|  |
| --- |
| **LAPORAN TUGAS BESAR METODE NUMERIS:**  **OPTIMASI DAN ANALISIS HUBUNGAN TEMPERATUR UDARA TERHADAP TITIK EMBUN KOTA İZMIR, TURKI PADA TAHUN 2017** |
|  |
| **Disusun oleh :**  **YITZHAK EDMUND TIO MANALU**  **(22/499769/TK/54763)** |
| **PROGRAM STUDI S-1 TEKNOLOGI INFORMASI**  **UNIVERSITAS GADJAH MADA**  **TAHUN AJARAN 2023/2024** |

1. **PENDAHULUAN**
2. **Permasalahan yang Diangkat**

Permasalahan yang diangkat pada laporan ini berkaitan dengan dampak perubahan temperatur udara terhadap perubahan titik embun di kota İzmir, Turki pada tahun 2017. Data yang digunakan pada laporan ini diambil dari Kaggle dengan link berikut ini: <https://www.kaggle.com/datasets/ibrahimkiziloklu/solar-radiation-dataset/data>. Data tersebut sebenarnya menampilkan berbagai faktor pendukung perubahan titik embun (*dew point*) selain temperatur, tetapi temperatur dinilai sebagai kontributor paling unggul yang kemudian dijadikan parameter dalam analisis laporan ini. Adapun permasalahan yang diulas pada laporan ini adalah terkait pemahaman hubungan temperatur udara dengan perubahan titik embun pada kota tersebut. Kemudian, laporan ini juga membahas bagaimana bentuk optimasi yang diperlakukan kepada hubungan yang ditemukan untuk menentukan titik maksimum perubahan titik embun.

Kode dari program ini dapat diakses secara publik melalui link GitHub berikut ini: <https://github.com/iZcy/MetNum-PraUTS>. Adapun pada link tersebut terdapat beberapa folder dan file tambahan seperti variasi bentuk program dan data set yang digunakan. Hal ini dilakukan untuk mempermudah pembacaan hasil analisis pada data.

1. **Tujuan Simulasi Numeris**

Tujuan dari perlakuan simulasi numeris ini di antaranya adalah,

1. Mengetahui hubungan antara nilai temperatur udara dan titik embun di kota İzmir, Turki pada tahun 2017.
2. Mengetahui saat ketika titik embun maksimum diperoleh sebagai dampak dari perubahan nilai temperatur udara.
3. **Kekangan Simulasi**

Simulasi ini sebenarnya tidak memerlukan adanya perlakuan kekangan karena apabila dilihat dari persebaran data, nilai-nilai suhu yang berlaku tidaklah melebihi batas kemampuan suhu yang dapat dikompromi oleh manusia. Akan tetapi, sebagai uji coba tambahan, maka ditetapkan kekangan minimum suhu sebesar dan suhu maksimum sebagai interval suhu yang masih terhitung normal di daerah iklim tropis. Meskipun Turki bukan merupakan daerah beriklim tropis, interpretasi ini dapat menunjukkan bagaimana perbandingan keadaan udaranya terhadap negara tropis seperti Indonesia.

1. **METODE**
2. **Metode Numeris yang Digunakan beserta Alasannya**

Tujuan dari perlakuan simulasi numeris ini di antaranya adalah untuk menggabungkan ketiga metode numeris utama yang diperlukan, yaitu Gauss-Seidel, Newton Raphson, dan Secant Method. Oleh karena itu, untuk menghubungkan ketiga metode numeris, perlu diformulasikan alur logika yang tepat.

Metode numeris Gauss-Seidel merupakan metode yang pada dasarnya berfungsi untuk menyelesaikan persamaan linear. Selain itu, metode Newton Raphson dan Secant Method memiliki fungsi yang sama sehingga dapat dianggap sebagai pembanding antara satu sama lain saja. Tetapi, perlu diketahui bahwa terdapat perbedaan masukan dan keluaran antara kedua jenis metode ini.

Gauss-Seidel merupakan metode numeris bertipe Linear Equation Solver yang menerima input berupa matriks dan vektor dari persamaan linear dengan output berupa vektor yang berisikan nilai-nilai solusi dari persamaan linear. Hal ini berbeda dengan Newton Raphson dan Secant Method yang merupakan metode numeris bertipe Root-Finding. Kedua metode ini menerima input berupa fungsi dan mengeluarkan akar-akar dari fungsi yang diberikan. Oleh karena itu, diperlukan penghubung antara kedua jenis metode ini untuk menyelesaikan masalah yang diberikan dengan penambahan metode Power Linear Regression.

Metode Power Linear Regression berfungsi untuk mengolah data mentah menjadi regresi linear berpangkat. Regresi linear berpangkat ini memerlukan tahap penyelesaian persamaan linear pada bagiannya. Oleh karena itu, Power Linear Regression yang diperkuat dengan Gauss-Seidel digunakan untuk mengubah data set menjadi sebuah persamaan linear. Kemudian, persamaan linear ini diturunkan lalu diteruskan kepada Root-Finding Methods, yaitu Newton Raphson dan Secant Method untuk ditemukan akar-akarnya yang akan menandakan titik optimum dari fungsi yang diregresi sebelumnya. Terakhir, nilai-nilai ini dievaluasi kembali terhadap fungsi regresi untuk menunjukkan nilai maksimum / minimum.

Secara garis besar, berikut adalah alur metode numeris yang digunakan:

1. Data Set 🡺 [Power Linear Regression] 🡺 [Gauss-Seidel] 🡺 Function
2. Function 🡺 Diferentiated Function 🡺 [Newton Raphson & Secant Method] 🡺 Roots
3. Roots 🡺 Optimum Value 🡺 Conclusion
4. **Estimasi Awal**

Estimasi yang digunakan untuk menyelesaikan masalah ini dapat diterapkan untuk penyelesaian Linear Equation dan penyelesaian Root Finding. Adapun estimasi yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Linear Equation

Estimasi ini diterapkan untuk metode Gauss-Seidel dan esitmasi dibiarkan *default*, yaitu vektor nol. Alasan vektor nol digunakan adalah karena bentuk data yang terlalu luas dan sulit untuk ditebak koefisien polinomnya.

1. Root Finding

Estimasi ini diterapkan untuk metode Newton Raphson dan Secant Method. Adapun sesuai dengan kekangan yang telah ditentukan, maka estimasi diambil secara *random* di antara kedua interval yang ditentukan. Pada laporan ini, digunakan nilai dan sebagai kedua titik estimasi untuk kedua metode Root Finding.

1. **Kriteria Pemberhentian Simulasi**

Simulasi diberhentikan dengan berbagai macam pertimbangan. Karena program menerapkan 4 jenis metode numeris, yaitu Power Linear Regression, Gauss-Seidel, Newton Raphson, dan Secant Method, diperlukan kriteria yang dapat mendukung kebutuhan masing-masing metode untuk melakukan pemberhentian simulasi.

Pada metode Power Linear Regression, tidak ada konfigurasi khusus untuk limitasi, kecuali penentuan pangkat tertinggi dengan pangkat tertinggi = regressPower – 1. Selain itu, pada metode Gauss-Seidel, limitasi dilakukan kepada nilai toleransi eror, jumlah nilai tertoleransi minimum yang diizinkan, dan limit maksimal iterasi. Terakhir, pada kedua metode Root-Finding yang digunakan, hanya diterapkan nilai toleransi eror dan limit maksimal iterasi yang sama nilainya seperti pada limitasi metode Gauss-Seidel.

Pada program yang dibuat, kriteria ini dapat diisi dengan cara mengisi manual kepada program atau dengan melakukan konfigurasi langsung dalam kodenya. Oleh karena itu, program ini dibuat dengan memungkinkan pengguna untuk melakukan input manual ke dalam program apabila data yang perlu dimasukkan sedikit, serta melakukan input langsung ke dalam kode apabila data yang perlu dimasukkan tergolong banyak. Adapun konfigurasi yang langsung dimasukkan ke dalam kode adalah sebagai berikut.

# Setting Up Configurations

# Method Setting

regressPower = 4      # Regressor Power + 1 ex. for 1 degree of x, do 2

gseidMinErrPass = 0   # Default<=0 adjust to the vector size

# Minimum vector values that pass the error tolerance ex. for val = 2, [0%, 0%, 5%] is considered to as valid to return

# Input Guess

inputBefVal = 14

inputVal = 16

inputGuess = []  # n = Regressor power: otherwise, return error

# [alternative: leave as an empty array to automatically make zero vector guess]

# Round and Tolerance

inputRound = 50

errRound = 50

errTolerance = 1e-100

iterLimit = 1000

# Optimization

intervalMin = 10

intervalMax = 24

# View Toggle

viewProcess = False

1. **Pseudocode**

Pada program yang dibuat, sebenarnya terdapat beberapa fungsi tambahan yang dibuat untuk mempermudah *interface* dengan pengguna dan menghubungkan fungsi-fungsi utama tergantung kepada opsi yang dipilih oleh pengguna. Oleh karena itu, *pseudocode* yang akan ditampilkan pada laporan ini hanyalah *pseudocode* untuk keempat metode numeris yang digunakan.

1. Power Regressor

Meskipun nama dari fungsi ini adalah Power Regressor, sebenarnya fungsi ini adalah fungsi dependen yang tugasnya hanyalah untuk menghasilkan matriks yang memiliki solusi berupa koefisien dari masing-masing pangkat polinomial yang dibutuhkan untuk melakukan Power Regression (atau lebih tepatnya Polynomial Regression). Adapun rumus matriks yang dimaksud adalah rumus matriks berikut.

Sebagai implementasi dari pembentukan matriks tersebut, maka *pseudocode* yang digunakan adalah seperti berikut.

**## Code for PowerRegressor**

    #Power Regressor, Array Formulator

    Function of PowerRegressor accepts:

    x\_val (default []),

    y\_val (default []),

    power (default 1)

    # Exception Handler

    If length Of x\_val Is Not Equal To y\_val

        Print "Invalid input! Cannot regress different size of x\_val and y\_val!"

