

    # piešia grafiką
    plt.title('Duota funkcija f(x): cos(2*x)/(sin(2*x)+1.5) - x/5')
    plt.plot(fx, fy, label='Funkcija f(x)')
    plt.plot(ix, iy, label='Interpoliuota funkcija f(x)', color="green", linestyl
e='dashed')
    plt.fill_between(fx, fy, iy, color="orange", label="Netiktis")
    plt.scatter(x, y, label='Funkcijos f(x) taškai')
    plt.xlabel('x')
    plt.ylabel('f(x)')
    plt.legend()
```

```
    plt.grid(0.5)
    plt.show()
```

Rezultatai:



pav. 2 Pirmos užduoties pirmos dalies rezultatai

Pirmos užduoties antra dalis

Programos kodas:

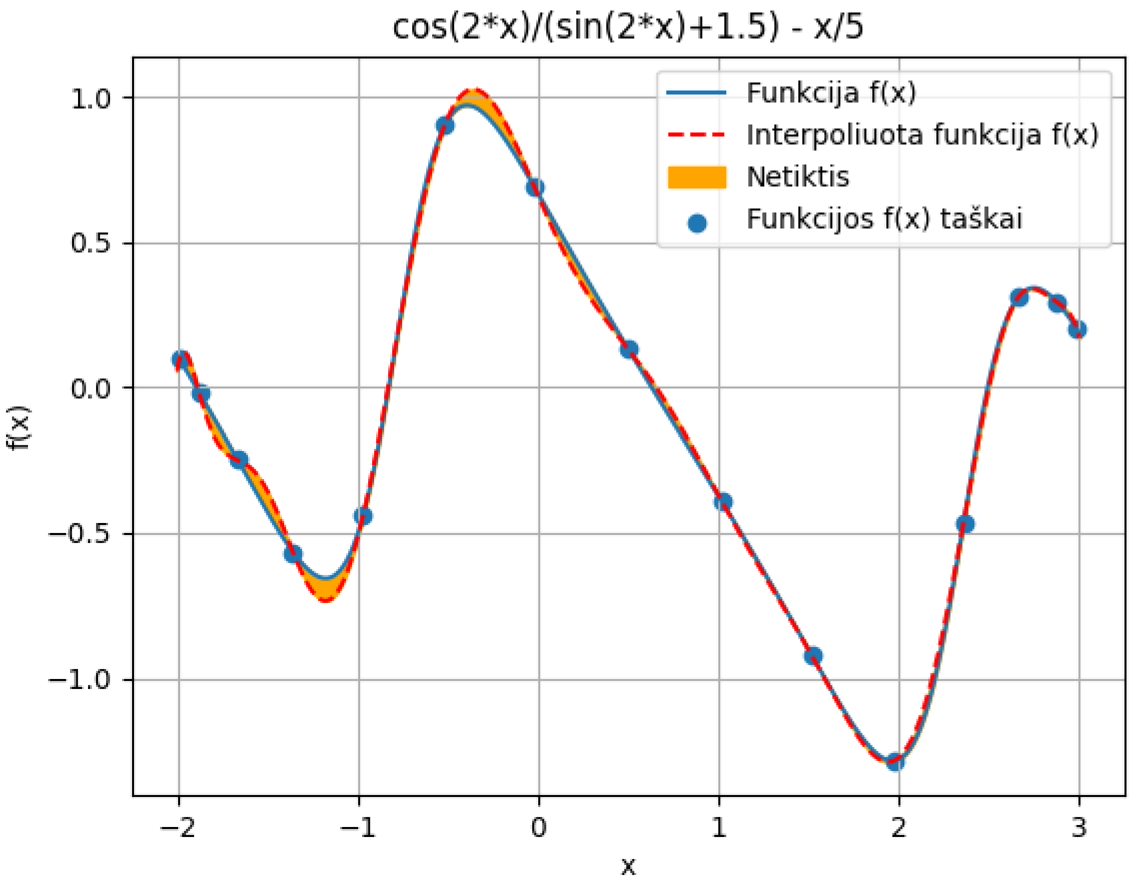
```
from matplotlib import pyplot as plt
import numpy as np


def f(x):
    return np.cos(2 * x) / (np.sin(2 * x) + 1.5) - x / 5

```

```
def chebyshev_interpolation(x, coef):
    T = np.zeros(len(coef))
    xAmendent = (2 * x) / (b - a) - (b + a) / (b - a)
    T[0] = 1
    T[1] = xAmendent

    # Čiobyševo interpoliavimo matricos sudarymas
    for i in range(2, n):
        T[i] = 2 * xAmendent * T[i - 1] - T[i - 2]

    # Dauginame koeficientus su Čiobyševo interpoliavimo matrica, gauname atsakym
us
    y = np.dot(T, coef)
    return y


def target_fx_points(start, finnish, step):
    x = []
    y = []
    it = start

    while it <= finnish:
        x.append(it)
        y.append(f(it))
        it = it + step

    return x, y


def chebyshev_interpolation_points(start, finnish, step, coef):
    x = []
    y = []
    it = start

    while it <= finnish:
        x.append(it)
        y.append(chebyshev_interpolation(it, coef))
        it = it + step

    return x, y


if __name__ == "__main__":

    # pasirenkamem, kurią užduoties dalį norime vykdyti
```

```
    first = False

    # laisvai pasitinktas interpoliavimo taškų kiekis
    n = 15

    # funkcijos intervalas kuria interpoliuosime
    a = -2
    b = 3

    # x taškai
    x = []

    # taškai pasiskirstę tolygiai
    if first:
        x = np.linspace(a, b, n, endpoint=True)
    # taškai apskaičiuojami naudojant Čiobyševo abscises
    else:
        for i in range(n):
            # Kadangi skaičiuojame ne intervale  [-
1, 1] tai reikalinga x'ui apskaičiuoti keitinį
            xAmendment = ((b - a) / 2) * np.cos((np.pi * (2 * i + 1)) / (2 * n))
 + (b + a) / 2
            x.append(xAmendment)

    # y taškai
    y = []

    for i in range(n):
        y.append(f(x[i]))

    T = np.zeros((n, n))

