

Vilniaus universitetas

Matematikos ir informatikos fakultetas

Programų sistemų studijų programa

Optimizavimo metodų trečiojo laboratorinio darbo ataskaita

Ataskaitą tikrino: Prof. Dr. Pranas Katauskis

Ataskaitą parengė: Dominykas Daunoravičius

Vilnius

2022

# Įvadas

**Laboratorinio darbo formulavimas:** Apsirašyti tikslo funkciją f(X), lygybinio ir nelygybinių apribojimų funkcijas gi(X) ir hj(X) taip, kad optimizavimo uždavinys būtų formuluojamas min f(X), gi(X)=0, hi(X)<=0. Apskaičiuoti funkcijų f(X), gi(X), hj(X) reikšmes taškuose X0=(0,0,0), X1=(1,1,1), Xm=(a/10,b/10,c/10), kur a = 0, b = 0.3, c = 0.9. Taip pat reikia minimizuoti baudos funkciją praeitame laboratoriniame darbe sukurtu optimizavimo be apribojimų algoritmu, sprendžiant optimizavimo uždavinių seką su mažėjančia parametro r seka.

**Laboratorinio darbo tikslas:** Rasti kokie turėtų būti stačiakampio gretasienio matmenys, kad vienetiniam paviršiaus plotui jos tūris būtų maksimalus.

# **Darbo** eiga

Laboratoriniui darbui atlikti, kaip pagrindinę funkciją naudojau tūrio formulę, lygybinį apribojimą (g1) suformulavau iš paviršiaus ploto atėmęs vienetą, o nelygybiniai apribojimai (hj) tokie, kad kintamieji turi būti neneigiami.

a, b ,c – kraštinių ilgiai, X = (a,b,c)

Tūrio funkcija:

f(X) = a \* b \* c

Lygybinis apribojimas, jog paviršiaus plotas turi būti lygus 1:

g1(X) = 2ab + 2ac + 2bc – 1

Nelygybiniai apribojimai, jog kraštinės turi būti neneigiamos:

h1(X) = -a

h2(X) = -b

h3(X) = -c

Kadangi reikia ieškoti funkcijos minimumo, mums reikia f(X) padauginti iš -1 ir kaip tikslo  
funkciją gauname:

f(X) = -1 \* a \* b \* c

Apsirašius funkcijas, lygybinius bei nelygybinius apribojimus reikėjo apskaičiuoti šių funkcijų  
reikšmes taškuose X0 = (0, 0, 0), X1 = (1, 1, 1) ir Xm = (0, 0.3, 0.9).

1 lentelė. Funkcijų reikšmės taškuose X0, X1, Xm.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Funkcija | X0 | X1 | Xm |
| f(X) | 0 | -1 | 0 |
| g1(X) | -1 | 5 | -0.4599999999999999 |
| h1(X) | 0 | -1 | 0 |
| h2(X) | 0 | -1 | -0.3 |
| h3(X) | 0 | -1 | -0.9 |

Vėliau reikėjo apsirašyti baudos metodo funkciją, kurią reikės minimizuoti:

B(X, r) = f(X) + 1/r \* b(X), kur r > 0, b(X) = ∑[gi(X)]2 + ∑[max(0, hj(X))]2

Apsirašius visas reikalingas funkcijas galima buvo pradėti minimizuoti baudos funkciją. Šios funkcijos minimizavimui pasirinkau naudoti simplekso metodą, kurį suprogramavau praeitame laboratoriniame darbe.

Pagrindinės iteracijų nutraukimo sąlygos:

1. Simplekso metode – jei pasiekiamas norimas tikslumas epsilon (atstumas tarp blogiausio ir geriausio taško) arba pasiektas maksimalus iteracijų kiekis, kuris yra 1000.
2. Pagrindiniam optimizavimo metode – jei pasiektas norimas tikslumas epsilon (atstumas tarp dabartinės ir praeitos interacijos taško) arba pasiektas maksimalus iteracijų kiekis, kuris yra 100.

Visus skaičiavimus atliksime iki tikslumo epsilon = 0.0001, o deformuojamo simplekso metodo parametrai bus alpha=0.5, gama=3, beta=0.5, niu=0.5.