        STOP THE PROGRAM

    # Evaluate Matrix

    # Take the n

    Set n\_val To length Of x\_val  # Bascially the same as length of y\_val

    Set matrix As empty array

    # Iterate through matrix

    For In Range Of power use Index\_i

        Set vector As empty array

        # Iterate through vector

        For In Range Of power use Index\_j

            # Only append if it's not the very first element

            If Index\_i Equal To 0 And Index\_j Equal To 0

                Append n\_val To vector # It is so that the first element of the matrix is n (according to the polynomial regression matrix formula)

                SKIP LOOP

            # Iterate through sum

            Set sum As 0

            For In Range Of length of x\_val use Index\_k

                # Sigma of x\_val^(row+col)

                Add x\_val[k] Power To (i + j) To sum

            Append sum To vector

        Append vector To matrix

    # Evaluate Res\_Vector

    Set res\_vector As empty array

    # Iterate through y

    For In Range power use Index\_i

        Set sum As 0

        # Sum each power

        For In Range Of length of y\_val use Index\_j

            # Component y & x

            Set y\_comp As y\_val[j]

            Set x\_comp As x\_val[j] Power to i

            # Sum

            Add y\_comp Times x\_comp To sum

        # Append vector

        Append res\_vector To Sum

    return [matrix, res\_vector]

1. Gauss Seidel

Formulasi algoritma Gauss-Seidel yang digunakan adalah sebagai berikut.

Formulasi tersebut disusun dalam bentuk program dengan *pseudocode* seperti berikut.

**## Code for GaussSeidel**

    #Gauss-Seidel

    Function of GaussSeidel accepts:

    roundV,

    errTol,

    totalTerm,

    b\_val,

    matrix,

    guess (default 0),

    limit (default 100),

    view (default True)

    # Exception Handler

    If guess Is Not Equal To 0 And length of guess Is Not Equal To b\_val

        print "Inequal length of 'guess-vector' and 'y-vector' Terminating the whole process!"

        return [0, 0] # Defined as False / Failing condition

    # Init Message

    print "Start to Evaluate Gauss Seidel Method"

    # Init Values

    Set iteration As 0

    Set arrOut As empty array

    Set errEnd As empty array

    Set errX As empty array

    Set x\_valProcess As empty array

    print b\_val + "\n" + matrix

    # Guess-Handler

    If guess Equal To 0 # If it is not set, set all to zero

        For In Range length of b\_val use Index\_i

            Append 0 to errX

        Copy Elements errX To x\_valProcess

    Else # If it is set, copy it to process and error comparison

        Set x\_valProcess As guess

        Copy Elements guess To errX

    # Loop the Gauss-Seidel

    For In Range of limit use Index\_k

        # Terminate Message

        Set termMsg As ""

        If view Is True

            print "Loop :" + (k+1) + "\nBefore: "

            # Current value Display

            Display x\_valProcess Rounded to roundV

        # Single Gauss-Seidel Process

        Copy Elements x\_valProcess To prev\_x\_valProcess

        For In Range length Of matrix use Index\_j

            Set val As 0

            # Adding value to the b-value

            Add b\_val[j] To val

            For In Range length of matrix[j]-1 use Index\_i

                Set index as (j + 1 + i) Mod length of matrix[j]

                # Subtracting the value to x vars with response to the DYNAMIC x-input

                Subtract val To matrix[j][index] \* x\_valProcess[index]

            # Dividing the value to the analyzed x-output

            Divide val To matrix[j][j]

            # Move value to the storage

            Set x\_valProcess[j] As val

        # Error Calculation

        Set triggerTerminate As False

        # Error Tolerance Count

        Set toleratedError As 0

        Set zeroError As 0

        If view Is True

            print "Current: "

            # Current value Display

            Display x\_valProcess Rounded to roundV

        For In Range length of errX use Index\_i

            Set errX[i] As 0

            TRY

              Set errX[i] As Absolute of ((x\_valProcess[i] - prev\_x\_valProcess[i]) / x\_valProcess[i])\*100

            EXCEPT

              Set errX[i] As 0

            # Terminate if the minimum error achieved

            If Absolute of errX[i] < errTol

                Add 1 to toleratedError

                If triggerTerminate is False And toleratedError Equal to totalTerm

                    Set termMsg As "Terminated by tolerated error value"

                    Set triggerTerminate As True

            If errX[i] Equal to 0

                Add 1 to zeroError

                If triggerTerminate is False and zeroError Equal to totalTerm

                    Set termMsg As "Terminated by zero error achieved"

                    Set triggerTerminate As True

        If view is True

            print "Error: "

            Display errX Rounded to roundV

        # Stop if there exist tolerable error

        If triggerTerminate is True

            # Save the Result

            Set iteration As k+1

            Set arrOut As x\_valProcess

            Set errEnd As errX

            BREAK THE LOOP

        # Save if Limit

        If k Equal to (limit - 1)

            Set termMsg As "Terminated by Limit of iteration"

            Set iteration As k+1

            Set arrOut As x\_valProcess

            Set errEnd As errX

    print termMsg

    print "Result: "

    Display x\_valProcess Rounded to roundV

    print "Error : "

    Display errEnd Rounded to roundV

    return [arrOut, iteration]

1. Newton Raphson

Formulasi algoritma Newton Raphson yang digunakan adalah sebagai berikut.

Formulasi tersebut disusun dalam bentuk program dengan *pseudocode* seperti berikut.

**## Code for NewtonRaphson**

    #NewtonRaphson

    Function of NewtonRaphson accepts:

    f,

    f\_dif,

    val,

    roundV,

    errRound,

    tolerance (default 0.00001),

    limit (default 1000),

    view (default True),

    intervalMin (default -infinity),

    intervalMax (default infinity)

    Set iter As 0

    Set errPrev As 0

    currentVal = val

    For In Range Of limit use Index\_it

        Set iter As it + 1

        # Intializing Process

        If Index\_it Equal to 0

            print "Start to evaluate Newton Raphson"

        # Newton Raphson Formula + Error EcurrentValuation

        Set currentValue As currentVal - f(currentVal) / f\_dif(currentVal)

        Set error As (currentValue - currentVal)/currentValue

        If view Equal to True

            print "Iterate: " + (it+1) + "\tPrevious: " + currentVal + "\tCurrent: " + currentValue + "\tError: " + Round (error\*100) to errRound + "%"

        # Updating Process

        Set terminate As False

        Set errorStop As False # To allow linear functions be able to determined

        TRY

          Absolute of (error - errPrev) Less Than tolerance

        EXCEPT

          Do Nothing

        # Simulation Terminator: Interval exceeding --- Exceeds the restriction

        If (intervalMin Is Not Equal To -infinity and intervalMax Is Not Equal To infinity) And (currentValue Less Than intervalMin Or currentValue Greater Than intervalMax)):

            print "Stopped by the restricted interval exceeded"

            If (currentValue Less Than intervalMin)

                Set currentValue As intervalMin

            Elif (currentValue Greater Than intervalMax)

                Set currentValue As intervalMax

            return [currentValue, iter]

        # Simulation Terminator: Found --- 0 Error a.k.a currentValue is found

        If error Equal To 0

            print "Stopped by the exact currentValue found"

            Set terminate As True

        # Simulation Terminator: Error Tolerance --- Error difference is too small to continue

        Elif (it Is Not Equal To 0 And errorStop Is True)

            print "Stopped by the error tolerance limit"

            Set terminate As True

        # Simulation Terminator: Almost exact --- Change of currentValue is too small to continue

        Elif Round currentVal To roundV Equal To Round currentValue To roundV

            print "Stopped by the tolerated round currentValue"

            Set terminate As True

        # Simulation Terminator: Found!

        Elif f(currentValue) Equal To 0.0

            print "Solution found!"

            Set terminate As True

        # Continue Update

        Set currentVal As currentValue

        # Terminator

        If terminate Is True

            print "Newton Raphson Stopped! Last currentValue:" + currentValue

            return [currentVal, iter]

    # Simulation Terminator: Limit of Loop

    print "Iteration Limit! The function is either divergent or requires more iteration!"

    return [currentVal, iter]

1. Secant Method

Formulasi algoritma Secant Method yang digunakan adalah sebagai berikut.

Formulasi tersebut disusun dalam bentuk program dengan *pseudocode* seperti berikut.

**## Code for SecantMethod**

##SecantMethod

    Function of SecantMethod accepts:

    f,

    valCurr,

    valBef,

    roundV,

    errRound,

    tolerance (default 0.00001),

    limit (default 1000),

    view (default True),

    intervalMin (default -infinity),

    intervalMax (default infinity):

    Set iter As 0

    Set errPrev As 0

    Set currentVal As valCurr

    Set current2ndVal As valBef

    For In Range limit use index\_it

        Set iter As it + 1

        # Intializing Process

        If it Equal To 0

            print "Start to evaluate Secant Method"

        # Secant Method Formula + Error Evaluation

        Set valUpd As currentVal - (

            f(currentVal) \* (

                current2ndVal - currentVal

            )

        ) / (

            f(current2ndVal) - f(currentVal)

        )

        Set error As (valUpd - currentVal) / valUpd

        If view Equal To True

            print "Iterate: " + (it+1) + "\tPrevious: " + currentVal + "\tCurrent: " + valUpd + "\tError: " + Round error\*100 To errRound + "%"

        # Updating Process

        Set terminate As False

        # Simulation Terminator: Interval exceeding --- Exceeds the restriction

        If (intervalMin Is Not Equal To -infinity) And (intervalMax Is Not Equal To infinity) And (valUpd Less Than intervalMin Or valUpd Greater Than intervalMax)

            print "Stopped by the restricted interval exceeded"

            If valUpd Less Than intervalMin

                Set valUpd As intervalMin

            Elif valUpd Less Than intervalMax

                Set valUpd As intervalMax

            return [valUpd, iter]

        # Simulation Terminator: Found --- 0 Error a.k.a value is found

        If error Equal To 0

            print "Stopped by the exact value found"

            Set terminate As True

        # Simulation Terminator: Error Tolerance --- Error difference is too small to continue

        Elif it Is Not Equal To 0

            TRY

                If Absolute of (error - errPrev) Less Than tolerance

                    print "Stopped by the error tolerance limit"

                    Set terminate As True

            EXCEPT

                0

        # Simulation Terminator: Almost exact --- Change of value is too small to continue

        Elif Round currentVal To roundV Equal To Round valUpd To roundV

            print "Stopped by the tolerated round value"

            Set terminate As True

        # Simulation Terminator: Found!

        Elif f(valUpd) As 0.0

            print "Solution found!"

            Set terminate As True

        # Continue Update

        Set current2ndVal As currentVal

        Set currentVal As valUpd

        # Terminator

        If terminate Is True

            print "Secant Method Stopped!  Last Value:" + valUpd

            return [Round valUpd To roundV, iter]

    # Simulation Terminator: Limit of Loop

    print "Iteration Limit! The function is either divergent or requires more iteration!"

    return [Round currentVal To roundV, iter]

1. **Code**

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, kode yang digunakan telah dibentuk sedemikian rupa untuk memiliki kemampuan diisi secara *encoded* dalam kode langsung atau dengan melakukan *input* manual. Namun, dalam laporan ini, fitur yang digunakan adalah fitur *encoded* dalam kode langsung karena banyaknya data yang di-*input* adalah 9000 pasang yang tidak mungkin di-*input* manual satu per satu.