    # randa funkcijos x reikšmes
    for i in range(n):
        T[i, 0] = 1
        xAmendment = (2 * x[i]) / (b - a) - (b + a) / (b - a)
        T[i, 1] = xAmendment
        for j in range(2, n):
            T[i, j] = 2 * xAmendment * T[i, j - 1] - T[i, j - 2]

    # Kadangi žimone kokias vertes y'as turi turėti, galime apsiskaičiuoti Čiobyš
evo koeficientus
    coef = np.linalg.solve(T, y)
    print("Koeficientai:\n", coef)
```

```
    # randa funkcijos analitinius taškus
    fx, fy = target_fx_points(a, b, 0.01)

    # randa interpoliuotos funkcijos taškus
    ix, iy = chebyshev_interpolation_points(a, b, 0.01, coef)

    # piešia grafiką
    plt.title('Duota funkcija f(x): cos(2*x)/(sin(2*x)+1.5) - x/5')
    plt.plot(fx, fy, label='Funkcija f(x)')
    plt.plot(ix, iy, label='Interpoliuota funkcija f(x)', color="green", linestyl
e='dashed')
    plt.fill_between(fx, fy, iy, color="orange", label="Netiktis")
    plt.scatter(x, y, label='Funkcijos f(x) taškai')
    plt.xlabel('x')
    plt.ylabel('f(x)')
    plt.legend()
    plt.grid(0.5)
    plt.show()
```

Rezultatai:



pav. 3 Pirmos užduoties antros dalies rezultatai

Pirmos užduoties išvados

Pagal gautus grafikus matome jog kai taškus parenkame pagal Čiobyševo abscises gauta interpoliuojanti funkcija yra artimesnė funkcijai, kurios rezultato mes norime pasiekti. Šią išvaizdą pagrindžia antros dalies grafike matoma žymiai mažesnė netektis. Nors Čiobyševo taškai atrodo beveik lygūs, jie yra suskirstyti taip, kad interpoliuojančios funkcijos vingiai būtų kuo mažesni.

Antra užduotis

II užduotis. Interpoliavimas daugianariu ir splainu per duotus taškus

Pagal 2 lentelėje pateiktą šalį ir metus, sudaryti interpoliuojančią kreivę 12 mėnesių temperatūroms atvaizduotinurodytais metodais:

a) Daugianariu, sudarytu naudojant 1 lentelėje nurodytas bazines funkcijas.
b) 2 lentelėje nurodyto tipo splainu

pav. 4 Antra užduotis

17	$\cos(2 \cdot x)/(\sin(2 \cdot x) + 1{,}5) - \frac{x}{5}; -2 \leq x \leq 3;$	Čiobyševo

pav. 5 Antros užduoties pirmos dalies variantas

17	Austrija	2014	Globalus

pav. 6 Antros užduoties antros dalies variantas

Antros užduoties pirma dalis

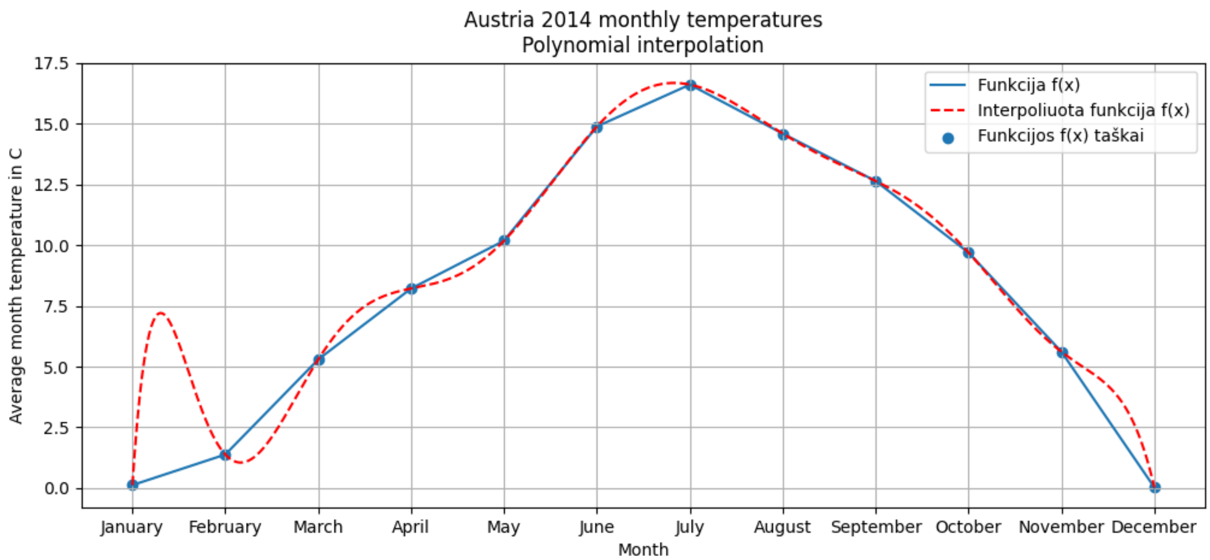
Programos kodas:

```
from matplotlib import pyplot as plt
import numpy as np
import calendar


def f(x):
    return np.cos(2 * x) / (np.sin(2 * x) + 1.5) - x / 5


def chebyshev_interpolation(x, coef):
    T = np.zeros(len(coef))
    xAmendent = (2 * x) / (b - a) - (b + a) / (b - a)
    T[0] = 1
    T[1] = xAmendent

    # Čiobyševo interpoliavimo matricos sudarymas
    for i in range(2, n):
        T[i] = 2 * xAmendent * T[i - 1] - T[i - 2]
```

```
    # Dauginame koeficientus su Čiobyševo interpoliavimo matrica, gauname atsakym
us
    y = np.dot(T, coef)
    return y


def chebyshev_interpolation_points(start, finnish, step, coef):
    x = []
    y = []
    it = start

    while it <= finnish:
        x.append(it)
        y.append(chebyshev_interpolation(it, coef))
        it = it + step

    return x, y


if __name__ == "__main__":

    y = np.array([
        0.12371,
        1.3831,
        5.29799,
        8.2207,
        10.1892,
        14.8951,
        16.617,
        14.5986,
        12.6457,
        9.69687,
        5.61371,
        0.02563
    ])