Skaičiuojant iš pradinių taškų X0 ir X1 naudosime pradinį r = 4 ir kiekvienos iteracijos metu r dauginsime iš 0.5 (baudos daugiklį toliau žymėsime raide q). Skaičiuojant iš taško Xm patyrinėsim r ir q įtaką rezultatam.

Skaičiuojame minimumą taške X0. Prireikė 15 iteracijų ir 1320 funkcijų skaičiavimų.

2 lentelė. Gauti rezultatai po pirmų ir paskutinių trijų iteracijų iš pradinio taško X0, r =4, q = 0.5.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Iteracija | X | B(X, r) | f(X) | r |
| 1 | (0.4690946517791426, 0.5316785551929821, 0.328599340045153) | -0.07583038051024814 | -0.08195516182208569 | 4 |
| 2 | (0.4312846082959807, 0.4292374753005549, 0.42576356370152163) | -0.07351384019215565 | -0.0788188480678279 | 2 |
| 3 | (0.41876795226736097, 0.4188233408550708, 0.41880913932836134) | -0.07071313586158155 | -0.07345484817442798 | 1 |
| 13 | (0.4089371713203966, 0.40812929782477647, 0.40770920697856383) | -0.06804384537872707 | -0.06804635702441582 | 0.0009765625 |
| 14 | (0.40830719274899957, 0.4081562978675768, 0.40829725486317126) | -0.06804264986258296 | -0.06804402455148484 | 0.00048828125 |
| 15 | (0.4082663373112877, 0.40816534564300444, 0.40832035160957214) | -0.06804201381476643 | -0.0680425730855883 | 0.000244140625 |

Skaičiuojame minimumą taške X1. Taip pat prireikė 15 iteracijų ir 1320 funkcijų skaičiavimų.

3 lentelė. Gauti rezultatai po pirmų ir paskutinių trijų iteracijų iš pradinio taško X1, r =4, q = 0.5.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Iteracija | X | B(X, r) | f(X) | r |
| 1 | (0.4690946517791426, 0.5316785551929821, 0.328599340045153) | -0.07583038051024814 | -0.08195516182208569 | 4 |
| 2 | (0.4312846082959807, 0.4292374753005549, 0.42576356370152163) | -0.07351384019215565 | -0.0788188480678279 | 2 |
| 3 | (0.41876795226736097, 0.4188233408550708, 0.41880913932836134) | -0.07071313586158155 | -0.07345484817442798 | 1 |
| 13 | (0.4089371713203966, 0.40812929782477647, 0.40770920697856383) | -0.06804384537872707 | -0.06804635702441582 | 0.0009765625 |
| 14 | (0.40830719274899957, 0.4081562978675768, 0.40829725486317126) | -0.06804264986258296 | -0.06804402455148484 | 0.00048828125 |
| 15 | (0.4082663373112877, 0.40816534564300444, 0.40832035160957214) | -0.06804201381476643 | -0.0680425730855883 | 0.000244140625 |

Skaičiuojame minimumą taške Xm. Metodui prireikė 15 iteracijų ir 1289 funkcijų skaičiavimų.

4 lentelė. Gauti rezultatai po pirmų ir paskutinių trijų iteracijų iš pradinio taško Xm, r =4, q = 0.5.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Iteracija | X | B(X, r) | f(X) | r |
| 1 | (0.4955309255077497, 0.36946672015547993, 0.46164950808765276) | -0.0777287351671542 | -0.08451980100631469 | 4 |
| 2 | (0.4217102940175068, 0.43122458697772437, 0.43451344464810304) | -0.07351223063298569 | -0.07901707261286373 | 2 |
| 3 | (0.42283030313589376, 0.4205592405672262, 0.4139411042070947) | -0.07070636232717999 | -0.07360915599108277 | 1 |
| 13 | (0.4084943297378064, 0.40797915559756204, 0.40830028904353366) | -0.06804390324496762 | -0.06804617138152319 | 0.0009765625 |
| 14 | (0.4082934216943052, 0.4083601109184728, 0.4081066333139173) | -0.06804264979961057 | -0.06804392381599202 | 0.00048828125 |
| 15 | (0.40825951383821235, 0.40833434471028074, 0.4081587537098548) | -0.06804201583239787 | -0.06804266872683354 | 0.000244140625 |

Metodas atlieka gan daug iteracijų, todėl bandome r mažinti staigiau po kiekvienos iteracijos ir q keičiame į 0.25. Metodui prireikė 12 iteracijų ir 1054 funkcijų skaičiavimų.