Kode ini pada dasarnya terbagi menjadi beberapa part, yaitu:

1. Numerical Methods Functions: PowerRegressor, GaussSeidel, NewtonRaphson, dan SecantMethod
2. Input Handler Functions: Config, InputX, InputY, InputGauss, dan InputFunction
3. Middleware Functions: Processors, ExtraFunction, dan DataValidity
4. Display Functions: Interface dan Output

Modul-modul ini berjalan dengan prekursor berupa main *file*. Akan tetapi, sesuai dengan permintaan, keseluruhan *package* terpisah tersebut dijadikan satu *file* dengan nama compactMain.py (satu *file* yang sudah terkompilasi). Sangat disarankan untuk melihat kode langsung melalui link GitHub ini: <https://github.com/iZcy/MetNum-PraUTS>. Salah satu folder yang ada dalam *repository* itu adalah Modulated yang berisi *file packaging* yang lebih rapi dan lebih mudah untuk dimengerti. Adapun prekursor pada folder tersebut adalah main.py. Akan tetapi, untuk memenuhi permintaan, maka kode yang disusun dalam satu program juga ditampilkan pada laporan ini.

# Setting Up Configurations

# Method Setting

regressPower = 4      # Regressor Power + 1 ex. for 1 degree of x, do 2

gseidMinErrPass = 0   # Default<=0 adjust to the vector size

# Minimum vector values that pass the error tolerance ex. for val = 2, [0%, 0%, 5%] is considered to as valid to return

# Input Guess

inputBefVal = 41

inputVal = 45

inputGuess = []  # n = Regressor power: otherwise, return error

# [alternative: leave as an empty array to automatically make zero vector guess]

# Round and Tolerance

inputRound = 50

errRound = 50

errTolerance = 1e-100

iterLimit = 1000

# Optimization

intervalMin = float('-inf')

intervalMax = float('inf')

# View Toggle

viewProcess = False

#

#

#

#

#

#

#

#

#

#

# IMPORT & Symbols

from sympy import \*

import os

import copy

# Creating Methods

x = symbols('x')

#

#

#

#

#

#

#

#

#

#

# INPUT

x\_vector = [

    0,

    1,

    1.7071067811865

]

y\_vector = [

    1,

    -1,

    0

]

inMatrix = [

    [3, -0.1, -0.2],

    [0.1, 7, -0.3],

    [0.3, -0.2, 10],

]

inVector = [

    7.85, -19.3, 71.4

]

funct = "-2\*x\*\*2 + 3\*x + 1"

try:

  funct = sympify(funct)

except:

  print("Invalid Function Input!")

  exit()

# Check Matrix Validity

vctLen = len(inMatrix[0])

for i in range(len(inMatrix) - 1):

  currVctLen = len(inMatrix[i + 1])

  # print(f"Compare {vctLen} vs {currVctLen}")

  if (vctLen != currVctLen):

    print("Inequal inMatrix Size!")

    exit()

  vctLen = currVctLen

# Check Vector Validity

if (vctLen != len(inVector)):

  print("Incompatible inVector Size!")

  exit()

#

#

#

#

#

#

#

#

#

#

# NUMERICAL METHODS

# Gauss-Seidel

def GaussSeidel(roundV, errTol, totalTerm, b\_val, matrix, guess=0, limit=100, view=True):

    # Exception Handler

    if (guess != 0 and (len(guess) != len(b\_val))):

        print("Inequal length of 'guess-vector' and 'y-vector'\n",

              "Terminating the whole process!", sep="")

        return [0, 0]

    # Init Message

    print("Start to Evaluate Gauss Seidel Method")

    # Init Values

    iteration = 0

    arrOut = []

    errEnd = []

    errX = []

    x\_valProcess = []

    # print(b\_val, "\n", matrix)

    # Guess-Handler

    if (guess == 0):  # If it is not set, set all to zero

        for i in range(len(b\_val)):

            errX.append(0)

        x\_valProcess = copy.deepcopy(errX)

    else:  # If it is set, copy it to process and error comparison

        x\_valProcess = guess

        errX = copy.deepcopy(guess)

    # Loop the Gauss-Seidel

    for k in range(limit):

        # Terminate Message

        termMsg = ""

        if view:

            print("Loop :", k+1, "\nBefore: ", end="")

            # Current value Display

            printArray(x\_valProcess, roundV)

            print()

        # Single Gauss-Seidel Process

        prev\_x\_valProcess = copy.deepcopy(x\_valProcess)

        for j in range(len(matrix)):

            val = 0

            # Adding value to the b-value

            # print("Add", b[j])

            val += b\_val[j]

            for i in range(len(matrix[j])-1):

                index = (j + 1 + i) % len(matrix[j])

                # Subtracting the value to x vars with response to the DYNAMIC x-input

                # print(-vars[j][index], "x" + str(index+1))

                val -= matrix[j][index] \* x\_valProcess[index]

            # Dividing the value to the analyzed x-output

            # print("Div by", vars[j][j])

            val /= matrix[j][j]

            # Move value to the storage

            x\_valProcess[j] = val

        # Error Calculation

        triggerTerminate = False

        # Error Tolerance Count

        toleratedError = 0

        zeroError = 0

        if view:

            print("Current: ", end="")

            # Current value Display

            printArray(x\_valProcess, roundV)

            print()

        for i in range(len(errX)):

            errX[i] = 0

            try:

              errX[i] = abs((x\_valProcess[i] - prev\_x\_valProcess[i]) /

                            x\_valProcess[i])\*100

            except:

              errX[i] = 0

            # Terminate if the minimum error achieved

            if (abs(errX[i]) < errTol):

                toleratedError += 1

                if ((not triggerTerminate) and (toleratedError == totalTerm)):

                    termMsg = "Terminated by tolerated error value"

                    triggerTerminate = True

            if (errX[i] == 0):

                zeroError += 1

                if ((not triggerTerminate) and (zeroError == totalTerm)):

                    termMsg = "Terminated by zero error achieved"

                    triggerTerminate = True

        if view:

            print("Error: ", end="")

            printArray(errX, roundV, postfix="%")

            print("\n")

        # Stop if there exist tolerable error

        if (triggerTerminate):

            # Save the Result

            iteration = k+1

            arrOut = x\_valProcess

            errEnd = errX

            break

        # Save if Limit

        if (k == limit - 1):

            termMsg = "Terminated by Limit of iteration"

            iteration = k+1

            arrOut = x\_valProcess

            errEnd = errX

    print(termMsg)

    print("Result: ", end="")

    printArray(x\_valProcess, roundV)

    print()

    print("Error : ", end="")

    printArray(errEnd, roundV, postfix="%")

    print()

    return [arrOut, iteration]

# NewtonRaphson

def NewtonRaphson(f, f\_dif, val, roundV, errRound, tolerance=0.00001, limit=1000, view=True, intervalMin=float('-inf'), intervalMax=float('inf')):

    iter = 0

    errPrev = 0

    currentVal = val

    for it in range(limit):

        iter = it + 1

        # Intializing Process

        if (it == 0):

            print("Start to evaluate Newton Raphson")

        # Newton Raphson Formula + Error EcurrentValuation

        currentValue = currentVal - evToX(f, currentVal) / evToX(f\_dif, currentVal)

        error = (currentValue - currentVal)/currentValue

        if view:

            print("Iterate: ", it+1, "\tPrevious: ", currentVal, "\tCurrent: ",

                  currentValue, "\tError: ", round(error\*100, errRound), "%")

        # Updating Process

        terminate = False

        errorStop = False # To allow linear functions be able to determined

        try:

          abs(error - errPrev) < tolerance

        except:

          0

        # Simulation Terminator: Interval exceeding --- Exceeds the restriction

        if ((intervalMin != float('-inf') and intervalMax != float('inf')) and (currentValue < intervalMin or currentValue > intervalMax)):

            print("Stopped by the restricted interval exceeded")

            if (currentValue < intervalMin):

                currentValue = intervalMin

            elif (currentValue > intervalMax):

                currentValue = intervalMax

            return [currentValue, iter]

        # Simulation Terminator: Found --- 0 Error a.k.a currentValue is found

        if (error == 0):

            print("Stopped by the exact currentValue found")

            terminate = True

        # Simulation Terminator: Error Tolerance --- Error difference is too small to continue

        elif (it != 0 and errorStop):

            print("Stopped by the error tolerance limit")

            terminate = True

        # Simulation Terminator: Almost exact --- Change of currentValue is too small to continue

        elif (round(currentVal, roundV) == round(currentValue, roundV)):

            print("Stopped by the tolerated round currentValue")

            terminate = True

        # Simulation Terminator: Found!

        elif (evToX(f, currentValue) == 0.0):

            print("Solution found!")

            terminate = True

        # Continue Update

        currentVal = currentValue

        # Terminator

        if terminate:

            print("Newton Raphson Stopped! Last currentValue:", currentValue)

            return [currentVal, iter]

    # Simulation Terminator: Limit of Loop

    print("Iteration Limit! The function is either divergent or requires more iteration!")

    return [currentVal, iter]

# Power Regressor, Array Formulator

def PowerRegressor(x\_val=[], y\_val=[], power=1):

    # Exception Handler

    if len(x\_val) != len(y\_val):

        print("Invalid input! Cannot regress different size of x\_val and y\_val!")

        exit()

    # Evaluate Matrix

    # Take the n

    n\_val = len(x\_val)  # Bascially the same as len(y\_val)

    matrix = []

    # Iterate through matrix

    for i in range(power):

        vector = []

        # Iterate through vector

        for j in range(power):

            # Only append if it's not the very first element

            if (i == 0 and j == 0):

                vector.append(n\_val)

                continue

            # Iterate through sum

            sum = 0

            for k in range(len(x\_val)):

                # Sigma of x\_val^(row+col)

                sum += x\_val[k]\*\*(i+j)

            vector.append(sum)

        matrix.append(vector)

    # Test

    # print("Matrix:")

    # for i in range(len(matrix)):

    #     for j in range(len(matrix[i])):

    #         print(matrix[i][j], end="\t\t")

    #     print()

    # Evaluate Res\_Vector

    res\_vector = []

    # Iterate through y

    for i in range(power):

        sum = 0

        # Sum each power

        for j in range(len(y\_val)):