    # interpoliavimo taškų skaičius
    n = len(y)

    # x taškai
    x = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12]

    a = 1
    b = 12
```

```
    T = np.zeros((n, n))

    # randa funkcijos x reikšmes
    for i in range(n):
        T[i, 0] = 1
        xAmendment = (2 * x[i]) / (b - a) - (b + a) / (b - a)
        T[i, 1] = xAmendment
        for j in range(2, n):
            T[i, j] = 2 * xAmendment * T[i, j - 1] - T[i, j - 2]

    # randa koeficientus
    coef = np.linalg.solve(T, y)
    print("Koeficientai:\n", coef)


    # randa interpoliuotos funkcijos taškus
    ix, iy = chebyshev_interpolation_points(1, 12, 0.01, coef)

    # piešia grafiką
    plt.plot(x, y, label='Funkcija f(x)')
    plt.plot(ix, iy, label='Interpoliuota funkcija f(x)', color="red", linestyle=
'dashed')
    plt.scatter(x, y, label='Funkcijos f(x) taškai')
    plt.title("Austria 2014 monthly temperatures\nPolynomial interpolation")
    plt.xlabel('Month')
    plt.ylabel('Average month temperature in C')
    plt.xticks(x, calendar.month_name[1:13])
    plt.legend()
    plt.grid(0.5)
    plt.show()
```

Rezultatai:



Antros užduoties antra dalis

Programos kodas:

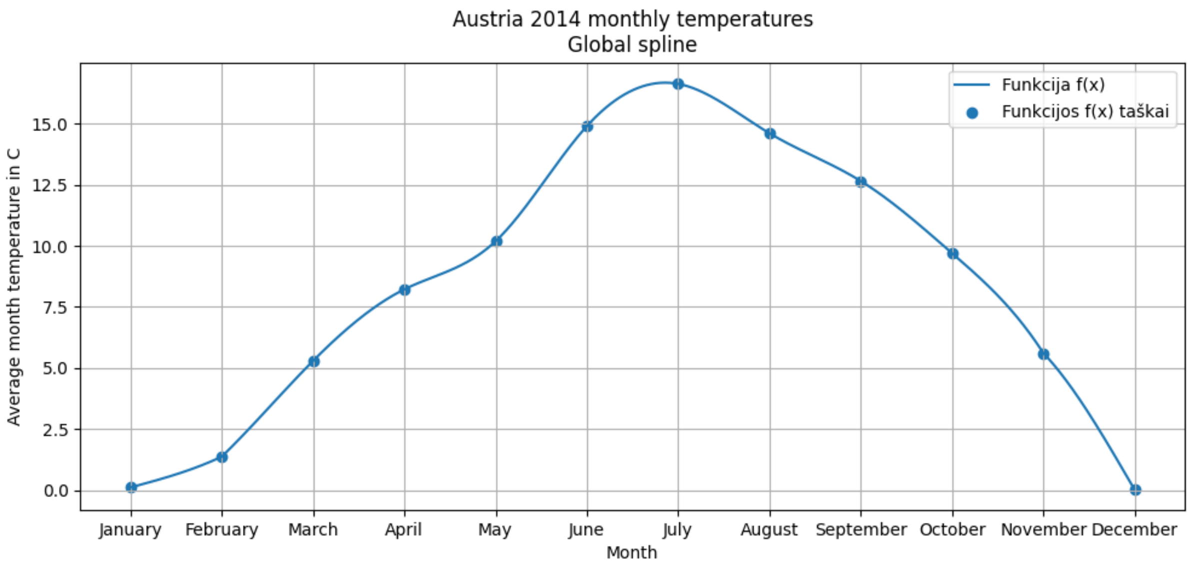
```
import numpy as np
import calendar
from matplotlib import pyplot as plt

# Apskaičiuojame greta esančių taškų atstumus
def calculateDistance(x):
    n = len(x)
    d = np.zeros(n - 1)

    for i in range(n - 1):
        d[i] = x[i + 1] - x[i]
    return d

# Apskaičiuojame globalaus spline'o matricą
def calculateF(x, y):
    n = len(x)
    # x reikšmės
    T = np.zeros((n, n))
    # koeficientai
    b = np.zeros(n)
    # greta esančių taškų atstumai
    d = calculateDistance(x)
```

```
    # 40 skaidrė
    for i in range(n - 2):
        T[i, i] = d[i] / 6
        T[i, i + 1] = (d[i] + d[i + 1]) / 3
        T[i, i + 2] = d[i + 1] / 6

    # 40 skaidrė
    for i in range(n - 2):
        b[i] = ((y[i + 2] - y[i + 1]) / d[i + 1]) - ((y[i + 1] - y[i]) / d[i])

    # 43 skaidrė
    T[n - 2, 0] = d[0] / 3
    T[n - 2, 1] = d[0] / 6
    T[n - 2, n - 2] = d[n - 2] / 6
    T[n - 2, n - 1] = d[n - 2] / 3
    T[n - 1, 0] = 1
    T[n - 1, n - 1] = -1
    b[n - 2] = ((y[1] - y[0]) / d[0]) - ((y[n - 1] - y[n - 2]) / d[n - 2])

    yy = np.linalg.solve(T, b)

    return yy


# skaiciuoja funkcijos reiksme taske, 44 skaidre
def spline(ff1, ff2, s, d, y1, y2):
    a = (ff1 * (s**2 / 2)) - (ff1 * (s**3 / (6*d)))
    b = (ff2 * (s**3 / (6*d))) + (((y2 - y1) / d) * s)
    c = (ff1 * ((d/3) * s)) + (ff2 * ((d/6) * s))

    return a + b - c + y1

# Taškų skaičius
n = 12
aa = 1
x = np.arange(aa, aa+n)
# temperatures
y = np.array([
        0.12371,
        1.3831,
        5.29799,
        8.2207,
        10.1892,
        14.8951,
        16.617,
```

```
        14.5986,
        12.6457,
        9.69687,
        5.61371,
        0.02563
    ])

ff = calculateF(x, y)

# 41 skaidrė
ff[0] = 0
ff[n - 1] = 0

# atstumai tarp gretimų taškų
d = calculateDistance(x)
# grafiko paišymo žingsnis -1 laipsnyje
step = 100
xx = []
yy = []
# pradedame nuo sausio mėnesio
x1 = 1

