# Умова завдання

Варіант 14

A black text on a white background

Description automatically generated

# Аналітичний розв’язок

Маємо диференційне рівняння:

Розв’яжемо рівняння за допомогою Wolfram alpha:

A math equation with text

Description automatically generated with medium confidence

Використавши умови , знайдемо .

Розв’язок системи:

Тоді аналітичний розв’язок задачі:

# Чисельний розв’язок

Задача зводиться до пошуку вектору X, , що мінімізуватиме наступну функцію:

Було вирішено використати наступну варіацію методу випадкових блукань:

A diagram of a flowchart

Description automatically generated

Рис. 1 Блок-схема методу випадкових блукань

Варто відмітити обраний критерій зупинки методу:

* Замість прямого задання кількості ітерацій метод проводить ітерації доти, поки поточний крок є більшим за мінімально можливий крок.
* Поточний крок змінюється у межах від початкової довжини до мінімальної довжини.
* Зменшення поточної довжини кроку відбувається за умови, що кількість спроб перейти у нову точку перевищує задану межу.
* Зменшення поточної довжини кроку реалізовано множенням поточного кроку на коефіцієнт (очевидно має бути < 1).

Метод був реалізований мовою програмування C# ([посилання на репозиторій реалізації](https://github.com/Bohdan628318ylypchenko/Optimal-Control-Lab3)).

# Опис дослідження

В роботі було проведено такі дослідження:

A diagram of a family tree

Description automatically generated

Рис. 2 Опис дослідження

* Дослідження проводились для 2 різних значень seed. Seed контролює генерацію початкової точки, генерацію випадкових напрямків. Таким чином, в роботі наявне розв’язання задачі для різних початкових точок.
* 4 значення розмірності розбиття: 5, 10, 16, 32
* Для всіх експериментів значення start step, failed attempt count, step coefficient є незмінними. Кількість ітерацій змінювалась завдяки варіюванню min step: 0.1, 0.01, 0.001.

A graph with different colored lines

Description automatically generated

Рис. 3 Візуальне порівняння всіх експериментів з аналітичним розв’язком (seed 451)

A graph paper with a grid

Description automatically generated

аномалія, результат недостатньої кількості кроків

Рис. 4 Порівняння значення інтегральної суми, отриманого аналітично, з результатами всіх експериментів (seed 451)

Проаналізуємо експерименти при segment count = 5.

A graph with a line

Description automatically generated

Рис. 5 Візуальне порівняння результатів експериментів при segment count = 5 з аналітичним розв’язком (1)

A graph with different colored lines

Description automatically generated

Рис. 6 Візуальне порівняння результатів експериментів при segment count = 5 з аналітичним розв’язком (2)

==========> Run 1 ============

input parameters:

a = 0, x(a) = 7.3890560989306495

b = 1, x(b) = 1

seed = 451

segmentCount = 5

start step = 0.5 > min step 0.1,

fail attempt count = 100

step decrease coefficient = 0.9

output:

Minimization result =

t = 0; x = 7.3891

t = 0.2; x = 4.9779

t = 0.4; x = 3.3427

t = 0.6; x = 2.2755

t = 0.8; x = 1.5107

t = 1; x = 1

Integral sum value = 175.24861088662246

Start point (except a and b): VN 63704574: dim = 4; coords = | -0.3199 |-0.7018 |-0.9768 |0.6418 |

===========================================

==========> Run 2 ============

input parameters:

a = 0, x(a) = 7.3890560989306495

b = 1, x(b) = 1

seed = 451

segmentCount = 5

start step = 0.5 > min step 0.01,

fail attempt count = 100

step decrease coefficient = 0.9

output:

Minimization result =

t = 0; x = 7.3891

t = 0.2; x = 4.9622

t = 0.4; x = 3.3315

t = 0.6; x = 2.2341

t = 0.8; x = 1.4982

t = 1; x = 1

Integral sum value = 175.2377998225751

Start point (except a and b): VN 36470260: dim = 4; coords = | -0.3199 |-0.7018 |-0.9768 |0.6418 |

===========================================

==========> Run 3 ============

input parameters:

a = 0, x(a) = 7.3890560989306495

b = 1, x(b) = 1

seed = 451

segmentCount = 5

start step = 0.5 > min step 0.001,

fail attempt count = 100

step decrease coefficient = 0.9

output:

Minimization result =

t = 0; x = 7.3891

t = 0.2; x = 4.9645

t = 0.4; x = 3.3342

t = 0.6; x = 2.2378

t = 0.8; x = 1.4986

t = 1; x = 1

Integral sum value = 175.23771014748496

Start point (except a and b): VN 59796890: dim = 4; coords = | -0.3199 |-0.7018 |-0.9768 |0.6418 |

===========================================

Візуально маємо відносно хороше наближення навіть з такою малою кількістю сегментів. Але значення інтегральної суми суттєво відрізняється: ~175.23 (чисельний розв’язок) проти ~107.2 (аналітичний розв’язок). При цьому, внаслідок малої кількості вузлів, розмір мінімального кроку майже не впливає на результат.