5 lentelė. Gauti rezultatai po pirmų ir paskutinių trijų iteracijų iš pradinio taško Xm, r =4, q = 0.25.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Iteracija | X | B(X, r) | f(X) | r |
| 1 | (0.4955309255077497, 0.36946672015547993, 0.46164950808765276) | -0.0777287351671542 | -0.08451980100631469 | 4 |
| 2 | (0.41439671429241937, 0.42098249278786437, 0.4202056664811341) | -0.07070855131652025 | -0.07330645924139483 | 1 |
| 3 | (0.4071241156762574, 0.4091270660052475, 0.4145280233674291) | -0.06865805672077817 | -0.069046065381435 | 0.25 |
| 10 | (0.40811025107297494, 0.4083503754405561, 0.40828457994725686) | -0.06804141382816344 | -0.06804143130273128 | 0.00001525878 |
| 11 | (0.40806869978285076, 0.40846443791777287, 0.40821194450580156) | -0.06804138222571174 | -0.06804140049134819 | 0.000003814697 |
| 12 | (0.40811441514765046, 0.4083961431183335, 0.40823448333930723) | -0.06804134256596948 | -0.06804140195362074 | 0.0000009536743 |

Pabandome q pakeisti į 0.75 ir gauname, jog prireikia net 32 iteracijų ir 2450 funkcijų skaičiavimų.

6 lentelė. Gauti rezultatai po pirmų ir paskutinių trijų iteracijų iš pradinio taško Xm, r =4, q = 0.75.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Iteracija | X | B(X, r) | f(X) | r |
| 1 | (0.4955309255077497, 0.36946672015547993, 0.46164950808765276) | -0.0777287351671542 | -0.0845198010063146 | 4 |
| 2 | (0.44069793269754853, 0.4406980474601202, 0.4406516815312511) | -0.0764832934022555 | -0.0855810422673064 | 3 |
| 3 | (0.4325118243412226, 0.43236204170422987, 0.43215726716340286) | -0.0742502854285099 | -0.0808141416534177 | 2.25 |
| 30 | (0.4083262321507324, 0.40833436937370415, 0.408113787400889) | -0.068043858719596 | -0.0680462950645470 | 0.00095243781440 |
| 31 | (0.4082264429601952, 0.4083840617701118, 0.4081585893818691) | -0.068043226035052 | -0.0680454134814434 | 0.00071432836080 |
| 32 | (0.408223103042044, 0.4083833070143146, 0.4081552750718499) | -0.0680427741223619 | -0.0680441784748097 | 0.0005357462705 |

Pabandome q dar labiau sumažinti ir keičiame į 0.05. Gauname, jog prireikia 8 iteracijų ir 872 funkcijų skaičiavimų.

7 lentelė. Gauti rezultatai po pirmų ir paskutinių trijų iteracijų iš pradinio taško Xm, r =4, q = 0.05.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Iteracija | X | B(X, r) | f(X) | r |
| 1 | (0.4955309255077497, 0.36946672015547993, 0.46164950808765276) | -0.0777287351671542 | -0.0845198010063146 | 4 |
| 2 | (0.6264268652746205, 0.3304330697057323, 0.312234789553447) | -0.0639672641513194 | -0.0646301510310598 | 0.2 |
| 3 | (0.5193505212461842, 0.32886041809543143, 0.3879714665996278) | 0.06625692961739885 | -0.0662631325386591 | 0.01 |
| 6 | (0.5037385483383519, 0.3516680985964369, 0.3774221895283356) | -0.0668498213926519 | -0.0668598794702329 | 0.00000125 |
| 7 | (0.504966266345466, 0.3523649345414769, 0.375662974754564) | -0.0668426148887896 | -0.0668426167127178 | 0.0000000625 |
| 8 | (0.5049176944041807, 0.35235340167370377, 0.3757160691321094) | -0.0668433930399080 | -0.0668434456734725 | 0.000000003125 |

Matome, jog nukentėjo metodo tikslumas, bandom q padidinti ir keičiam į q=0.15. Gauname, jog prireikė 10 iteracijų ir 877 funkcijų skaičiaivimų.