# pradedame ciklą nuo antro taško
for i in range(1, n):
    # x2 šiuo atveju bus pradžios taškas (kairysis taškas)
    x2 = x1
    for j in range(step):
        # s yra ilgis, kuris nurodo per kiek esamas taškas yra nutolęs nuo kairio
jo (pradinio) taško
        s = x2 - i
        xx.append(x2)
        value = spline(ff[i - 1], ff[i], s, d[i - 1], y[i - 1], y[i])
        yy.append(value)
        # didiname x kas 0.01
        x2 += 1 / step
    x1 += 1

plt.plot(xx, yy, label="Funkcija f(x)")
plt.scatter(x, y, label="Funkcijos f(x) taškai")
plt.xlabel("Month")
plt.ylabel("Average month temperature in C")
plt.legend()
plt.grid()
plt.xticks(x, calendar.month_name[1:13])
plt.title("Austria 2014 monthly temperatures\nGlobal spline")
```

```
plt.grid(0.5)
plt.show()
```

Rezultatai:



Antros užduoties išvados

Rezulatuose matome jog globalaus splaino interpoliuojanti funkcija kinta pastoviau negu nei interpoliuojančio daugianario funkcija. Kadangi interpoliuojančio daugianario funkcija vingiuoja tarp taškų, tai šis grafikas pateikia vaizdą, kuris tikėtinai neatspindi realaus temperatūrų kitimo grafiko. Skaičiuojant splainą mes jungiame taškus atskirai, dėl to vaizdas yra daug tolydesnis ir toks rezultatas teisingesnis mūsų duotiems duomenims

Trečia užduotis

III užduotis. Parametrinis interpoliavimas.

Naudodami parametrinio interpoliavimo metodą 2 lentelėje nurodytu splainu suformuokite 2 lentelėje nurodytos šalies kontūrą. Pateikite pradinius duomenis ir rezultatus, gautus naudojant 10, 20, 50, 100 interpoliavimo taškų.

17	Austrija	2014	Globalus

pav. 7 Trečios užduoties variantas

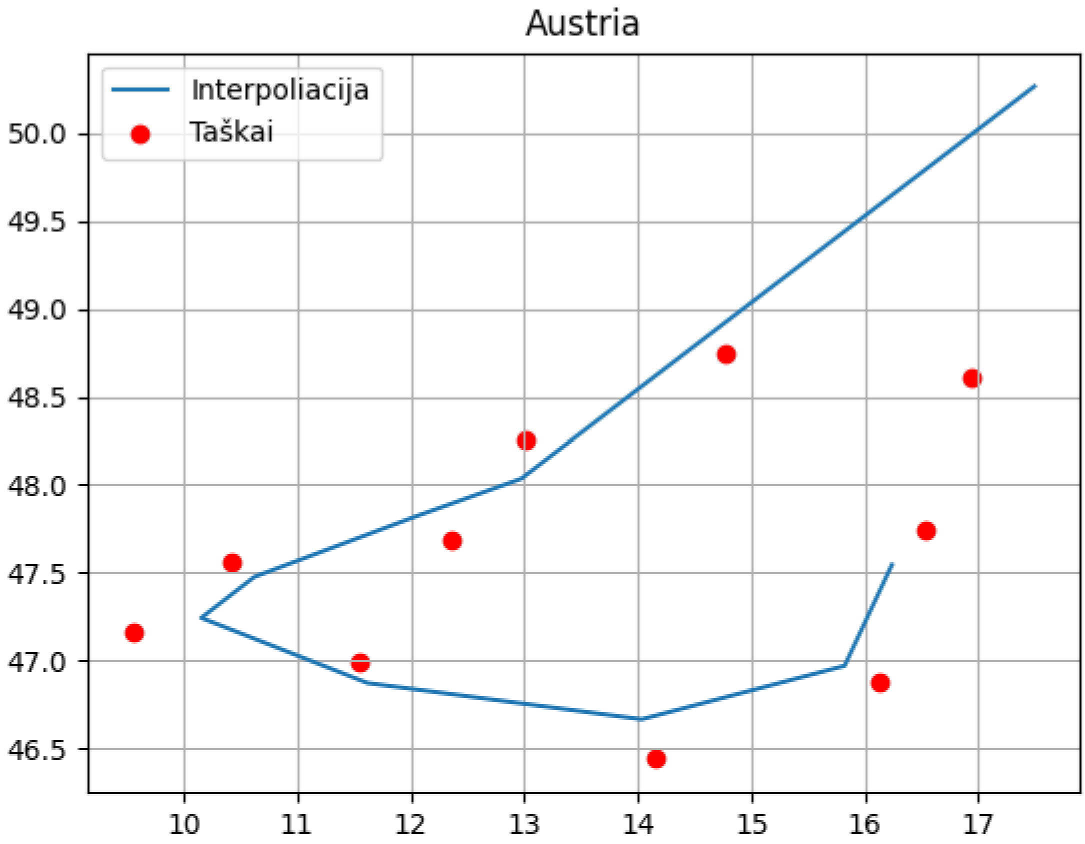
Programos kodas:

```
import numpy as np
from matplotlib import pyplot as plt
import math

# Hiperbolinė sinuso ir kosinuso funkcija
def sinh(a):
    return (math.exp(a) + math.exp(-a)) / 2

def cosh(a):
    return (math.exp(a) - math.exp(-a)) / 2

# randa delta x masyva
def calculateD(x):
    n = len(x)
    d = np.zeros(n - 1)

    for i in range(n - 1):
        d[i] = x[i + 1] - x[i]
    return d

# f'' masyvas
def CalculateF(x, y, q):
    n = len(x)
    # x reikšmės
    T = np.zeros((n, n))
    # koeficientai
    b = np.zeros(n)
    # greta esančių taškų atstumai
    d = calculateD(x)