Проаналізуємо експерименти при segment count = 10.

A graph with a line

Description automatically generated

Рис. 7 Візуальне порівняння результатів експериментів при segment count = 10 з аналітичним розв’язком (1)

A graph with different colored lines

Description automatically generated

Рис. 8 Візуальне порівняння результатів експериментів при segment count = 10 з аналітичним розв’язком (2)

==========> Run 1 ============

input parameters:

a = 0, x(a) = 7.3890560989306495

b = 1, x(b) = 1

seed = 451

segmentCount = 10

start step = 0.5 > min step 0.1,

fail attempt count = 100

step decrease coefficient = 0.9

output:

Minimization result =

t = 0; x = 7.3891

t = 0.1; x = 6.0705

t = 0.2; x = 5.0189

t = 0.3; x = 4.1078

t = 0.4; x = 3.3692

t = 0.5; x = 2.7559

t = 0.6; x = 2.3126

t = 0.7; x = 1.9167

t = 0.8; x = 1.5676

t = 0.9; x = 1.2853

t = 1; x = 1

Integral sum value = 140.79964211317645

Start point (except a and b): VN 7691275: dim = 9; coords = | -0.3199 |-0.7018 |-0.9768 |0.6418 |0.6522 |0.3736 |0.9592 |0.4037 |0.5476 |

===========================================

==========> Run 2 ============

input parameters:

a = 0, x(a) = 7.3890560989306495

b = 1, x(b) = 1

seed = 451

segmentCount = 10

start step = 0.5 > min step 0.01,

fail attempt count = 100

step decrease coefficient = 0.9

output:

Minimization result =

t = 0; x = 7.3891

t = 0.1; x = 6.0518

t = 0.2; x = 4.9609

t = 0.3; x = 4.0647

t = 0.4; x = 3.3332

t = 0.5; x = 2.7288

t = 0.6; x = 2.2325

t = 0.7; x = 1.8294

t = 0.8; x = 1.4945

t = 0.9; x = 1.2236

t = 1; x = 1

Integral sum value = 140.6906654025613

Start point (except a and b): VN 2112619: dim = 9; coords = | -0.3199 |-0.7018 |-0.9768 |0.6418 |0.6522 |0.3736 |0.9592 |0.4037 |0.5476 |

===========================================

==========> Run 3 ============

input parameters:

a = 0, x(a) = 7.3890560989306495

b = 1, x(b) = 1

seed = 451

segmentCount = 10

start step = 0.5 > min step 0.001,

fail attempt count = 100

step decrease coefficient = 0.9

output:

Minimization result =

t = 0; x = 7.3891

t = 0.1; x = 6.0518

t = 0.2; x = 4.9567

t = 0.3; x = 4.0593

t = 0.4; x = 3.3244

t = 0.5; x = 2.7225

t = 0.6; x = 2.2292

t = 0.7; x = 1.8251

t = 0.8; x = 1.4941

t = 0.9; x = 1.2223

t = 1; x = 1

Integral sum value = 140.68989138100721

Start point (except a and b): VN 19013575: dim = 9; coords = | -0.3199 |-0.7018 |-0.9768 |0.6418 |0.6522 |0.3736 |0.9592 |0.4037 |0.5476 |

===========================================

Візуальне співпадіння з аналітичним розв’язком є ще більш вираженим. Зменшились значення інтегральної суми: 140.79, 140.69, 140.68. Ці значення все ще є далекими від аналітичного розв’язку. Як і в минулих експериментах, зміна min step має несуттєвий вплив.

Проаналізуємо експерименти при segment count = 16.