            # Component y & x

            y\_comp = y\_val[j]

            x\_comp = x\_val[j]\*\*(i)

            # Sum

            sum += y\_comp \* x\_comp

        # Append vector

        res\_vector.append(sum)

    # Test

    # print("Vector:")

    # print(res\_vector)

    return [matrix, res\_vector]

# Secant Method

def SecantMethod(f, valCurr, valBef, roundV, errRound, tolerance=0.00001, limit=1000, view=True, intervalMin=float('-inf'), intervalMax=float('inf')):

    iter = 0

    errPrev = 0

    currentVal = valCurr

    current2ndVal = valBef

    for it in range(limit):

        iter = it + 1

        # Intializing Process

        if (it == 0):

            print("Start to evaluate Secant Method")

        # Secant Method Formula + Error Evaluation

        valUpd = currentVal - (

            evToX(f, currentVal) \* (

                current2ndVal - currentVal

            )

        ) / (

            evToX(f, current2ndVal) - evToX(f, currentVal)

        )

        error = (valUpd - currentVal)/valUpd

        if view:

            print("Iterate: ", it+1, "\tPrevious: ", currentVal, "\tCurrent: ",

                  valUpd, "\tError: ", round(error\*100, errRound), "%")

        # Updating Process

        terminate = False

        # Simulation Terminator: Interval exceeding --- Exceeds the restriction

        if ((intervalMin != float('-inf') and intervalMax != float('inf')) and (valUpd < intervalMin or valUpd > intervalMax)):

            print("Stopped by the restricted interval exceeded")

            if (valUpd < intervalMin):

                valUpd = intervalMin

            elif (valUpd > intervalMax):

                valUpd = intervalMax

            return [valUpd, iter]

        # Simulation Terminator: Found --- 0 Error a.k.a value is found

        if (error == 0):

            print("Stopped by the exact value found")

            terminate = True

        # Simulation Terminator: Error Tolerance --- Error difference is too small to continue

        elif (it != 0):

            try:

                if (abs(error - errPrev) < tolerance):

                    print("Stopped by the error tolerance limit")

                    terminate = True

            except:

                0

        # Simulation Terminator: Almost exact --- Change of value is too small to continue

        elif (round(currentVal, roundV) == round(valUpd, roundV)):

            print("Stopped by the tolerated round value")

            terminate = True

        # Simulation Terminator: Found!

        elif (evToX(f, valUpd) == 0.0):

            print("Solution found!")

            terminate = True

        # Continue Update

        current2ndVal = currentVal

        currentVal = valUpd

        # Terminator

        if terminate:

            print("Secant Method Stopped!  Last Value:", valUpd)

            return [round(valUpd, roundV), iter]

    # Simulation Terminator: Limit of Loop

    print("Iteration Limit! The function is either divergent or requires more iteration!")

    return [round(currentVal, roundV), iter]

#

#

#

#

#

#

#

#

#

#

# MIDDLEWARE --- [Data Validation]

def checkValidity():

    if (len(x\_vector) != len(y\_vector)):

        print("Data size mismatch!")

        exit()

def checkConfig(resLen):

    # print(f"Len: {resLen} with gseiderr: {gseidMinErrPass} and arrLenGuess: {len(inputGuess)} cond1: {gseidMinErrPass > resLen} and cond2: {len(inputGuess) > resLen}")

    if ((gseidMinErrPass > resLen) or (len(inputGuess) > resLen)):

        print("Config size conflicts! Please rematch your config!")

        exit()

# MIDDLEWARE --- [Extra Function]

# Evaluate X-Input

def evToX(f, val):

    return N(f.subs(x, val))

# Array Printer

def printArray(arr, roundV, postfix=""):

    print("[", end="")

    for i in range(len(arr)):

        if (i != 0):

            print(", ", end="")

        print(str(round(arr[i], roundV))+postfix, end="")

    print("]", end="")

def printMatrix(mtr, roundV, postfix=""):

    for i in range(len(mtr)):

        printArray(mtr[i], roundV, postfix)

        print()

# Array to Function

def arrToFunc(vect):

    stringify = ""

    for i in range(len(vect)):

        # Extract values

        coef = str(vect[i])

        powr = "x\*\*" + str(i)

        stringed = ""

        # Combine per operator

        if not (i == 0):

            if not (coef[0] == "-"):

                stringed += " +"

            else:

                stringed += " "

        # Combine per operand

        stringed += (coef + "\*" + powr)

        # Export

        stringify += stringed

    # Print Test

    # print("String function:", stringify)

    funct = sympify(stringify)

    return funct

def promptError(errMsg, loopMsg):

    os.system('cls')

    print(errMsg)

    if (loopMsg != ""):

        print(loopMsg)

def mustNumber(msg, errMsg="Invalid input! Please try again!", dataType="float", loopMsg="", accept=[]):

    value = ""

    while(True):

        value = input(msg)

        if value in accept:

            break

        try:

            if (dataType == "float"):

                value = float(value)

                break

            elif (dataType == "int" or dataType == "unsigned"):

                value = int(value)

                if (dataType == "int"):

                    break

                elif (dataType == "unsigned"):

                    if (value <= 0):

                        promptError(errMsg, loopMsg)

                    else:

                        break

            continue

        except:

            promptError(errMsg, loopMsg)

    return value

# MIDDLEWARE --- [Processors]

# Execute Function

def PowRegProcess(inputVectX=[], inputVectY=[], power=regressPower):

    os.system('cls')

    # Calling Methods for Power Regressor

    if (inputVectX != [] and inputVectY != []):

        matrixPR, vectorPR = PowerRegressor(

            x\_val=(inputVectX), y\_val=(inputVectY), power=(power))

    else:

        matrixPR, vectorPR = PowerRegressor(

            x\_val=(x\_vector), y\_val=(y\_vector), power=(power))

    # print(matrixPR)

    # print(vectorPR)

    return [matrixPR, vectorPR]

def GauSedProcess(matrixPR, vectorPR, convertFunc=True, guess=(inputGuess if inputGuess else 0), errTol=(errTolerance)):

    os.system('cls')

    # Calling Methods for Linear Algebra Solving

    # Default minError = as much as vector elements

    minErr = 0

    if gseidMinErrPass > 0:

        minErr = gseidMinErrPass

    else:

        minErr = len(vectorPR)

    gaussSeidRes, gaussSeidIter = GaussSeidel(roundV=(inputRound), errTol=(errTol), totalTerm=(

        minErr), b\_val=(vectorPR), guess=(guess), matrix=(matrixPR), limit=(iterLimit), view=(viewProcess))

    if gaussSeidIter == 0:

        return

    print()

    # Convert Result to Function

    fixedFunction = 0

    if convertFunc:

        fixedFunction = arrToFunc(gaussSeidRes)

    return [fixedFunction, gaussSeidRes, gaussSeidIter]

def SrRootProcess(fixedFunction, intervalMin=(intervalMin), intervalMax=(intervalMax), guessOne=(inputVal), guessTwo=(inputBefVal), errTol=(errTolerance)):

    os.system('cls')

    # Calling Methods Root-Finding

    newtRaphRes, newtRaphIter = NewtonRaphson(f=(fixedFunction), f\_dif=(diff(fixedFunction, x)), val=(guessOne), roundV=(

        inputRound), errRound=(errRound), tolerance=(errTol), limit=(iterLimit), view=(viewProcess), intervalMin=(intervalMin), intervalMax=(intervalMax))

    print()

    secnMthdRes, secnMthdIter = SecantMethod(valCurr=(guessOne), valBef=(guessTwo), roundV=(

        inputRound), errRound=(errRound), tolerance=(errTol), f=(fixedFunction), limit=(iterLimit), view=(viewProcess), intervalMin=(intervalMin), intervalMax=(intervalMax))

    print()

    return [newtRaphRes, newtRaphIter, secnMthdRes, secnMthdIter]

#

#

#

#

#

#

#

#

#

#

# DISPLAY --- [Output]

def analysis(gaussSeidRes, gaussSeidIter, fixedFunction, realFunction, newtRaphRes, newtRaphIter, secnMthdRes, secnMthdIter, isRootFinding, isLinEqSlving, isEqRegressor, manualInput=False, x\_data=[], y\_data=[], isOptimization = False):

    # Setup Import

    analyzeX = x\_vector

    analyzeY = y\_vector

    if manualInput:

        analyzeX = x\_data

        analyzeY = y\_data

    # Making Up Conclusions:

    if (isEqRegressor):

        print("[Evaluation finished with the result]\n")

        # print(f"Analyzing the dataset of:\n",

        #       f"x = {analyzeX}\n",

        #       f"y = {analyzeY}\n")

        print("Analysis of Regressor:")

    if (isLinEqSlving or isEqRegressor):

        print(

            f"Gauss  Seidel  resulted in the vector of:\n{gaussSeidRes}\nwith {gaussSeidIter} iterations.\n")

        if (isEqRegressor):

            print(

                f"Translated into Power Regressor in a function of:\n{fixedFunction}", end="\n\n")

    if (isRootFinding):

        print("Analysis of Root:")

        if (isOptimization):

            print("\n(Optimization Mode)\n")

        print(

            f"Newton Raphson resulted in:\n{newtRaphRes}\nwith {newtRaphIter} iterations.")

        if (isOptimization):

            print("Max/min Value:", evToX(realFunction, newtRaphRes))

        print(

            f"Secant Method  resulted in:\n{secnMthdRes}\nwith {secnMthdIter} iterations.")

        if (isOptimization):

            print("Max/min Value:", evToX(realFunction, secnMthdRes))

        print("\n[Evaluation completed]")

def execute(isRootFinding, isLinEqSlving, isEqRegressor, manualInput, isOptimization = False):

    # print(f"{isRootFinding}, {isLinEqSlving}, {isEqRegressor}, {inputManual}")

    convertToFunc = False

    inputManual = list(manualInput)[0]

    # Setting Error Tolerance

    errTol = 0

    if (inputManual):

        errTol = mustNumber("Please input error tolerance: ", dataType=("float"))

    os.system('cls')

    # Calling PowerReg

    matrixPR = []

    vectorPR = []

    if (isEqRegressor and not inputManual):

        matrix, vector = PowRegProcess()

        matrixPR = copy.deepcopy(matrix)

        vectorPR = copy.deepcopy(vector)

        convertToFunc = True

    # Function Definition

    fixedFunction = funct

    realFunction  = funct

    while (True and inputManual and isRootFinding and not isLinEqSlving):

        tempFunct = input("Please input your function: ")

        passed = False

        try:

            tempFunct = sympify(tempFunct)

            round(evToX(tempFunct, 1), 1)

            passed = True

        except:

            os.system('cls')

            print("Your input is not a valid function!")