8 lentelė. Gauti rezultatai po pirmų ir paskutinių trijų iteracijų iš pradinio taško Xm, r =4, q = 0.15.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Iteracija | X | B(X, r) | f(X) | r |
| 1 | (0.4955309255077497, 0.36946672015547993, 0.46164950808765276) | -0.0777287351671542 | -0.0845198010063146 | 4 |
| 2 | (0.4110812024920635, 0.41610810870441894, 0.41712050297337266) | -0.0696239068639467 | -0.0713502229882657 | 0.6 |
| 3 | (0.41353101163588946, 0.40570056486461337, 0.4079625313930827) | -0.0682685593691690 | -0.0684437780245861 | 0.09 |
| 8 | (0.4083011651096837, 0.40818687821869815, 0.40825709051172704) | -0.0680413980803392 | -0.0680414241290526 | 0.0000068 |
| 9 | (0.4081201638668812, 0.40826083856887774, 0.40836388012891367) | -0.0680413773622598 | -0.0680413774955461 | 0.000001025 |
| 10 | (0.4081201638668812, 0.40826083856887774, 0.40836388012891367) | -0.0680413766069707 | -0.0680413774955461 | 0.0000001537 |

Toliau bandome nagrinėti r. iš pradžių didiname, keičiame į r=8. Prireikė 9 iteracijų ir 790 funkcijų skaičiavimų.

9 lentelė. Gauti rezultatai po pirmų ir paskutinių trijų iteracijų iš pradinio taško Xm, r = 8, q = 0.15.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Iteracija | X | B(X, r) | f(X) | r |
| 1 | (0.5016288389807951, 0.4912949101068922, 0.5020380609778876) | -0.0937299846615048 | -0.1237261231080387 | 8 |
| 2 | (0.42124779967246206, 0.42076370746298486, 0.42078387861139943) | -0.0712640234379045 | -0.0745821692799076 | 1.2 |
| 3 | (0.4119501767319784, 0.4051754886493776, 0.4129501653214429) | -0.0685069878101966 | -0.0689263851351099 | 0.18 |
| 7 | (0.4084709110283293, 0.40747077544594784, 0.4088065497612886) | -0.0680415202263474 | -0.0680417453255315 | 0.0000911 |
| 8 | (0.40862792765440475, 0.4078849247773568, 0.4082326017851651) | -0.0680413890953874 | -0.0680414224628013 | 0.00001366 |
| 9 | (0.40862792765440475, 0.4078849247773568, 0.4082326017851651) | -0.0680412000133755 | -0.0680414224628013 | 0.00000205 |

Bandome r dar labiau padidinti ir keičiame į 16. Gauname, jog prireikė 9 iteracijų ir 868 funkcijų skaičiavimų.

10 lentelė. Gauti rezultatai po pirmų ir paskutinių trijų iteracijų iš pradinio taško Xm, r = 16, q = 0.15.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Iteracija | X | B(X, r) | f(X) | r |
| 1 | (0.6076834873822281, 0.6074019053742244, 0.6082441914957679) | -0.132038125890349 | -0.2245078627860717 | 16 |
| 2 | (0.4460789171880777, 0.4778623374606544, 0.39090735576502367) | -0.0741168350961834 | -0.0833274983524299 | 2.4 |
| 3 | (0.41200120935828405, 0.413969485342336, 0.41015919664881884) | -0.0689867516564723 | -0.069955082657641 | 0.36 |
| 7 | (0.40943239422588307, 0.40683949277694154, 0.4084809434279336) | -0.068041504423284 | -0.068042005496387 | 0.0001822499 |
| 8 | (0.40826554418595074, 0.40737435319975024, 0.40910666793251516) | -0.0680412991242766 | -0.0680413576877117 | 0.0000273374 |
| 9 | (0.40829852373026254, 0.40742160922880355, 0.40902543975533445) | -0.0680412302008451 | -0.0680412353020085 | 0.0000041006 |

Toliau pabandome r sumažinti, keičiame į 1. Gauname, jog reikia 9 iteracijų ir 784 funkcijų skaičiavimų.