A graph with a line

Description automatically generated

Рис. 9 Візуальне порівняння результатів експериментів при segment count = 16 з аналітичним розв’язком (1)

A graph with different colored lines

Description automatically generated

Рис. 10 Візуальне порівняння результатів експериментів при segment count = 16 з аналітичним розв’язком (2)

==========> Run 1 ============

input parameters:

a = 0, x(a) = 7.3890560989306495

b = 1, x(b) = 1

seed = 451

segmentCount = 16

start step = 0.5 > min step 0.1,

fail attempt count = 100

step decrease coefficient = 0.9

output:

Minimization result =

t = 0; x = 7.3891

t = 0.0625; x = 6.4413

t = 0.125; x = 5.6614

t = 0.1875; x = 4.9238

t = 0.25; x = 4.256

t = 0.3125; x = 3.6811

t = 0.375; x = 3.1677

t = 0.4375; x = 2.7571

t = 0.5; x = 2.3611

t = 0.5625; x = 2.0387

t = 0.625; x = 1.8035

t = 0.6875; x = 1.5527

t = 0.75; x = 1.3654

t = 0.8125; x = 1.2468

t = 0.875; x = 1.138

t = 0.9375; x = 1.0589

t = 1; x = 1

Integral sum value = 128.9699479603938

Start point (except a and b): VN 11709955: dim = 15; coords = | -0.3199 |-0.7018 |-0.9768 |0.6418 |0.6522 |0.3736 |0.9592 |0.4037 |0.5476 |0.1609 |0.1147 |0.1391 |0.3462 |-0.7907 |0.3389 |

===========================================

==========> Run 2 ============

input parameters:

a = 0, x(a) = 7.3890560989306495

b = 1, x(b) = 1

seed = 451

segmentCount = 16

start step = 0.5 > min step 0.01,

fail attempt count = 100

step decrease coefficient = 0.9

output:

Minimization result =

t = 0; x = 7.3891

t = 0.0625; x = 6.5136

t = 0.125; x = 5.7466

t = 0.1875; x = 5.0663

t = 0.25; x = 4.4657

t = 0.3125; x = 3.9362

t = 0.375; x = 3.464

t = 0.4375; x = 3.0532

t = 0.5; x = 2.6938

t = 0.5625; x = 2.3788

t = 0.625; x = 2.0976

t = 0.6875; x = 1.8517

t = 0.75; x = 1.6355

t = 0.8125; x = 1.4494

t = 0.875; x = 1.2825

t = 0.9375; x = 1.1364

t = 1; x = 1

Integral sum value = 128.0111207096142

Start point (except a and b): VN 38280736: dim = 15; coords = | -0.3199 |-0.7018 |-0.9768 |0.6418 |0.6522 |0.3736 |0.9592 |0.4037 |0.5476 |0.1609 |0.1147 |0.1391 |0.3462 |-0.7907 |0.3389 |

===========================================

==========> Run 3 ============

input parameters:

a = 0, x(a) = 7.3890560989306495

b = 1, x(b) = 1

seed = 451

segmentCount = 16

start step = 0.5 > min step 0.001,

fail attempt count = 100

step decrease coefficient = 0.9

output:

Minimization result =

t = 0; x = 7.3891

t = 0.0625; x = 6.5208

t = 0.125; x = 5.7539

t = 0.1875; x = 5.0769

t = 0.25; x = 4.48

t = 0.3125; x = 3.9523

t = 0.375; x = 3.487

t = 0.4375; x = 3.0769

t = 0.5; x = 2.715

t = 0.5625; x = 2.3955

t = 0.625; x = 2.1142

t = 0.6875; x = 1.8656

t = 0.75; x = 1.6462

t = 0.8125; x = 1.4533

t = 0.875; x = 1.2831

t = 0.9375; x = 1.1326

t = 1; x = 1

Integral sum value = 128.0049476019963

Start point (except a and b): VN 8982304: dim = 15; coords = | -0.3199 |-0.7018 |-0.9768 |0.6418 |0.6522 |0.3736 |0.9592 |0.4037 |0.5476 |0.1609 |0.1147 |0.1391 |0.3462 |-0.7907 |0.3389 |

===========================================

Вперше спостерігаємо суттєву візуальну відмінність чисельного розв’язку від аналітичного – а саме експеримент при min step = 0.1. Це пов’язано з кількістю ітерацій, недостатньою для ефективної оптимізації положення такої великої кількості вузлів. Тобто при min step = 0.1 метод не встигає «дійти» до мінімуму. Цю тезу також підтверджують результати при min step = 0.01 та 0.001.

Цікаве спостереження: навіть у випадку min step = 0.1 значення інтегральної суми наблизилось до аналітичного розв’язку більше за експерименти з segment count = 10: ~128 проти ~140.

Проаналізуємо результати експерименту для segment count = 32.