        if (passed):

            fixedFunction = tempFunct

            realFunction  = tempFunct

            break

    # Calling GaussSed

    gaussSeidRes = []

    gaussSeidIter = 0

    if (inputManual):

        if (isLinEqSlving):

            repeatX = mustNumber(

                "Please input your data row: ", dataType="int")

            repeatY = mustNumber(

                "Please input your data col: ", dataType="int")

            for i in range(repeatY):

                tempVector = []

                for k in range(repeatX):

                    os.system('cls')

                    print("Current matrix:")

                    printMatrix(matrixPR, 2)

                    print(f"Current vector:\n{tempVector}")

                    tempInput = 0

                    tempInput = mustNumber(f"Please input the value of ({i}, {k}): ", errMsg=(

                        f"Current vector:\n{tempVector}"))

                    tempVector.append(tempInput)

                matrixPR.append(tempVector)

            for i in range(repeatX):

                os.system('cls')

                print("Completed matrix:")

                printMatrix(matrixPR, 2)

                print(f"Current output vector:\n{vectorPR}")

                tempInput = mustNumber(f"Please input the output number {i}: ", loopMsg=(

                    f"Completed Matrix:\n{matrixPR}\nCurrent output vector:\n{vectorPR}"))

                vectorPR.append(tempInput)

            os.system('cls')

            print("Completed matrix:")

            printMatrix(matrixPR, 2)

            print(f"Current output vector:\n{vectorPR}")

        elif (isEqRegressor):

            inputX = 0

            inputY = 0

            data = []

            vectX = []

            vectY = []

            while True or (len(data) < 2):

                breaking = False

                os.system('cls')

                print("Your Data (x, y):")

                printMatrix(data, roundV=2)

                currVect = []

                inputX = mustNumber(

                    "Please input your x-data\nInput 'x' to stop (min. 2 contents).\nData: ", dataType="float", accept=['x'])

                if inputX == 'x':

                    breaking = True

                    if (len(data) >= 2):

                        break

                currVect.append(inputX)

                inputY = mustNumber(

                    "Please input your y-data\nInput 'x' to stop (min. 2 contents).\nData: ", dataType="float", accept=['x'])

                if inputY == 'x':

                    breaking = True

                    if (len(data) >= 2):

                        break

                currVect.append(inputY)

                if (not breaking):

                    data.append(currVect)

                    vectX.append(inputX)

                    vectY.append(inputY)

            power = mustNumber("Please input your power rate: ", dataType="unsigned")

            matrix, vector = PowRegProcess(inputVectX=(vectX), inputVectY=(vectY), power=(power+1))

            matrixPR = copy.deepcopy(matrix)

            vectorPR = copy.deepcopy(vector)

            convertToFunc = True

    if ((isLinEqSlving) or (isEqRegressor)):

        if (isLinEqSlving and isRootFinding):

            convertToFunc = True

        if (inputManual or isEqRegressor):

            checkConfig(len(vectorPR))

            guess = 0 # Fill the guess

            if (isLinEqSlving and inputManual):

                guess = []

                for i in range(len(vectorPR)):

                    os.system('cls')

                    print(f"Current guess: {vectorPR}")

                    tempInput = mustNumber(f"Please input the guess number {i}: ", loopMsg=(

                        f"Current guess: {vectorPR}"))

                    guess.append(tempInput)

            func, gaussSdRes, gaussSdIter = GauSedProcess(matrixPR, vectorPR, convertFunc=(convertToFunc), guess=(guess), errTol=(errTol))

        else:

            checkConfig(len(inVector))

            func, gaussSdRes, gaussSdIter = GauSedProcess(inMatrix, inVector, convertFunc=(convertToFunc))

        fixedFunction = func

        realFunction  = func

        gaussSeidRes = copy.deepcopy(gaussSdRes)

        gaussSeidIter = gaussSdIter

    # Calling RootFind

    newtRaphRes = []

    newtRaphIter = 0

    secnMthdRes = []

    secnMthdIter = 0

    if (isOptimization): # Differentiate for optimization

        fixedFunction = diff(fixedFunction, x)

    if (isRootFinding):

        if (list(manualInput)[0]):

            guessOne = mustNumber("Please input 1st guess (for NR and SM): ", dataType="float")

            guessTwo = mustNumber("Please input 2nd guess (for SM)       : ", dataType="float")

            inputMin = mustNumber("Please input minimum restriction: ", dataType="float")

            inputMax = mustNumber("Please input maximum restriction: ", dataType="float")

            newtRhRes, newtRIter, secnMRes, secnMIter = SrRootProcess(fixedFunction, intervalMin=(inputMin), intervalMax=(inputMax), guessOne=(guessOne), guessTwo=(guessTwo), errTol=(errTol))

        else:

            newtRhRes, newtRIter, secnMRes, secnMIter = SrRootProcess(fixedFunction)

        newtRaphRes = copy.deepcopy(newtRhRes)

        newtRaphIter = newtRIter

        secnMthdRes = copy.deepcopy(secnMRes)

        secnMthdIter = secnMIter

    # print("Fix", fixedFunction, "Real", realFunction, sep="\n")

    analysis(fixedFunction=(fixedFunction), realFunction=(realFunction), gaussSeidIter=(gaussSeidIter), gaussSeidRes=(gaussSeidRes), newtRaphIter=(

        newtRaphIter), newtRaphRes=(newtRaphRes), secnMthdIter=(secnMthdIter), secnMthdRes=(secnMthdRes), isRootFinding=(isRootFinding), isLinEqSlving=(isLinEqSlving), isEqRegressor=(isEqRegressor), manualInput=(inputManual), x\_data=(matrixPR), y\_data=(vectorPR), isOptimization=(isOptimization))

# DISPLAY --- [Interface]

# User Interface

def u\_interface\_select():

    return input("Choose: ")

def u\_interface\_wlcm():  # Welcome

    print("Welcome to Numerical Method Analysis Program")

options\_type = [

    "Please choose your Numerical Method Type:",

    "Root-Finding",

    "Linear Equation Solver",

    "Equation Regressor"

]

options\_input = [

    "Please choose your input:",

    "From Input file",

    "From manual input"

]

options\_optimization = [

    "Do you wanna use optimization?",

    "Yes",

    "No"

]

def optionHandler(options=[], taken=[], chosen=""):  # Reduce Options

    selected = copy.deepcopy(taken)

    # Check selection validity

    if (chosen != "") and (chosen in options):

        # Pick Regress = Pick Gauss

        # if (chosen == options\_type[3] and options\_type[2] in options):

        #     selected.append(options\_type[2])

        #     options.remove(options\_type[2])

        selected.append(chosen)

        options.remove(chosen)

    else:

        # Choice is either invalid or the options are empty.

        print("Invalid request!")

        return [False, False]

    # Test

    # print("Opts: ", options, "\nSlct: ", selected)

    return [options, selected]

def optionDisplayer(options=[], selected=[], multiChoice=True):  # Display Options

    if len(options) <= 1:

        print("Cannot proceed to the next process as there is no option available!")

        return [False, False]

    localOpts = copy.deepcopy(options)

    localSlct = copy.deepcopy(selected)

    while True:

        # Handle Interface Output

        print(localOpts[0])

        for i in range(len(localOpts)-1):

            print(i+1, ") ", localOpts[i+1], sep="")

        if localSlct != []:

            print("x) Finish Selection")

        # Input Handler

        inputVal = u\_interface\_select()

        if (localSlct != [] and inputVal == "x"):

            break

        try:  # Conversion Handler

            inputVal = int(inputVal)

        except:

            os.system('cls')

            print("Your input is not a number! Please try again!")

            continue

        if inputVal <= 0 or inputVal >= len(localOpts):  # Range Handler

            os.system('cls')

            print("Your input is out of range! Please try again!")

            continue

        # Process Input

        handledOpts, handledSelect = optionHandler(

            options=(localOpts), taken=(localSlct), chosen=(localOpts[inputVal]))  # Update Options

        # Save Input

        localOpts = handledOpts

        localSlct = handledSelect

        os.system('cls')

        # Break if not multiChoice

        if not multiChoice:

            break

        # Break if no options left

        if len(localOpts) <= 1:

            break

    os.system('cls')

    return [handledOpts, handledSelect]

def u\_interface\_optim():

    options, selected = optionDisplayer(options\_optimization, multiChoice=(False))

    decode = True if selected[0] == "Yes" else False if selected[0] == "No" else "Error"

    # print(decode)

    return decode

def u\_interface\_mthd(callback\_input):  # Numerical Method Type

    options, selected = optionDisplayer(options\_type)

    # Test

    # print("Opts", options)

    # print("Sclt", selected)

    # Booleans

    isRootFinding = options\_type[1] in selected

    isLinEqSlving = options\_type[2] in selected

    isEqRegressor = options\_type[3] in selected

    manualInput = callback\_input()

    # Selectors

    if (isRootFinding and isLinEqSlving and isEqRegressor):

        print(

            "You're choosing: Data Set -> Power Regression --[GS]--> Function --[NR, SM]--> Root")

    elif (isRootFinding and isLinEqSlving):

        print("You're choosing: Matrix --[GS]--> Function --[NR, SM]--> Root")

    elif (isRootFinding and isEqRegressor):

        print("You're choosing: (there is no supporting method for this one)")

    elif (isLinEqSlving and isEqRegressor):

        print(

            "You're choosing: Dataset --> Power Regression --[GS]--> Function")

    elif (isRootFinding):

        print("You're choosing: Root Finding [NR, SM]")

    elif (isLinEqSlving):

        print("You're choosing: Linear Equation Solving [GS]")

    elif (isEqRegressor):

        print("You're choosing: Equation Regression [Power+GS]")

    else:

        print("ERROR IN METHOD CHOICE SELECTION")

    print()

    isOptimiziation = False

    if (isRootFinding):

        isOptimiziation = u\_interface\_optim()

    execute(isRootFinding=(isRootFinding), isLinEqSlving=(

        isLinEqSlving), isEqRegressor=(isEqRegressor), manualInput={manualInput}, isOptimization=(isOptimiziation))

def u\_interface\_src():  # Data Source

    options, selected = optionDisplayer(options\_input, multiChoice=(False))