    # 53 skaidrė
    for i in range(n - 2):
        T[i, i] = 1 / (d[i] * q[i] ** 2) - 1 / (q[i] * sinh(q[i] * d[i]))
        f1 = cosh(sinh(q[i] * d[i])) / (q[i] * sinh(q[i] * d[i]))
        f2 = cosh(sinh(q[i + 1] * d[i + 1])) / (q[i + 1] * sinh(q[i + 1] * d[i + 
1]))
        f3 = 1 / (d[i] * q[i] ** 2) - 1 / (d[i + 1] * q[i + 1] ** 2)
        T[i, i + 1] = f1 + f2 - f3
        T[i, i + 2] = 1 / (d[i + 1] * q[i + 1] ** 2) - 1 / (q[i + 1] * sinh(q[i + 
 1] * d[i + 1]))

    # 53 skaidrė
```

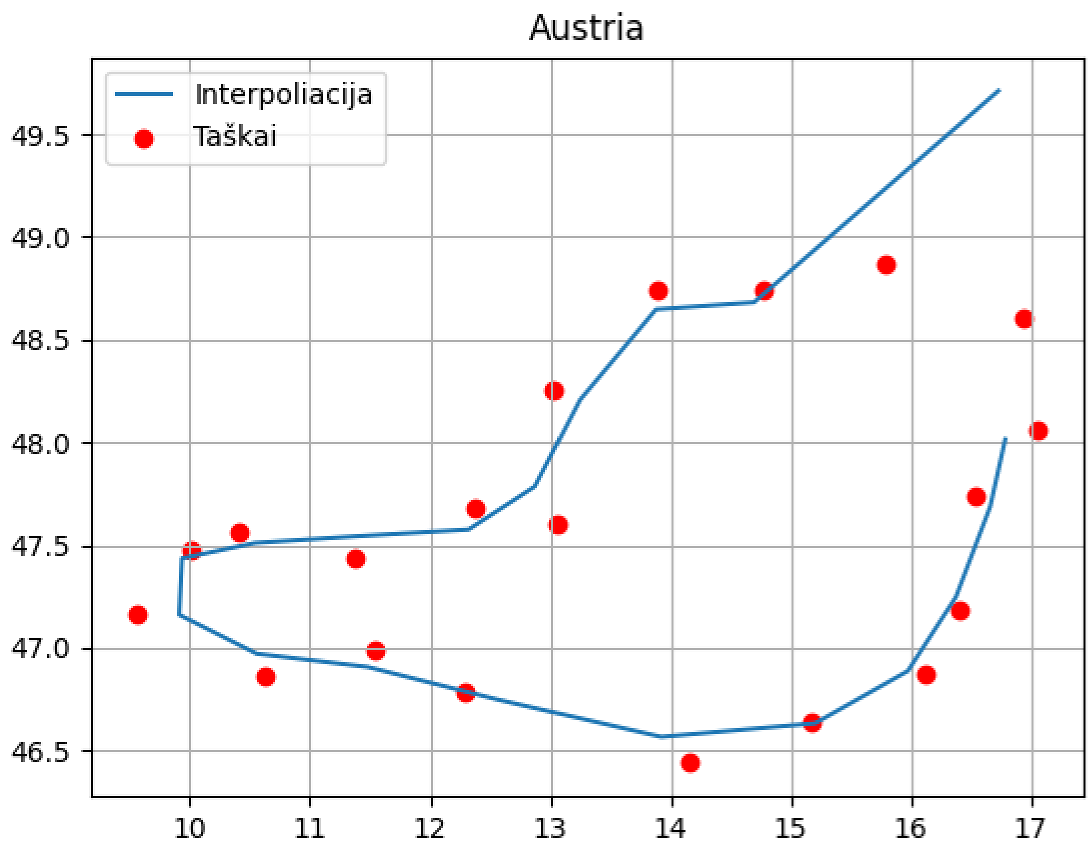
```
    for i in range(n - 2):
        b[i] = ((y[i + 2] - y[i + 1]) / d[i + 1]) - ((y[i + 1] - y[i]) / d[i])

    # 53 skaidrė
    T[n - 2, 0] = 1 / (d[0] * q[0] ** 2) - (cosh(q[0] * d[0])) / (q[0] * sinh(q[0
] * d[0]))
    T[n - 2, 1] = 1 / (q[0] * sinh(q[0] * d[0])) - 1 / (d[0] * q[0] ** 2)
    T[n - 2, n - 2] = 1 / (q[n - 2] * sinh(q[n - 2] * d[n - 2])) - 1 / (d[n - 2]
* q[n - 2] ** 2)
    T[n - 2, n - 1] = 1 / (d[n - 2] * q[n - 2] ** 2) - (cosh(q[n - 2] * d[n - 2])
) / (q[n - 2] * sinh(q[n - 2] * d[n - 2]))

    T[n - 1, 0] = 1
    T[n - 1, n - 1] = -1

    b[n - 2] = ((y[0] - y[1]) / d[0]) - ((y[n - 2] - y[n - 1]) / d[n - 2])

    yy = np.linalg.solve(T, b)

    return yy


def parametric_spline(x1, x2, y1, y2, ff1, ff2, q):
        d = x2 - x1
        sss = 1
        a = ff2 / q ** 2 * (sinh(q * (d - sss))) / (sinh(q * d))
        b = (y1 - ff1 / q ** 2) * (d - sss) / d + ff2 / q ** 2 * (sinh(q * sss))
/ (sinh(q * d))
        c = (y2 - ff2 / q ** 2) * sss / d

        return a + b + c

# program starts here
arr = np.array([…])
point = 100

n = arr.shape[0]
step = n / point

x = []
y = []

for i in range(point):
    index = int(step * i)
    x.append(arr[index, 0])
```

```
    y.append(arr[index, 1])

n = len(x)

sigma = []
for i in range(n - 1):
    sigma.append(1)

t = np.arange(0, n, 1)
DDFX = CalculateF(t, x, sigma)
DDFY = CalculateF(t, y, sigma)

xx = []
yy = []
nnn = 100

for i in range(n - 1):
    nnn = 100
    for j in range(nnn):
        SX = parametric_spline(t[i], t[i + 1], x[i], x[i + 1], DDFX[i], DDFX[i +
1], sigma[i])
        xx.append(SX)
        SY = parametric_spline(t[i], t[i + 1], y[i], y[i + 1], DDFY[i], DDFY[i +
1], sigma[i])
        yy.append(SY)