A graph with different colored lines

Description automatically generated

Рис. 11 Візуальне порівняння результатів експериментів при segment count = 32 з аналітичним розв’язком (1)

A graph with different colored lines

Description automatically generated

Рис. 12 Візуальне порівняння результатів експериментів при segment count = 32 з аналітичним розв’язком (2)

==========> Run 1 ============

input parameters:

a = 0, x(a) = 7.3890560989306495

b = 1, x(b) = 1

seed = 451

segmentCount = 32

start step = 0.5 > min step 0.1,

fail attempt count = 100

step decrease coefficient = 0.9

output:

Minimization result =

t = 0; x = 7.3891

t = 0.0313; x = 6.6919

t = 0.0625; x = 6.0132

t = 0.0938; x = 5.3585

t = 0.125; x = 4.7113

t = 0.1563; x = 4.1495

t = 0.1875; x = 3.65

t = 0.2188; x = 3.2314

t = 0.25; x = 2.7874

t = 0.2813; x = 2.3912

t = 0.3125; x = 2.0819

t = 0.3438; x = 1.7883

t = 0.375; x = 1.5858

t = 0.4063; x = 1.4041

t = 0.4375; x = 1.23

t = 0.4688; x = 1.0445

t = 0.5; x = 0.9199

t = 0.5313; x = 0.7865

t = 0.5625; x = 0.7127

t = 0.5938; x = 0.5766

t = 0.625; x = 0.5033

t = 0.6563; x = 0.4702

t = 0.6875; x = 0.4702

t = 0.7188; x = 0.4685

t = 0.75; x = 0.5217

t = 0.7813; x = 0.5405

t = 0.8125; x = 0.6298

t = 0.8438; x = 0.6606

t = 0.875; x = 0.7516

t = 0.9063; x = 0.8595

t = 0.9375; x = 0.8872

t = 0.9688; x = 0.9532

t = 1; x = 1

Integral sum value = 145.83975016778598

Start point (except a and b): VN 10212927: dim = 31; coords = | -0.3199 |-0.7018 |-0.9768 |0.6418 |0.6522 |0.3736 |0.9592 |0.4037 |0.5476 |0.1609 |0.1147 |0.1391 |0.3462 |-0.7907 |0.3389 |0.3786 |-0.1114 |0.2301 |0.7719 |0.888 |0.483 |-0.0102 |-0.5737 |0.1752 |0.801 |0.2036 |0.376 |-0.7384 |-0.7622 |-0.4034 |0.3726 |

===========================================

==========> Run 2 ============

input parameters:

a = 0, x(a) = 7.3890560989306495

b = 1, x(b) = 1

seed = 451

segmentCount = 32

start step = 0.5 > min step 0.01,

fail attempt count = 100

step decrease coefficient = 0.9

output:

Minimization result =

t = 0; x = 7.3891

t = 0.0313; x = 6.9211

t = 0.0625; x = 6.4795

t = 0.0938; x = 6.0615

t = 0.125; x = 5.6707

t = 0.1563; x = 5.3008

t = 0.1875; x = 4.9591

t = 0.2188; x = 4.6313

t = 0.25; x = 4.3222

t = 0.2813; x = 4.0387

t = 0.3125; x = 3.77

t = 0.3438; x = 3.5167

t = 0.375; x = 3.2867

t = 0.4063; x = 3.0694

t = 0.4375; x = 2.8627

t = 0.4688; x = 2.6746

t = 0.5; x = 2.505

t = 0.5313; x = 2.3361

t = 0.5625; x = 2.1848

t = 0.5938; x = 2.0452

t = 0.625; x = 1.913

t = 0.6563; x = 1.7966

t = 0.6875; x = 1.6873

t = 0.7188; x = 1.5878

t = 0.75; x = 1.491

t = 0.7813; x = 1.4076

t = 0.8125; x = 1.3294

t = 0.8438; x = 1.2625

t = 0.875; x = 1.2042

t = 0.9063; x = 1.1385

t = 0.9375; x = 1.0878

t = 0.9688; x = 1.0383

t = 1; x = 1

Integral sum value = 117.89552604181144

Start point (except a and b): VN 24807479: dim = 31; coords = | -0.3199 |-0.7018 |-0.9768 |0.6418 |0.6522 |0.3736 |0.9592 |0.4037 |0.5476 |0.1609 |0.1147 |0.1391 |0.3462 |-0.7907 |0.3389 |0.3786 |-0.1114 |0.2301 |0.7719 |0.888 |0.483 |-0.0102 |-0.5737 |0.1752 |0.801 |0.2036 |0.376 |-0.7384 |-0.7622 |-0.4034 |0.3726 |