11 lentelė. Gauti rezultatai po pirmų ir paskutinių trijų iteracijų iš pradinio taško Xm, r = 1, q = 0.15.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Iteracija | X | B(X, r) | f(X) | r |
| 1 | (0.4173502077023937, 0.4231585688620354, 0.41521753865842514) | -0.0707083278169758 | -0.0733296248749766 | 1 |
| 2 | (0.41073116433673185, 0.40834987896746167, 0.4103755580022863) | -0.068433163623669 | -0.0688290180577165 | 0.15 |
| 3 | (0.4081785719995832, 0.4065393670967711, 0.41071687673549656) | -0.0680990636752861 | -0.068154628909926 | 0.0225 |
| 7 | (0.40825144748639886, 0.40823461735103833, 0.4082592617860916) | -0.06804140907643 | -0.0680414575512422 | 0.000001139 |
| 8 | (0.40846477331031866, 0.4083714451461333, 0.4079085579283239) | -0.0680412649354151 | -0.068041329678603 | 0.00000170859 |
| 9 | (0.40846477331031866, 0.4083714451461333, 0.4079085579283239) | -0.068040898057346 | -0.0680413296786037 | 0.0000002562 |

Bandome r dar labiau sumažinti ir keičiam į 0.4. Gauname, jog prireikė tik 6 iteracijų ir 625 funkcijų skaičiavimų.

12 lentelė. Gauti rezultatai iš pradinio taško Xm, r =0.4, q = 0.15.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Iteracija | X | B(X, r) | f(X) | r |
| 1 | (0.4287619950030064, 0.4363549495571414, 0.37650612494837365) | -0.0687993922787167 | -0.07044144157254 | 0.4 |
| 2 | (0.4066964939356286, 0.4157642524231994, 0.40420013331649723) | -0.0681903695002631 | -0.0683461454759915 | 0.06 |
| 3 | (0.4089132278622798, 0.4084713287814702, 0.40764045663354814) | -0.0680647385057294 | -0.068087912165380 | 0.009 |
| 4 | (0.40823133725884714, 0.40914789400174845, 0.40740782801913655) | -0.06804474114545 | -0.06804810399257 | 0.001349 |
| 5 | (0.408233520355444, 0.40828211403400383, 0.40823592456568725) | -0.068041907244829 | -0.068042496037767 | 0.0002024 |
| 6 | (0.4082417675598088, 0.408269555417893, 0.4082345804953098) | -0.0680414601792334 | -0.06804155361840 | 0.00003037 |

Bandome r dar labiau sumažinti ir keičiam į 0.1. Gauname, jog prireikė tik 5 iteracijų ir 621 funkcijų skaičiavimų.

13 lentelė. Gauti rezultatai iš pradinio taško Xm, r =0.1, q = 0.15.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Iteracija | X | B(X, r) | f(X) | r |
| 1 | (0.32700524555240706, 0.5403243529629471, 0.37659320328955825) | -0.06609912003604 | -0.066539837977546 | 0.1 |
| 2 | (0.3992393408552677, 0.4172806111921611, 0.40828534592643084) | -0.0680179566867625 | -0.068018230312792 | 0.015 |
| 3 | (0.40174185800927775, 0.4104875938922019, 0.41262595210537156) | -0.068040389925426 | -0.0680461658400802 | 0.00225 |
| 4 | (0.40208535226257125, 0.4108879751758847, 0.41181815403363675) | -0.0680363101983511 | -0.0680373157881039 | 0.0003374 |
| 5 | (0.40209451940343566, 0.4108591121560227, 0.4118299449393297) | -0.068036035455112 | -0.0680353952219591 | 0.0000506249 |

Tačiau iš rezultatų matome, jog sumažėjo metodo tikslumas.

# Rezultatų palyginimai

14 lentelė. Rrezultatų palyginimai iš taškų X0, X1, Xm su r=4, q=0.5

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | X0 | X1 | Xm |
| Iteracijų skaičius | 15 | 15 | 15 |
| Minimumo Xmin reikšmė | (0.4082663373112877, 0.40816534564300444, 0.40832035160957214) | (0.4082663373112877, 0.40816534564300444, 0.40832035160957214) | (0.40825951383821235, 0.40833434471028074, 0.4081587537098548) |
| Funkcijos f(Xmin) reikšmė | -0.0680425730855883 | -0.0680425730855883 | -0.06804266872683354 |
| Skaičiuotų funkcijų kiekis | 1320 | 1320 | 1289 |

Iš lentelės matosi, jog iš visų taškų gauti rezultatai labai panašūs, iš Xm, taško prireikė nežymiai mažiau funkcijų skaičiavimų.