plt.scatter(x, y, label="Taškai", color="red")
plt.plot(xx, yy, label="Interpoliacija")
plt.title("Austria (not Australia ;))")
plt.legend()
plt.grid(0.5)
plt.show()
```

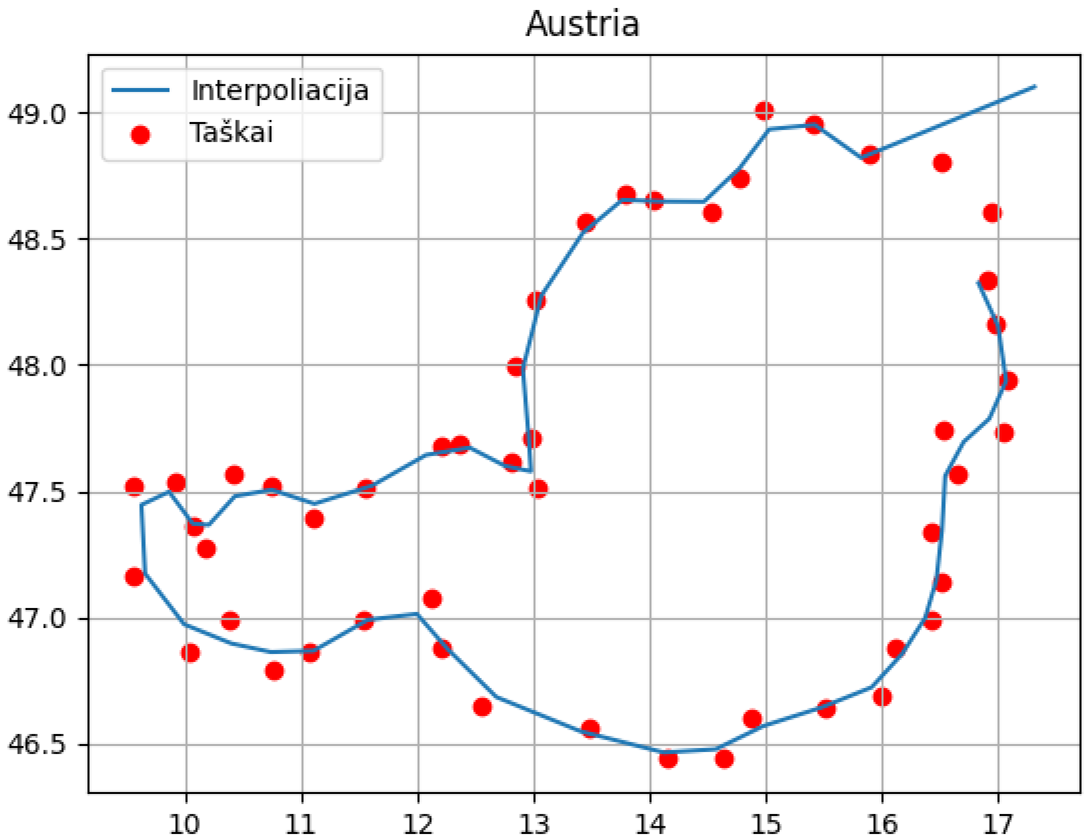
Rezultatai:



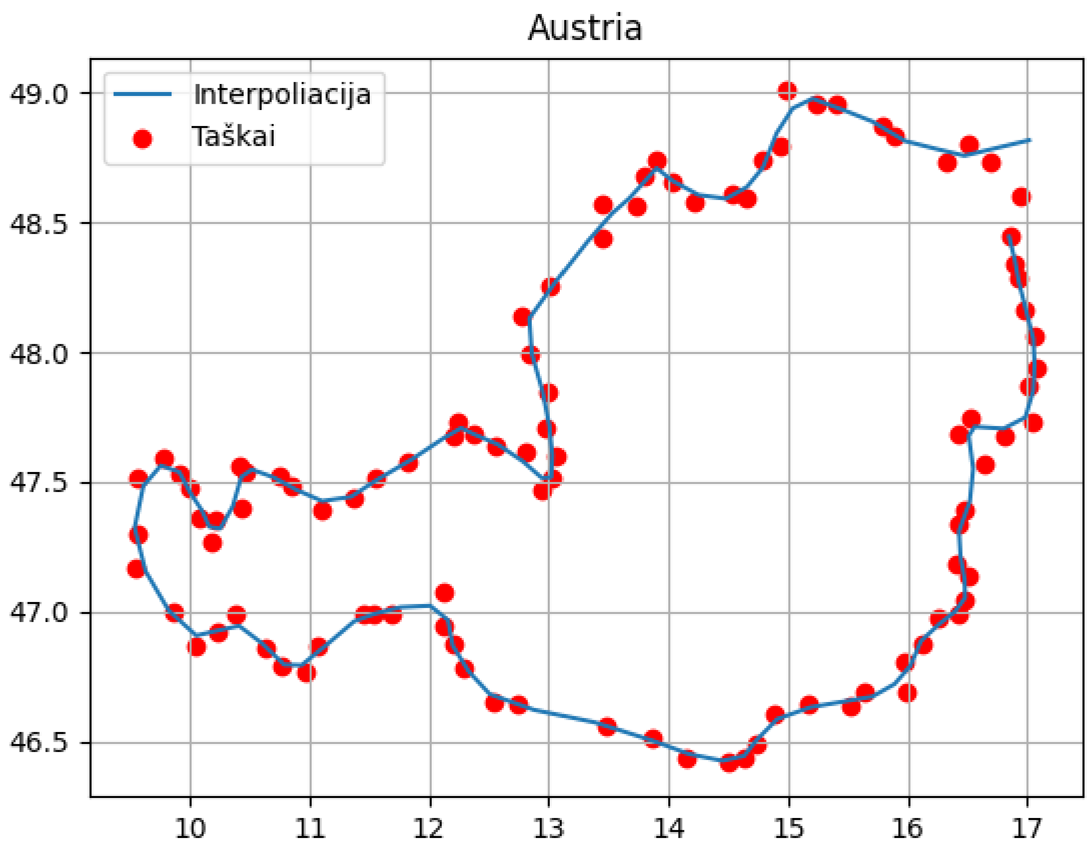
pav. 8 Globalaus splaino interpoliacija su 10 taškų



pav. 9 Globalaus splaino interpoliacija su 20 taškų



pav. 10 Globalaus splaino interpoliacija su 50 taškų



pav. 11 Globalaus splaino interpoliacija su 100 taškų

Trečios užduoties išvados

Užduotį pavyko įgyvendinti dalinai. Preliminarus šalies sienų grafikas programą nupiešia, tačiau kadangi yra naudojamas parametrinio splaino metodas metodas tikimasis grafikus turėtų būti glotnus, taipogi