===========================================

==========> Run 3 ============

input parameters:

a = 0, x(a) = 7.3890560989306495

b = 1, x(b) = 1

seed = 451

segmentCount = 32

start step = 0.5 > min step 0.001,

fail attempt count = 100

step decrease coefficient = 0.9

output:

Minimization result =

t = 0; x = 7.3891

t = 0.0313; x = 6.9394

t = 0.0625; x = 6.5165

t = 0.0938; x = 6.119

t = 0.125; x = 5.7462

t = 0.1563; x = 5.3947

t = 0.1875; x = 5.065

t = 0.2188; x = 4.755

t = 0.25; x = 4.4643

t = 0.2813; x = 4.1914

t = 0.3125; x = 3.9347

t = 0.3438; x = 3.6942

t = 0.375; x = 3.4683

t = 0.4063; x = 3.2558

t = 0.4375; x = 3.0561

t = 0.4688; x = 2.8691

t = 0.5; x = 2.6934

t = 0.5313; x = 2.5281

t = 0.5625; x = 2.3738

t = 0.5938; x = 2.2292

t = 0.625; x = 2.093

t = 0.6563; x = 1.9653

t = 0.6875; x = 1.8461

t = 0.7188; x = 1.7346

t = 0.75; x = 1.6307

t = 0.7813; x = 1.5327

t = 0.8125; x = 1.4414

t = 0.8438; x = 1.3551

t = 0.875; x = 1.2742

t = 0.9063; x = 1.1986

t = 0.9375; x = 1.1282

t = 0.9688; x = 1.0626

t = 1; x = 1

Integral sum value = 117.55289765273106

Start point (except a and b): VN 21940722: dim = 31; coords = | -0.3199 |-0.7018 |-0.9768 |0.6418 |0.6522 |0.3736 |0.9592 |0.4037 |0.5476 |0.1609 |0.1147 |0.1391 |0.3462 |-0.7907 |0.3389 |0.3786 |-0.1114 |0.2301 |0.7719 |0.888 |0.483 |-0.0102 |-0.5737 |0.1752 |0.801 |0.2036 |0.376 |-0.7384 |-0.7622 |-0.4034 |0.3726 |

===========================================

Подібно до експерименту з segment count = 16, min step = 0.1 є завеликим значенням, метод не встигає мінімізувати положення 31 вузлів. Це також підтверджує значення інтегральної суми для даного експерименту: 145 – гірше за всі експерименти з segment count = 16.

Зменшення min step усуває цю проблему, маємо достатньо хороше наближення: 117 проти 107.

Змінимо початкову точку, змінивши значення seed = 89274.

A graph of a number of numbers

Description automatically generated with medium confidence

A graph with a line

Description automatically generated

==========> Run 1 ============

input parameters:

a = 0, x(a) = 7.3890560989306495

b = 1, x(b) = 1

seed = 89274

segmentCount = 5

start step = 0.5 > min step 0.1,

fail attempt count = 100

step decrease coefficient = 0.9

output:

Minimization result =

t = 0; x = 7.3891

t = 0.2; x = 4.9909

t = 0.4; x = 3.3657

t = 0.6; x = 2.2577

t = 0.8; x = 1.4933

t = 1; x = 1

Integral sum value = 175.2470990778018

Start point (except a and b): VN 20798117: dim = 4; coords = | 0.4475 |-0.058 |-0.5562 |-0.0753 |

===========================================

==========> Run 2 ============

input parameters:

a = 0, x(a) = 7.3890560989306495

b = 1, x(b) = 1

seed = 89274

segmentCount = 5

start step = 0.5 > min step 0.01,

fail attempt count = 100

step decrease coefficient = 0.9

output:

Minimization result =

t = 0; x = 7.3891

t = 0.2; x = 4.9642

t = 0.4; x = 3.3346

t = 0.6; x = 2.2355

t = 0.8; x = 1.495

t = 1; x = 1

Integral sum value = 175.23784608285678

Start point (except a and b): VN 52965331: dim = 4; coords = | 0.4475 |-0.058 |-0.5562 |-0.0753 |

===========================================

==========> Run 3 ============

input parameters:

a = 0, x(a) = 7.3890560989306495

b = 1, x(b) = 1

seed = 89274

segmentCount = 5

start step = 0.5 > min step 0.001,

fail attempt count = 100

step decrease coefficient = 0.9

output:

Minimization result =

t = 0; x = 7.3891

t = 0.2; x = 4.9649

t = 0.4; x = 3.3346

t = 0.6; x = 2.2377

t = 0.8; x = 1.4991

t = 1; x = 1

Integral sum value = 175.23770910379463

Start point (except a and b): VN 6925935: dim = 4; coords = | 0.4475 |-0.058 |-0.5562 |-0.0753 |