15 lentelė. Rezultatų palyginimai iš taško Xm, r=4.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | q=0.5 | q=0.25 | q=0.75 |
| Iteracijų skaičius | 15 | 12 | 32 |
| Minimumo Xmin reikšmė | (0.40825951383821235, 0.40833434471028074, 0.4081587537098548) | (0.40811441514765046, 0.4083961431183335, 0.40823448333930723) | (0.408223103042044, 0.4083833070143146, 0.4081552750718499) |
| Funkcijos f(Xmin) reikšmė | -0.06804266872683354 | -0.06804140195362074 | -0.0680441784748097 |
| Skaičiuotų funkcijų kiekis | 1289 | 1054 | 2450 |
|  | q=0.05 | q=0.15 |
| Iteracijų skaičius | 8 | 10 |
| Minimumo Xmin reikšmė | (0.5049176944041807, 0.35235340167370377, 0.3757160691321094) | (0.4081201638668812, 0.40826083856887774, 0.40836388012891367) |
| Funkcijos f(Xmin) reikšmė | -0.0668434456734725 | -0.0680413774955461 |
| Skaičiuotų funkcijų kiekis | 872 | 877 |

Iš 15 lentelės matome, jog nuo tinkamai pasirinkto q labai priklauso iteracijų skaičius ir skaičiuotų funkcijų kiekis. Kuo q mažesnis, tuo mažiau iteracijų ir funkcijų skaičiavimų prireiks, tačiau, jei q pasirinksime per maža, pradeda kentėti metodo tikslumas, pvz.: su q=0.05 funkcijos riekšmė minimumo taške yra gana netiksli lyginant su kitais gautais rezultatais.

16 lentelė. Rezultatų palyginimai iš taško Xm, q=0.15.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | r=4 | r=8 | r=16 |
| Iteracijų skaičius | 10 | 9 | 9 |
| Minimumo Xmin reikšmė | (0.4081201638668812, 0.40826083856887774, 0.40836388012891367) | (0.40862792765440475, 0.4078849247773568, 0.4082326017851651) | (0.40829852373026254, 0.40742160922880355, 0.40902543975533445) |
| Funkcijos f(Xmin) reikšmė | -0.0680413774955461 | -0.0680414224628013 | -0.0680412353020085 |
| Skaičiuotų funkcijų kiekis | 877 | 790 | 868 |
|  | r=1 | r=0.4 | r=0.1 |
| Iteracijų skaičius | 9 | 6 | 5 |
| Minimumo Xmin reikšmė | (0.40846477331031866, 0.4083714451461333, 0.4079085579283239) | (0.4082417675598088, 0.408269555417893, 0.4082345804953098) | (0.40209451940343566, 0.4108591121560227, 0.4118299449393297) |
| Funkcijos f(Xmin) reikšmė | -0.0680413296786037 | -0.06804155361840 | -0.0680353952219591 |
| Skaičiuotų funkcijų kiekis | 784 | 625 | 621 |

Iš 16 lentelės matome, jog nuo tinkamai pasirinkto r priklauso iteracijų skaičius ir skaičiuotų funkcijų kiekis. Kuo r mažesnis, tuo mažiau iteracijų ir funkcijų skaičiavimų prireiks, tačiau, jei r pasirinksime per maža, pradeda kentėti metodo tikslumas, pvz.: su r=0.1 funkcijos reikšmė minimumo taške yra gana netiksli lyginant su kitais gautais rezultatais.

Lyginant 15 ir 16 lentelės matosi, jog r ir q veikia panašiai – kuo mažesnis, tuo mažiau iteracijų ir funkcijų skaičiavimų, o pasirenkant per mažus – nukenčia tikslumas. Tačiau taip pat iš lentelių matosi, jog q įtaka metodui yra didesnė nei r.