    # Booleans

    isFromFile = options\_input[1] in selected

    isManualIn = options\_input[2] in selected

    # Selectors

    if (isFromFile):

        print("You're choosing: Exported Input")

        return False

    elif (isManualIn):

        print("You're choosing: Manual Input")

        return True

    else:

        print("ERROR IN SOURCE CHOICE SELECTION")

    print()

def u\_interface():

    u\_interface\_wlcm()

    u\_interface\_mthd(callback\_input=(u\_interface\_src))

try:

    # Data Validity

    checkValidity()

    # Execute

    u\_interface()

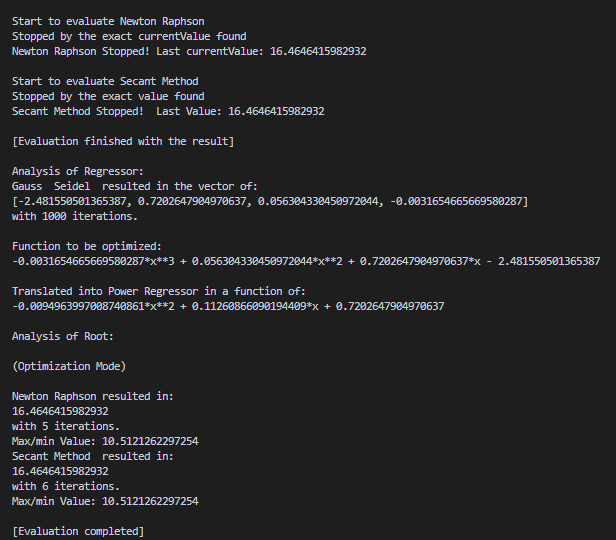
except:

    print("\nTerminated by Error")

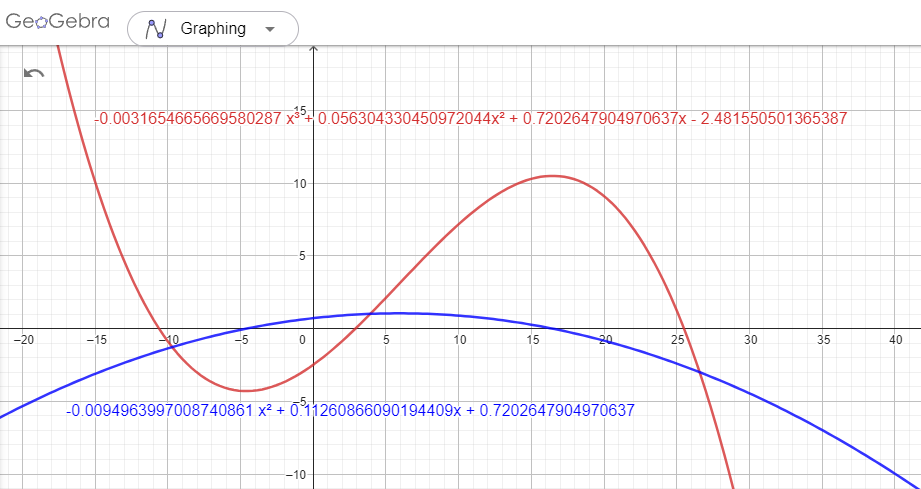
1. **ANALISIS**
2. **Hasil Awal Simulasi**

Pada folder laporan ini, terdapat suatu *file* dengan format .csv yang berisikan data set yang digunakan untuk dianalisis dalam laporan ini. Pada *file* tersebut, diambil 9000 pasangan data pertama sebagai sampel pada tahun 2017. Sisanya, pada tahun 2018 hingga 2019 diabaikan dalam laporan ini sebagai batasan percobaan. Apabila dilakukan *plotting* secara langsung, diperoleh *scatter plot* sebagai berikut.

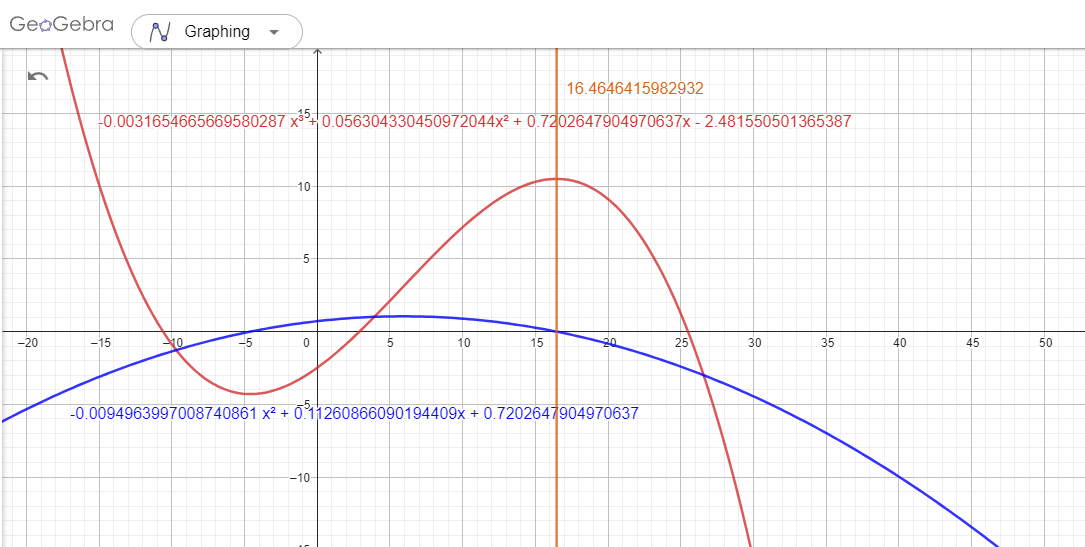
Data ini kemudian diregresi dengan polinomial berderajat tiga yang kemudian langsung dilakukan optimasi terhadapnya sebagai berikut.



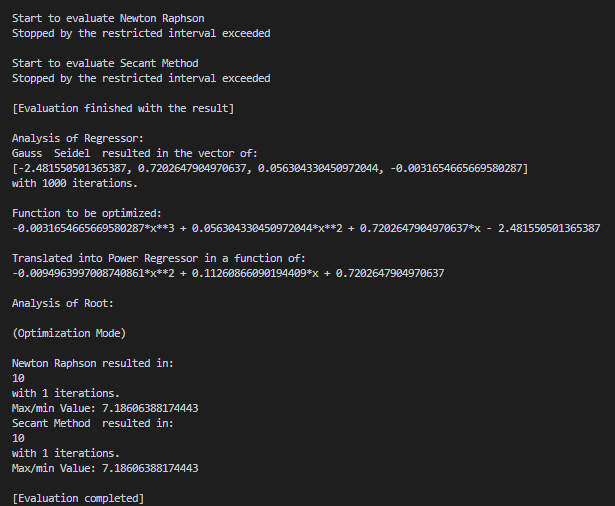
Hasil operasi ini diperoleh dengan melakukan seleksi kepada semua fitur yang ada pada program, mengambil data dari *file* Input dan mengaktifkan fitur optimasi pada hasil akhirnya. Sesuai pada hasil di atas, dapat dilihat bahwa terdapat dua persamaan yang dihasilkan, yaitu persamaan regresi dan diferensial dari persamaan regresi yang hendak diperlakukan dengan optimasi. Kedua persamaan itu dapat divisualisasikan pada GeoGebra sebagai berikut.



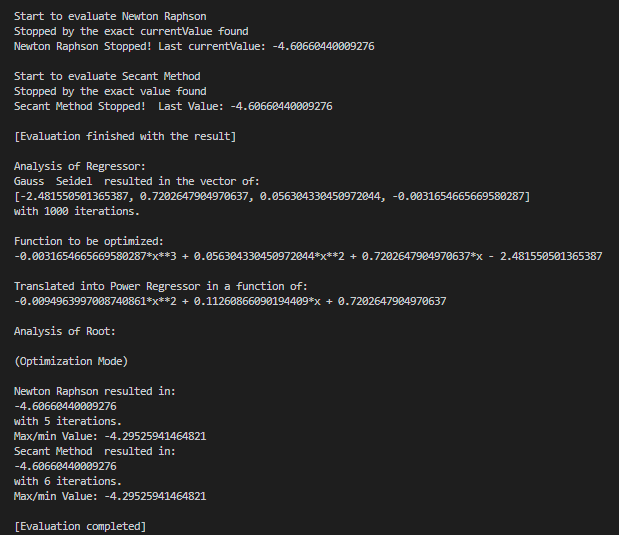
Gambar ini menunjukkan bahwa persamaan dengan warna merah merupakan persamaan regresi, sementara persamaan dengan warna biru merupakan persamaan regresi yang didiferensiasi untuk menemukan titik optimum dari persamaan regresi. Dapat dilihat sesuai pada hasil program, ditemukan nilai optimum berupa nilai maksimum grafik yang dapat divisualisasikan pula dengan grafik berikut.



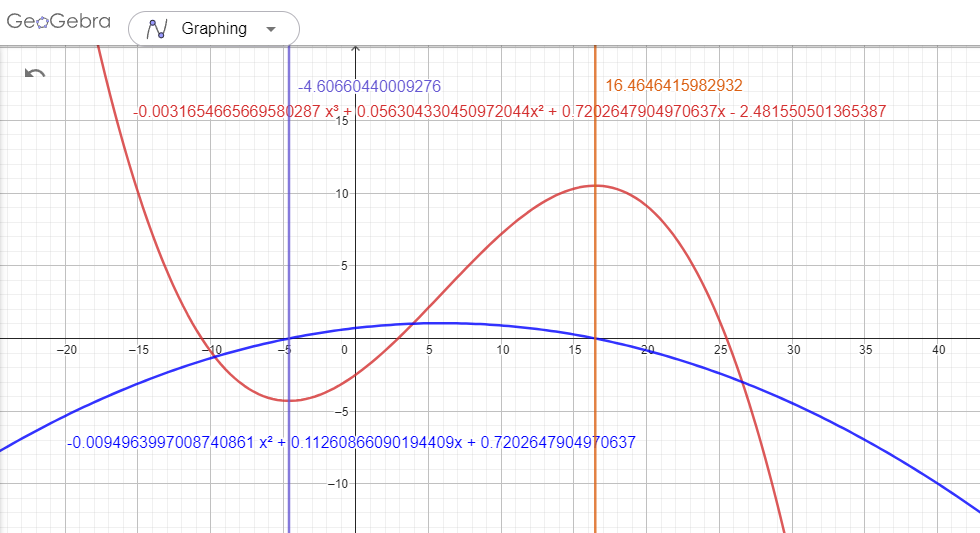
Jika diperhatikan lebih dalam, sebenarnya grafik tersebut juga memiliki nilai minimum pada sumbu-x (temperatur) negatif. Hal ini tidak akan dapat ditemukan oleh program mengingat program diatur sedemikian rupa untuk menolak nilai x di bawah 10. Sebagai metode pembuktian, maka dilakukan operasi program ulang tetapi dengan tebakan yang lebih rendah supaya dapat ditemukan akar lainnya. Adapun nilai yang lebih rendah yang dipilih dengan kriteria jarak yang dekat dengan akar kedua adalah -5 dan -6. Berikut adalah hasil dari program yang dijalankan.