===========================================

==========> Run 4 ============

input parameters:

a = 0, x(a) = 7.3890560989306495

b = 1, x(b) = 1

seed = 89274

segmentCount = 10

start step = 0.5 > min step 0.1,

fail attempt count = 100

step decrease coefficient = 0.9

output:

Minimization result =

t = 0; x = 7.3891

t = 0.1; x = 6.0917

t = 0.2; x = 5.0034

t = 0.3; x = 4.0803

t = 0.4; x = 3.2869

t = 0.5; x = 2.6941

t = 0.6; x = 2.2419

t = 0.7; x = 1.8479

t = 0.8; x = 1.5146

t = 0.9; x = 1.2364

t = 1; x = 1

Integral sum value = 140.7716286360177

Start point (except a and b): VN 24129853: dim = 9; coords = | 0.4475 |-0.058 |-0.5562 |-0.0753 |-0.7121 |0.8234 |0.4393 |0.6311 |0.3245 |

===========================================

==========> Run 5 ============

input parameters:

a = 0, x(a) = 7.3890560989306495

b = 1, x(b) = 1

seed = 89274

segmentCount = 10

start step = 0.5 > min step 0.01,

fail attempt count = 100

step decrease coefficient = 0.9

output:

Minimization result =

t = 0; x = 7.3891

t = 0.1; x = 6.0527

t = 0.2; x = 4.9546

t = 0.3; x = 4.0599

t = 0.4; x = 3.3218

t = 0.5; x = 2.7153

t = 0.6; x = 2.2235

t = 0.7; x = 1.8172

t = 0.8; x = 1.4828

t = 0.9; x = 1.216

t = 1; x = 1

Integral sum value = 140.69122600957758

Start point (except a and b): VN 15842089: dim = 9; coords = | 0.4475 |-0.058 |-0.5562 |-0.0753 |-0.7121 |0.8234 |0.4393 |0.6311 |0.3245 |

===========================================

==========> Run 6 ============

input parameters:

a = 0, x(a) = 7.3890560989306495

b = 1, x(b) = 1

seed = 89274

segmentCount = 10

start step = 0.5 > min step 0.001,

fail attempt count = 100

step decrease coefficient = 0.9

output:

Minimization result =

t = 0; x = 7.3891

t = 0.1; x = 6.0512

t = 0.2; x = 4.9555

t = 0.3; x = 4.0585

t = 0.4; x = 3.3235

t = 0.5; x = 2.7215

t = 0.6; x = 2.2289

t = 0.7; x = 1.8247

t = 0.8; x = 1.4935

t = 0.9; x = 1.2223

t = 1; x = 1

Integral sum value = 140.6898890895575

Start point (except a and b): VN 8361080: dim = 9; coords = | 0.4475 |-0.058 |-0.5562 |-0.0753 |-0.7121 |0.8234 |0.4393 |0.6311 |0.3245 |

===========================================

==========> Run 7 ============

input parameters:

a = 0, x(a) = 7.3890560989306495

b = 1, x(b) = 1

seed = 89274

segmentCount = 16

start step = 0.5 > min step 0.1,

fail attempt count = 100

step decrease coefficient = 0.9

output:

Minimization result =

t = 0; x = 7.3891

t = 0.0625; x = 6.488

t = 0.125; x = 5.6907

t = 0.1875; x = 4.9962

t = 0.25; x = 4.3496

t = 0.3125; x = 3.8709

t = 0.375; x = 3.3916

t = 0.4375; x = 3.0038

t = 0.5; x = 2.6428

t = 0.5625; x = 2.3051

t = 0.625; x = 2.0722

t = 0.6875; x = 1.7946

t = 0.75; x = 1.5817

t = 0.8125; x = 1.4034

t = 0.875; x = 1.2027

t = 0.9375; x = 1.0837

t = 1; x = 1

Integral sum value = 128.2868279081871

Start point (except a and b): VN 8140857: dim = 15; coords = | 0.4475 |-0.058 |-0.5562 |-0.0753 |-0.7121 |0.8234 |0.4393 |0.6311 |0.3245 |-0.6816 |-0.6539 |0.9374 |-0.723 |0.4768 |-0.459 |

===========================================

==========> Run 8 ============

input parameters:

a = 0, x(a) = 7.3890560989306495

b = 1, x(b) = 1

seed = 89274

segmentCount = 16

start step = 0.5 > min step 0.01,

fail attempt count = 100

step decrease coefficient = 0.9

output:

Minimization result =

t = 0; x = 7.3891

t = 0.0625; x = 6.5165

t = 0.125; x = 5.7496

t = 0.1875; x = 5.0683

t = 0.25; x = 4.4651

t = 0.3125; x = 3.9344

t = 0.375; x = 3.4649

t = 0.4375; x = 3.0508

t = 0.5; x = 2.6859

t = 0.5625; x = 2.3695

t = 0.625; x = 2.0885

t = 0.6875; x = 1.8415

t = 0.75; x = 1.6307

t = 0.8125; x = 1.4416

t = 0.875; x = 1.2718

t = 0.9375; x = 1.1269

t = 1; x = 1

Integral sum value = 128.01233646194606

Start point (except a and b): VN 6158855: dim = 15; coords = | 0.4475 |-0.058 |-0.5562 |-0.0753 |-0.7121 |0.8234 |0.4393 |0.6311 |0.3245 |-0.6816 |-0.6539 |0.9374 |-0.723 |0.4768 |-0.459 |

===========================================

==========> Run 9 ============

input parameters:

a = 0, x(a) = 7.3890560989306495

b = 1, x(b) = 1

seed = 89274

segmentCount = 16

start step = 0.5 > min step 0.001,

fail attempt count = 100

step decrease coefficient = 0.9

output:

Minimization result =

t = 0; x = 7.3891

t = 0.0625; x = 6.521

t = 0.125; x = 5.7543

t = 0.1875; x = 5.0784

t = 0.25; x = 4.4816

t = 0.3125; x = 3.9547

t = 0.375; x = 3.4902

t = 0.4375; x = 3.0797

t = 0.5; x = 2.718

t = 0.5625; x = 2.3982

t = 0.625; x = 2.1164

t = 0.6875; x = 1.868

t = 0.75; x = 1.6484

t = 0.8125; x = 1.4548

t = 0.875; x = 1.2841

t = 0.9375; x = 1.1332

t = 1; x = 1

Integral sum value = 128.00481384646406

Start point (except a and b): VN 55429698: dim = 15; coords = | 0.4475 |-0.058 |-0.5562 |-0.0753 |-0.7121 |0.8234 |0.4393 |0.6311 |0.3245 |-0.6816 |-0.6539 |0.9374 |-0.723 |0.4768 |-0.459 |

===========================================

==========> Run 10 ============

input parameters:

a = 0, x(a) = 7.3890560989306495

b = 1, x(b) = 1

seed = 89274

segmentCount = 32

start step = 0.5 > min step 0.1,

fail attempt count = 100

step decrease coefficient = 0.9

output:

Minimization result =

t = 0; x = 7.3891

t = 0.0313; x = 6.7658

t = 0.0625; x = 6.1079

t = 0.0938; x = 5.3771

t = 0.125; x = 4.7385

t = 0.1563; x = 4.1443

t = 0.1875; x = 3.6225

t = 0.2188; x = 3.1458

t = 0.25; x = 2.7181

t = 0.2813; x = 2.3436

t = 0.3125; x = 2.0365

t = 0.3438; x = 1.7177

t = 0.375; x = 1.4713

t = 0.4063; x = 1.2211

t = 0.4375; x = 1.0399

t = 0.4688; x = 0.8708

t = 0.5; x = 0.7766

t = 0.5313; x = 0.6895

t = 0.5625; x = 0.6297

t = 0.5938; x = 0.5913

t = 0.625; x = 0.5676

t = 0.6563; x = 0.557

t = 0.6875; x = 0.5117

t = 0.7188; x = 0.5015

t = 0.75; x = 0.5057

t = 0.7813; x = 0.5536

t = 0.8125; x = 0.595

t = 0.8438; x = 0.6932

t = 0.875; x = 0.7601

t = 0.9063; x = 0.8725

t = 0.9375; x = 0.9337

t = 0.9688; x = 0.9842

t = 1; x = 1

Integral sum value = 147.93415835430602

Start point (except a and b): VN 29105235: dim = 31; coords = | 0.4475 |-0.058 |-0.5562 |-0.0753 |-0.7121 |0.8234 |0.4393 |0.6311 |0.3245 |-0.6816 |-0.6539 |0.9374 |-0.723 |0.4768 |-0.459 |0.0177 |0.996 |0.6305 |-0.2823 |0.2865 |0.4027 |-0.9272 |0.4904 |0.0733 |-0.876 |-0.9073 |0.1828 |0.1372 |-0.6284 |0.5064 |-0.6783 |