# Išvados

Apibendrinant galima būtų teigti, jog iš visų taškų metodas tinkamai atliko savo darbą – surado funkcijos minimumą, o iteracijų skaičiui ir skaičiuotų funkcijų kiekiui įtaką turi r ir q parametrai: kuo mažesnis r, tuo didesnę įtaka funkcija b(x) turi funkcijai B(X, r), kas matosi ir iš formulės B(X, r) = f(X) + 1/r \* b(X), o kuo r staigiau mažėja, t.y. kuo q mažesnis, tuo kiekvienoj iteracijoj funkcija b(X) turi vis didesnę įtaką funkcijai B(X, r), dėl ko greičiau atrandamas minimumas. Tačiau pradedant su per mažu r arba q, funkcija b(X) turi per didelę įtaka funkcijai B(X, r), dėl ko tikslo funkcijos f(X) įtaka tampa per maža ir sumažėja metodo tikslumas. Naudojant tuos pačius parametrus q ir r iš skirtingų pradžios taškų metodui prireikė vienodai iteracijų bei panašiai funkcijų skaičiavimų, o gauti Xmin ir f(Xmin) labai panašūs. Taip pat buvo naudotas deformuojamo simplekso metodas baudos funkcijos minimizavimui, kurio parametrų šiame laboratoriniame darbe nekeičiau ir nenagrinėjau, tačiau iš praeito laboratorinio darbo rezultatų žinoma, jog metodo parametrai taip pat turi didelę įtaką minimumui rasti, juos pakoregavus veikiausiai būtų galima minimumą rasti dar greičiau.

# Priedas

from operator import itemgetter  
import math  
import numpy as np  
  
  
def getPoint(arg, value):  
 return {"arg": arg, "value": value}  
  
  
def getModVector(x):  
 return math.sqrt(x[0] \* x[0] + x[1] \* x[1] + x[2] \* x[2])  
  
  
def simplex\_method(func, args, epsilon=0.001, alpha=0.5, gama=3, beta=0.5, niu=0.5):  
 simplex = [getPoint(args, func(args))]  
 max\_iterations = 1000  
 counter = 1  
  
 for i in range(0, len(args)):  
 argList = list(args)  
 argList[i] += alpha  
 simplex.append(getPoint(argList, func(argList)))  
 counter += 1  
  
 for i in range(0, max\_iterations):  
 # 1. Sort  
 simplex.sort(key=itemgetter('value'))  
  
 # 6. Check convergence  
 if getModVector(np.array((simplex[0]['arg']) - np.array(simplex[-1]['arg']))) < epsilon:  
 break  
  
 centroid = [0] \* len(args)  
 for j in range(0, len(args)):  
 for k in range(0, len(simplex) - 1):  
 centroid[j] += simplex[k]['arg'][j]  
 centroid[j] /= (len(simplex) - 1)  
  
 # 2. Reflect  
 reflection = [0] \* len(args)  
 for j in range(0, len(args)):  
 reflection[j] = centroid[j] + alpha \* (centroid[j] - simplex[-1]['arg'][j])  
 reflection\_value = func(reflection)  
 counter += 1  
  
 # 3. Evaluate or Extend  
 if simplex[0]['value'] <= reflection\_value < simplex[-2]['value']:  
 simplex[-1] = getPoint(reflection, reflection\_value)  
 continue  
 elif reflection\_value < simplex[0]['value']:  
 extend = [0] \* len(args)  
 for j in range(0, len(args)):  
 extend[j] = centroid[j] + gama \* (reflection[j] - centroid[j])  
 extended\_value = func(extend)  
 counter += 1  
 if extended\_value < simplex[0]['value']:  
 simplex[-1] = getPoint(extend, extended\_value)  
 else:  
 simplex[-1] = getPoint(reflection, reflection\_value)  
 continue  
  
 # 4. Contract  
 contraction = [0] \* len(args)  
 for j in range(0, len(args)):  
 contraction[j] = centroid[j] + niu \* (simplex[-1]['arg'][j] - centroid[j])  
 contraction\_value = func(contraction)  
 counter += 1  
 if contraction\_value < simplex[-1]['value']:  
 simplex[-1] = getPoint(contraction, contraction\_value)  
 continue  
  