Seperti yang dapat dilihat, hasil tersebut tidak menemukan akar kedua melainkan langsung berhenti pada titik kekangan, yaitu nilai 10 Celsius dengan titik kekangan sekitar 7.18 Celcius. Jika kekangan diabaikan, maka hasil akhir program akan menjadi seperti berikut.



Maka, sesuai pada simulasi tersebut, ditemukan akar lain yang apabila divisualisasikan dengan grafik pada GeoGebra menjadi seperti berikut.



Dengan demikian, dapat didefinisikan bahwa grafik tersebut menunjukkan titik maksimum dan minimum dari perubahan titik embun yang dipengaruhi oleh tingginya temperatur udara. Sebagai pemudah pembanding, maka *scatter plot* sebelumnya juga ditampilkan kembali dalam halaman ini.

Secara visual, dapat dilihat bahwa grafik tersebut benar-benar menampilkan adanya representasi kondisi dari data yang ditampilkan pada *scatter plot* tersebut.

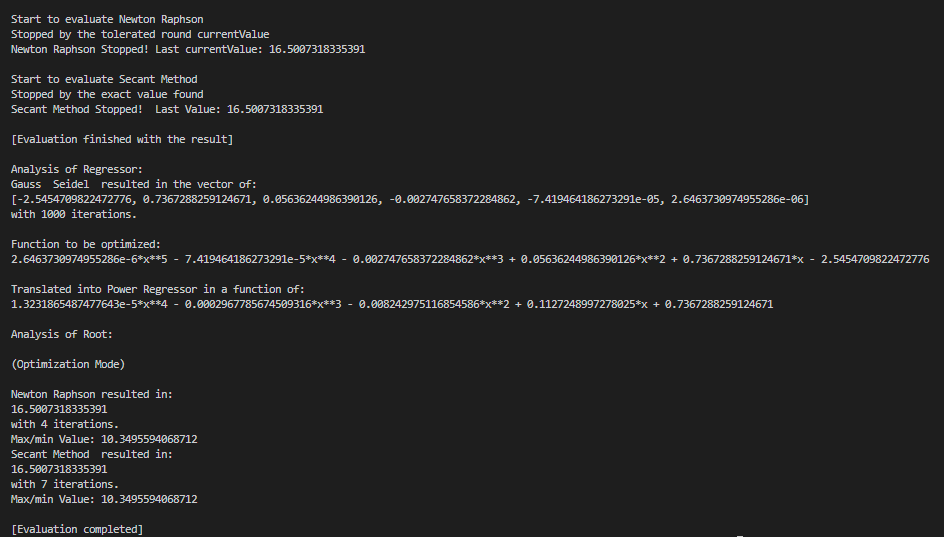
1. **Variasi Ukuran Matriks**

Sebagai pembanding, maka diambil beberapa data-data tambahan untuk melakukan analisis konsistensi pada hasil. Maka, diambil lagi 7 macam sampel data set dengan ukuran berbeda dan/atau derajat polinomial berbeda pada tahun yang sama dengan variasi kondisi seperti berikut:

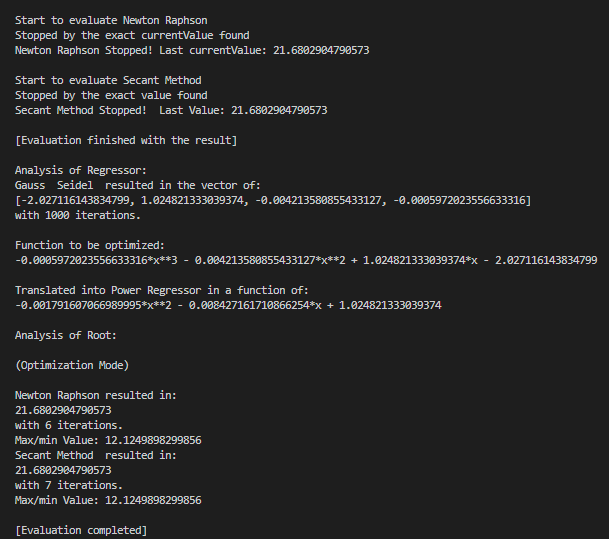
1. Derajat 5 (berbeda) dengan data set 9000 pada waktu yang sama
2. Derajat 3 (sama) dengan data set 5000 data di waktu setelahnya
3. Derajat 5 (berbeda) dengan data set 5000 data di waktu setelahnya
4. Derajat 3 (sama) dengan data set tergabung 9000 + 5000
5. Derajat 5 (berbeda) dengan data set tergabung 9000 + 5000
6. Derajat 3 (sama) dengan data set terpisah sebanyak 6000
7. Derajat 5 (berbeda) dengan data set terpisah sebanyak 6000

Berikut merupakan hasil dari operasi program terhadap ketiga kondisi lain tersebut.

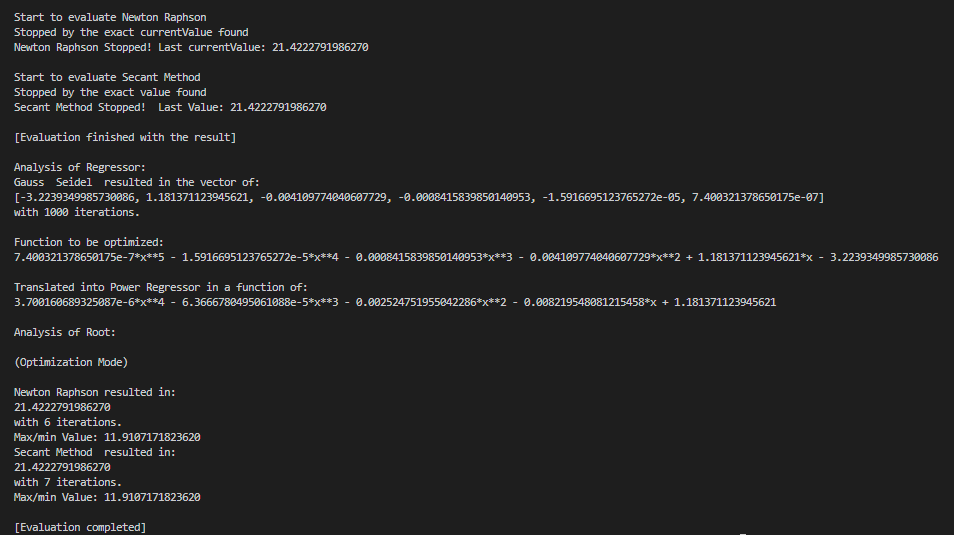
1. Derajat 5 (berbeda) dengan data set 9000 pada waktu yang sama



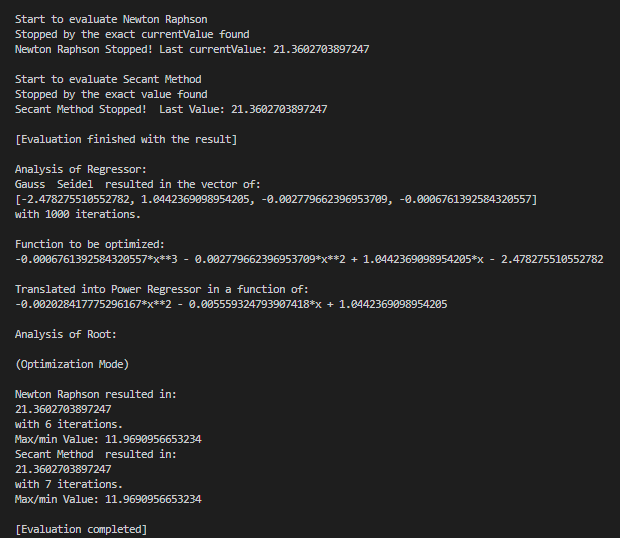
1. Derajat 3 (sama) dengan data set 5000 data di waktu setelahnya



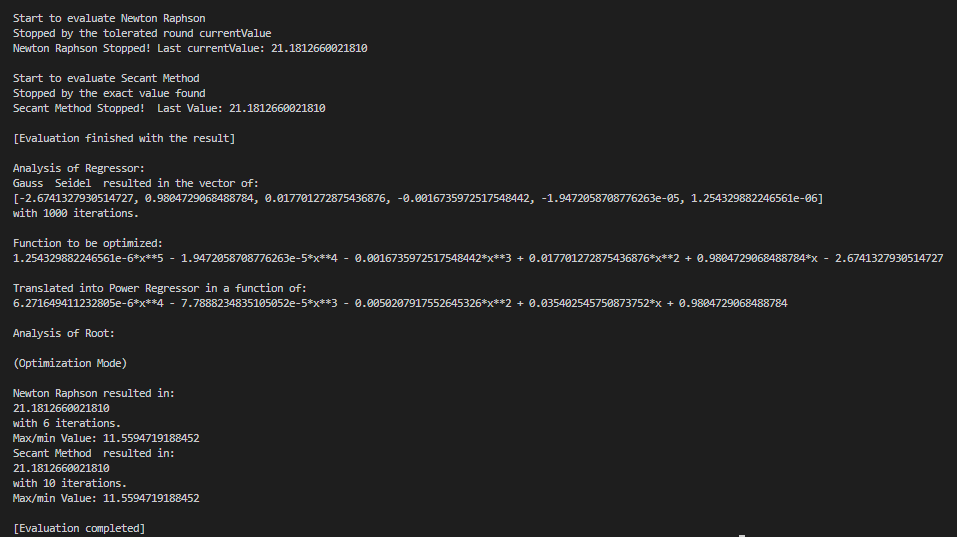
1. Derajat 5 (berbeda) dengan data set 5000 data di waktu setelahnya