kreivės galai turėtų būti nukreipti vienas į kitą. Tačiau mūsų matome rezultate funkcijos galai yra nukreipti į skirtingas puses ir tarp taškų splainas turi smailų kampa.

Ketvirta užduotis

IV užduotis. Aproksimavimas

Pagal 2 lentelėje nurodytą šalį ir metus mažiausių kvadratų metodu sudarykite aproksimuojančią kreivę 12 mėnesių vidutinėms temperatūroms atvaizduoti naudojant antros, trečios, ketvirtos ir penktos eilės daugianarius. Pateikite gautas daugianarių išraiškas.

17	Austrija	2014	Globalus

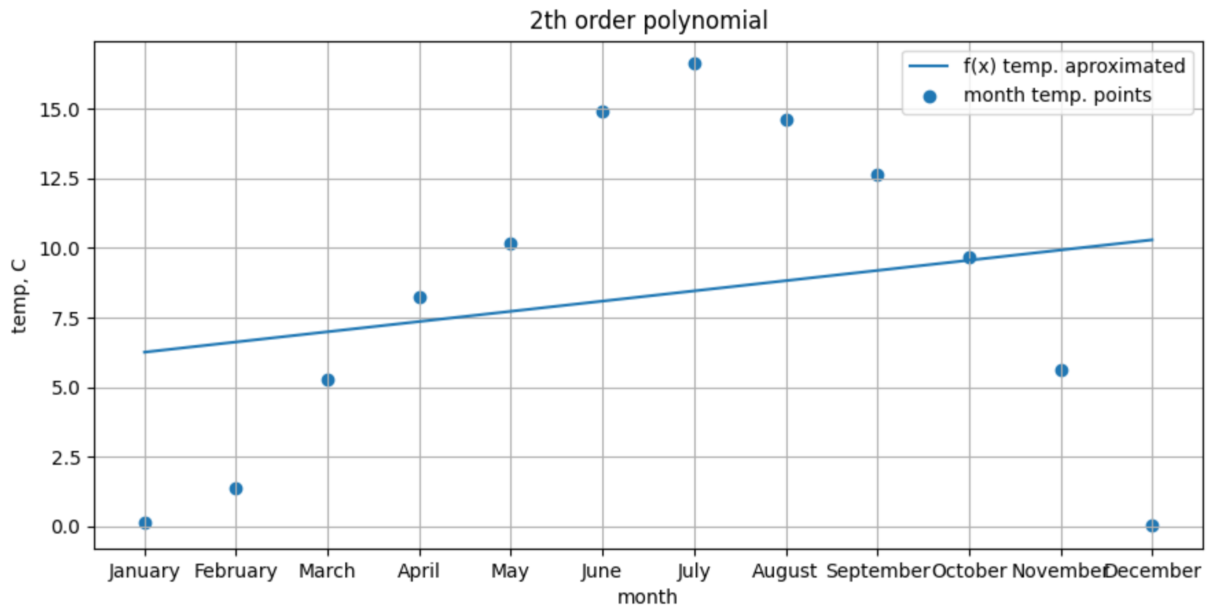
pav. 12 Ketvirtos užduoties variantas

Programos kodas:

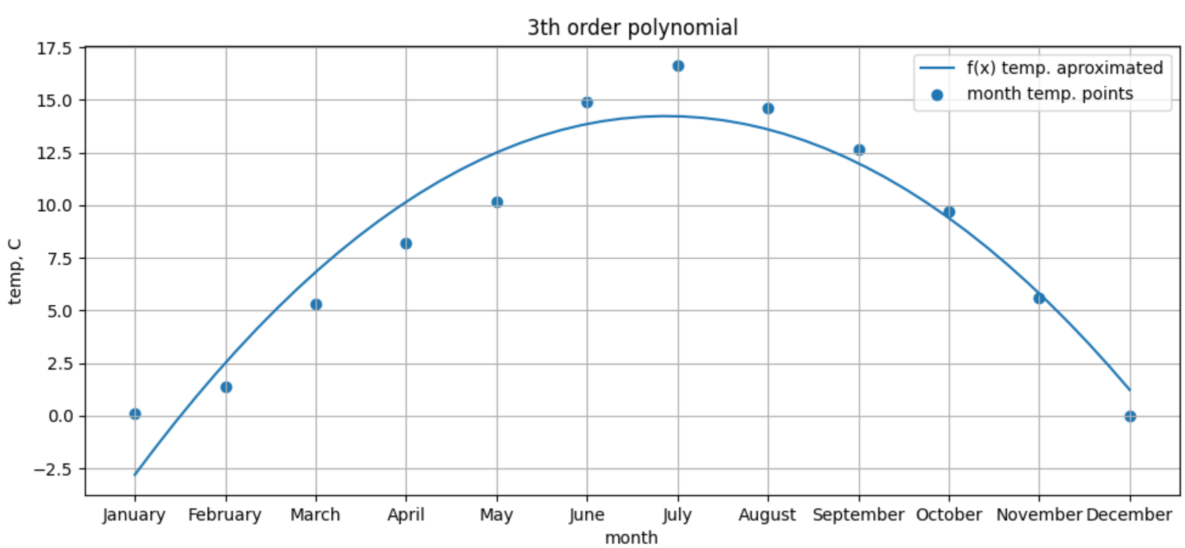
```
import numpy as np
from matplotlib import pyplot as plt
import calendar