 # 5. Reduce  
 for j in range(1, len(simplex)):  
 reduce = [0] \* len(args)  
 for k in range(0, len(args)):  
 reduce[k] = simplex[0]['arg'][k] + beta \* (simplex[j]['arg'][k] - simplex[0]['arg'][k])  
 reduce\_value = func(reduce)  
 counter += 1  
 simplex[j] = getPoint(reduce, reduce\_value)  
  
 return simplex[0]['arg'], counter  
  
  
def optimization(func, constraints, args, epsilon, penaltyQuantifier=1, rdiv=0.5):  
 penaltyQuantifier = penaltyQuantifier / rdiv  
 equals = []  
 inequals = []  
  
 for con in constraints:  
 if con.get("type") == "eq":  
 equals.append(con.get("func"))  
 elif con.get("type") == "ineq":  
 inequals.append(con.get("func"))  
  
 penaltyFunction = lambda x: sum(eq(x) \*\* 2 for eq in equals) + sum(  
 max(0, iq(x)) \*\* 2 for iq in inequals)  
  
 r = lambda x: x \* rdiv  
  
 bfunc = lambda x: func(x) + 1 / r(penaltyQuantifier) \* penaltyFunction(x)  
  
 counter = 0  
 maxIterations = 100  
 for i in range(1, maxIterations):  
 newargs, c = simplex\_method(bfunc, args, epsilon)  
 counter += c  
  
 print(i)  
 print("r: ", r(penaltyQuantifier))  
 print("Baudos funkcija:", bfunc(newargs))  
 print("X:", "(" + str(newargs[0]) + ", " + str(newargs[1]) + ", " + str(newargs[2]) + ")")  
 print("F(X): ", func(newargs))  
 print('\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*')  
 if getModVector(np.array(newargs) - np.array(args)) < epsilon:  
 break  
 else:  
 args = newargs  
 penaltyQuantifier = r(penaltyQuantifier)  
  
 print("X:", newargs, ". f(X):", func(newargs), ". iterations:", i)  
 print("counter: ", counter)  
  
  
def main():  
 # funkcija yra Turis, gi yra (pavirsiaus plotas - 1)  
 func = lambda x: -1 \* x[0] \* x[1] \* x[2]  
  
 g1 = lambda x: 2 \* (x[0] \* x[1] + x[0] \* x[2] + x[1] \* x[2]) - 1  
  
 h1 = lambda x: -x[0]  
 h2 = lambda x: -x[1]  
 h3 = lambda x: -x[2]  
  
 constraints = (  
 {"type": "eq", "func": g1},  
 {"type": "ineq", "func": h1},  
 {"type": "ineq", "func": h2},  
 {"type": "ineq", "func": h3})  
  
 # print("Funkcija taske 0,0,0:", func([0, 0, 0]))  
 # print("Funkcija taske 1,1,1:", func([1, 1, 1]))  
 # print("Funkcija taske 0,0.3,0.9:", func([0, 0.3, 0.9]))  
 #  
 # print("g(X) taske 0,0,0:", g1([0, 0, 0]))  
 # print("g(X) taske 1, 1, 1:", g1([1, 1, 1]))  
 # print("g(X) taske 0,0.3,0.9:", g1([0, 0.3, 0.9]))  
 #  
 # print("h1(X) taske 0,0,0:", h1([0, 0, 0]))  
 # print("h2(X) taske 0,0,0:", h2([0, 0, 0]))  
 # print("h3(X) taske 0,0,0:", h3([0, 0, 0]))  
 #  
 # print("h1(X) taske 1,1,1:", h1([1, 1, 1]))  
 # print("h2(X) taske 1,1,1:", h2([1, 1, 1]))  
 # print("h3(X) taske 1,1,1:", h3([1, 1, 1]))  
 #  
 # print("h1(X) taske 0,0.3,0.9:", h1([0, 0.3, 0.9]))  
 # print("h2(X) taske 0,0.3,0.9:", h2([0, 0.3, 0.9]))  
 # print("h3(X) taske 0,0.3,0.9:", h3([0, 0.3, 0.9]))  
  
 # optimization(func, constraints, [0, 0, 0], 0.0001, penaltyQuantifier=4, rdiv=0.5)  
 # optimization(func, constraints, [1, 1, 1], 0.0001, penaltyQuantifier=4, rdiv=0.5)  
 optimization(func, constraints, [0, 0.3, 0.9], 0.0001, penaltyQuantifier=4, rdiv=0.5)  
  
if \_\_name\_\_ == "\_\_main\_\_":  
 main()