===========================================

==========> Run 11 ============

input parameters:

a = 0, x(a) = 7.3890560989306495

b = 1, x(b) = 1

seed = 89274

segmentCount = 32

start step = 0.5 > min step 0.01,

fail attempt count = 100

step decrease coefficient = 0.9

output:

Minimization result =

t = 0; x = 7.3891

t = 0.0313; x = 6.9113

t = 0.0625; x = 6.4622

t = 0.0938; x = 6.0416

t = 0.125; x = 5.6442

t = 0.1563; x = 5.2723

t = 0.1875; x = 4.9268

t = 0.2188; x = 4.5931

t = 0.25; x = 4.2817

t = 0.2813; x = 3.9933

t = 0.3125; x = 3.7262

t = 0.3438; x = 3.4749

t = 0.375; x = 3.2287

t = 0.4063; x = 3.0059

t = 0.4375; x = 2.7984

t = 0.4688; x = 2.6019

t = 0.5; x = 2.4316

t = 0.5313; x = 2.2711

t = 0.5625; x = 2.1222

t = 0.5938; x = 1.9901

t = 0.625; x = 1.8636

t = 0.6563; x = 1.7403

t = 0.6875; x = 1.6324

t = 0.7188; x = 1.5364

t = 0.75; x = 1.4499

t = 0.7813; x = 1.3695

t = 0.8125; x = 1.299

t = 0.8438; x = 1.2317

t = 0.875; x = 1.1743

t = 0.9063; x = 1.1211

t = 0.9375; x = 1.0751

t = 0.9688; x = 1.0393

t = 1; x = 1

Integral sum value = 118.1154540809318

Start point (except a and b): VN 60620523: dim = 31; coords = | 0.4475 |-0.058 |-0.5562 |-0.0753 |-0.7121 |0.8234 |0.4393 |0.6311 |0.3245 |-0.6816 |-0.6539 |0.9374 |-0.723 |0.4768 |-0.459 |0.0177 |0.996 |0.6305 |-0.2823 |0.2865 |0.4027 |-0.9272 |0.4904 |0.0733 |-0.876 |-0.9073 |0.1828 |0.1372 |-0.6284 |0.5064 |-0.6783 |

===========================================

==========> Run 12 ============

input parameters:

a = 0, x(a) = 7.3890560989306495

b = 1, x(b) = 1

seed = 89274

segmentCount = 32

start step = 0.5 > min step 0.001,

fail attempt count = 100

step decrease coefficient = 0.9

output:

Minimization result =

t = 0; x = 7.3891

t = 0.0313; x = 6.9398

t = 0.0625; x = 6.5174

t = 0.0938; x = 6.1199

t = 0.125; x = 5.7458

t = 0.1563; x = 5.3952

t = 0.1875; x = 5.0653

t = 0.2188; x = 4.7554

t = 0.25; x = 4.4652

t = 0.2813; x = 4.1924

t = 0.3125; x = 3.9358

t = 0.3438; x = 3.6949

t = 0.375; x = 3.4689

t = 0.4063; x = 3.2563

t = 0.4375; x = 3.0566

t = 0.4688; x = 2.8696

t = 0.5; x = 2.6934

t = 0.5313; x = 2.5283

t = 0.5625; x = 2.374

t = 0.5938; x = 2.2288

t = 0.625; x = 2.0928

t = 0.6563; x = 1.9658

t = 0.6875; x = 1.847

t = 0.7188; x = 1.7357

t = 0.75; x = 1.6311

t = 0.7813; x = 1.5336

t = 0.8125; x = 1.4416

t = 0.8438; x = 1.3553

t = 0.875; x = 1.2752

t = 0.9063; x = 1.1996

t = 0.9375; x = 1.1291

t = 0.9688; x = 1.0624

t = 1; x = 1

Integral sum value = 117.5527014404013

Start point (except a and b): VN 8713795: dim = 31; coords = | 0.4475 |-0.058 |-0.5562 |-0.0753 |-0.7121 |0.8234 |0.4393 |0.6311 |0.3245 |-0.6816 |-0.6539 |0.9374 |-0.723 |0.4768 |-0.459 |0.0177 |0.996 |0.6305 |-0.2823 |0.2865 |0.4027 |-0.9272 |0.4904 |0.0733 |-0.876 |-0.9073 |0.1828 |0.1372 |-0.6284 |0.5064 |-0.6783 |

===========================================

Маємо результати, аналогічні до експериментів з seed = 451.

Отже маємо додаткове підтвердження: цільова функція, до оптимізації якої зводиться задача варіаційного числення варіанту 14, є унімодальною. Тому початкова точка не впливає на характер чисельного розв’язку.