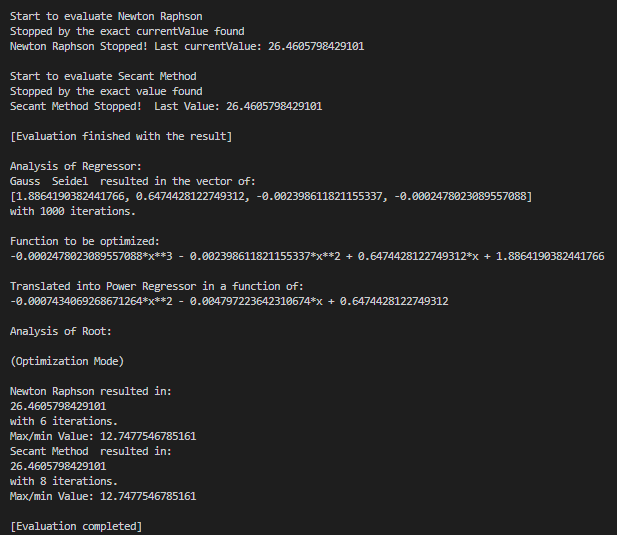
1. Derajat 3 (sama) dengan data set tergabung 9000 + 5000



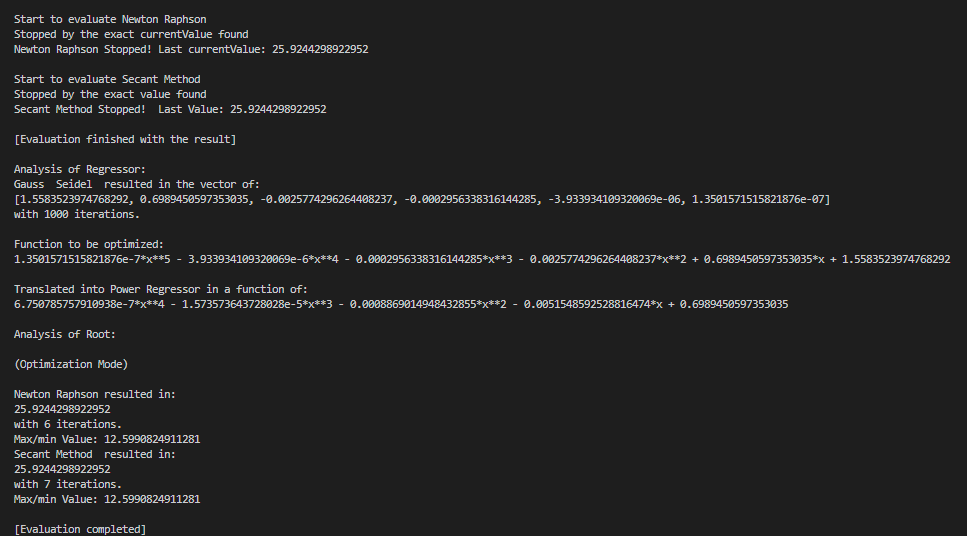
1. Derajat 5 (berbeda) dengan data set tergabung 9000 + 5000



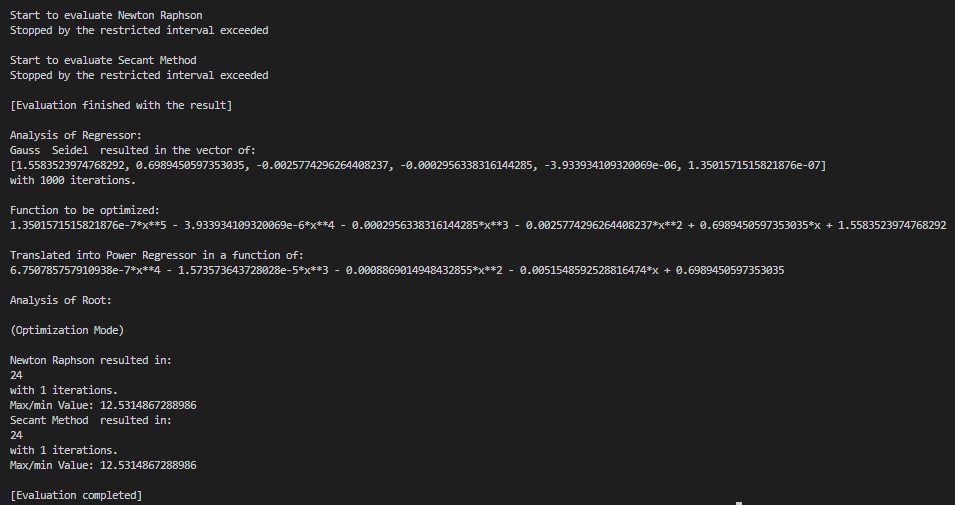
1. Derajat 3 (sama) dengan data set terpisah sebanyak 6000 [melangkahi batas]



1. Derajat 5 (berbeda) dengan data set terpisah sebanyak 6000 [melangkahi batas]



1. Ekstra, *output* sesungguhnya pada batas kekangan maksimum untuk data set terpisah sebanyak 6000 (digunakan derajat 5 saja).



1. **Analisis Hasil**

Berdasarkan apa yang telah diperoleh, dapat dikompilasi hasil-hasil operasi program tersebut sebagai berikut.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| No | Derajat | Data | Temperatur Udara pada Titik Embun Maksimum ) | Titik Embun Maksimum ) |
| 1 | 3 | 9000 | 16.4646415982932 | 10.5121262297254 |
| 2 | 5 | 9000 | 16.5007318335391 | 10.3495594068712 |
| 3 | 3 | 5000 | 21.6802904790573 | 12.1249898299856 |
| 4 | 5 | 5000 | 21.4222791986270 | 11.9107171823620 |
| 5 | 3 | 14000 | 21.3602703897247 | 11.9690956653234 |
| 6 | 5 | 14000 | 21.1812660021810 | 11.5594719188452 |
| 7 | 3 | 6000 | 26.4605798429101 | 12.7477546785161 |
| 8 | 5 | 6000 | 25.9244298922952 | 12.5990824911281 |
| 9 | 5 | 6000 | 24.0000000000000 | 12.5314867288906 |

Sesuai pada tabel di atas, dapat dilihat bahwa titik embun maksimum berada berkisar hingga dengan penyebab kenaikan titik embun hingga maksimum adalah temperatur udara yang berkisar hingga . Tetapi, terdapat beberapa bentuk tidak konsisten dalam hasil ini yang dapat dilihat pada tingginya deviasi pada temperatur udara pada titik embun maksimum. Meski demikian, deviasi titik embun maksimum justru tidaklah tinggi. Berikut merupakan nilaian deviasi yang dimaksud. (Catatan: data pada nomor ke-7 dan ke-8 tidak digunakan karena melebihi kekangan)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Parameter** | **Temperatur Udara** ) | **Temperatur Titik Embun** ) |
| **Mean ()** | 20.37278279 | 11.56534957 |
| **Deviasi (s)** | 2.824383319 | 0.828288154 |

Pada tabel sebelumnya, dapat dilihat bahwa temperatur udara yang meskipun cukup tinggi deviasi sampelnya (hingga 2.82), deviasi sampel dari temperatur titik embun tergolong relatif kecil (hanya 0.83 saja). Berdasarkan hal tersebut, dapat dikatakan bahwa sesungguhnya temperatur maksimum dapat berupa berapa saja di antara interval hingga yang pada akhirnya tetap akan menghasilkan titik embun maksimum di sekitar . Adapun berikut ini merupakan grafik total keseluruhan dari 35.040 data yang diperoleh pada 2017 untuk kota İzmir, Turki sebagai perbandingan terhadap hasil percobaan.

Grafik tersebut memang menunjukkan bahwa titik maksimum dari titik embun terletak pada nilai sekitar dengan temperatur sekitar apabila dilakukan tebakan nilai. Namun, perlu dicatat pula bahwa nilai tersebut melebihi kekangan yang telah ditentukan sebelumnya. Selain itu, data yang diolah sebelumnya diambil secara langsung dari nilai-nilai awal data set yang diperoleh (bulan-bulan pertama pengambilan cuplikan data). Hal ini berarti bisa saja terdapat faktor cuaca pada musim yang berbeda pada bulan-bulan berikutnya yang mempengaruhi perubahan temperatur rata-rata tertentu pada waktu lainnya yang tidak diolah dalam laporan ini.

1. **KESIMPULAN**

Berdasarkan percobaan yang dilakukan pada laporan ini, terdapat kesimpulan yang dapat digolongkan menjadi dua, yaitu kesimpulan matematis dan kesimpulan inferensial. Berikut merupakan kesimpulan matematis dari percobaan.

1. Perubahan derajat dari derajat 3 ke derajat 5 dalam kasus ini tidak menghasilkan perubahan hasil regresi polinomial yang signifikan. Hal ini dapat dilihat pada data yang diperoleh di mana masing-masing bentuk derajat dalam variasi data yang sama hanya memiliki perbedaan hasil maksimal .
2. Perbedaan hasil temperatur udara pada titik embun maksimum pada masing-masing pasangan data yang berbeda tidak terlalu berdampak dengan deviasi temperatur titik embun dengan nilai deviasi serendah sekitar saja.
3. Senada dengan kesimpulan ke-2, maka meskipun simpangan temperatur udara tergolong cukup besar, hal ini tidak mempengaruhi besarnya temperatur titik embun pada daerah tersebut.
4. Dengan perbandingan yang dilakukan terhadap *scatter plot* data asli, ditemukan bahwa hasil simulasi (, ) belum dapat merepresentasikan kondisi satu tahun hubungan antara temperatur udara dengan titik embun.

Selain itu, sesuai dengan kesimpulan-kesimpulan matematis tersebut, dapat diambil kesimpulan inferensial seperti berikut ini.

1. Pendekatan regresi polinomial terhadap data menunjukkan bahwa derajat persamaan tidaklah diprioritaskan. Hal ini berarti model matematika yang digunakan untuk merepresentasikan hubungan antara temperatur udara terhadap titik embun dapat dinyatakan dalam hubungan kuadrat-parabola tertutup sederhana saja (semakin tinggi temperatur, semakin tinggi titik embun hingga titik tertentu hingga akhirnya menurun kembali).
2. Titik embun maksimum tidak secara kaku diakibatkan oleh beberapa titik temperatur saja. Pada data yang diperoleh, - merupakan interval yang menghasilkan titik maksimum yang tak jauh berbeda. Hal ini menyatakan bahwa interval temperatur tersebut adalah temperatur yang dapat mengakibatkan titik embun tertinggi pada daerah tersebut.
3. Perlu dilakukan simulasi yang lebih masif untuk mampu mendefinisikan pendekatan terhadap data asli yang lebih baik. Hal ini berarti kekangan harus diperlonggar dan data yang dioperasikan harus ditingkatkan jumlahnya untuk menghasilkan titik optimum yang lebih akurat.