# finds base function matrix
def calculate_base(X, m):
    n = len(X)
    T = np.zeros([n, m])
    for i in range(n):
        for j in range(m):
            T[i, j] = X[i] ** j

    return T

# G^T*G . G^T*y
def calculate_coefficients(G, y):
    a = np.matmul(np.transpose(G), G)
    b = np.matmul(np.transpose(G), y)
    c = np.linalg.solve(a, b)

    return c


if __name__ == "__main__":
    # order of polynomial approximation
    m = 3
    X = np.arange(1, 13)
    # temperatures
    Y = np.array([
```

```
    0.12371,
    1.3831,
    5.29799,
    8.2207,
    10.1892,
    14.8951,
    16.617,
    14.5986,
    12.6457,
    9.69687,
    5.61371,
    0.02563
])

# get base function matrix
baz = calculate_base(X, m)
# calculate base coefficients
c = calculate_coefficients(baz, Y)

nn = 50 # render points
# spline x range
xx = np.linspace(1, 12, nn)

# set x range for Gc
Gc = calculate_base(xx, m)
# calculate Gc
fff = np.matmul(Gc, c)
print(c)

plt.title('%dth order polynomial' % m)
plt.plot(xx, fff, label='f(x) temp. aproximated')
plt.scatter(X, Y, label='month temp. points')
plt.xlabel("month")
plt.xticks(X, calendar.month_name[1:13])
plt.ylabel('temp, C')
plt.legend()
plt.grid(1)
plt.show()
```

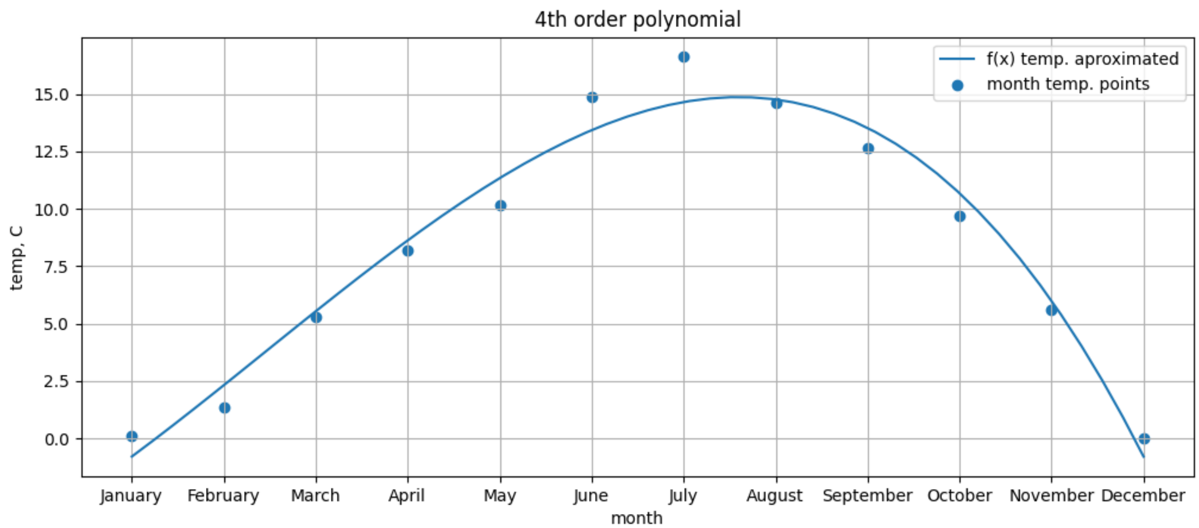
Rezultatai:



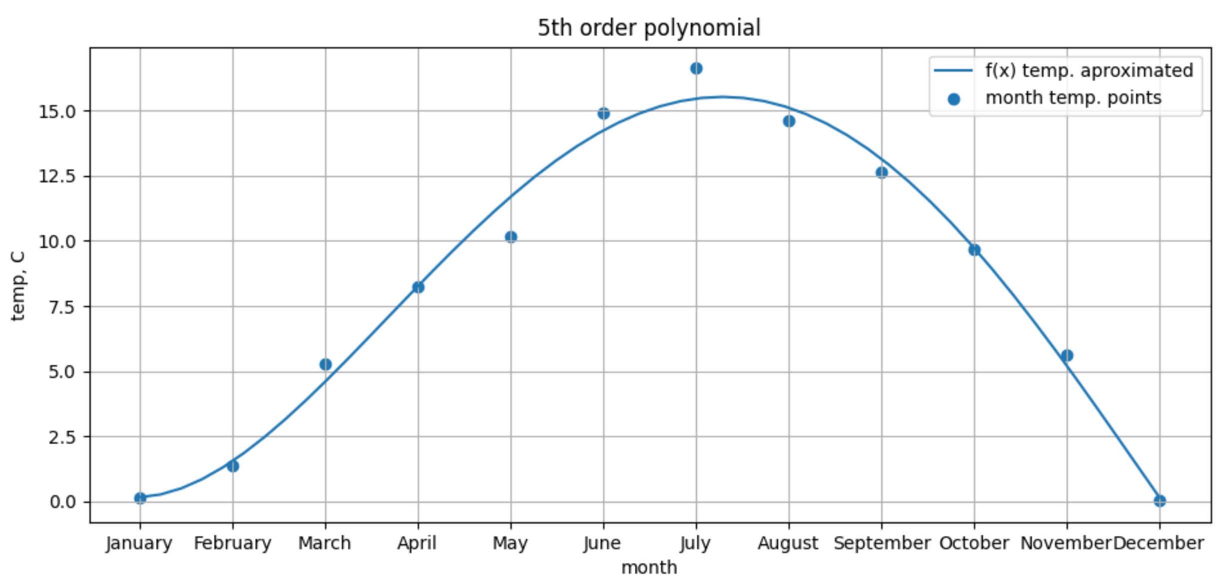
pav. 13 Antros eilės daugianario aproksimavimas



pav. 14 Trečios eilės daugianario aproksimavimas



pav. 15 Ketvirtos eilės daugianario aproksimavimas



pav. 16 Penktos eilės daugianario aproksimavimas

Ketvirtos užduoties išvados

Pagal gautus rezultatus matome, kad didinant daugianario laipsnį aproksimuojanti funkcija vis tiksliau išsidėsto pateiktų taškų aibėje, tačiau kadangi aproksimaciją bando neatitikti tikslios taškų pasiskirstymo funkcijos, o bando rezultatą gauti kuo artimesnį jos, matomas vaizdas skiriasi nuo vaizdo, kurį matėme antroje užduotyje.