P170B115 Skaitiniai metodai ir algoritmai (6 kr.)
II projektinė užduotis

Bendrieji reikalavimai namų darbams

Ataskaitos keliamos į Moodle iki gynimo dienos. Ataskaitoje pateikiama užduotis, rezultatai, programų kodai. Visais atvejais atsiskaitymo metu galima naudotis namų užduotyje ir laboratorinių darbų metu nagrinėtomis programomis. Gynimo metu studentas privalo paaiškinti bet kurią programos išeities teksto eilutę; jeigu to padaryti nesugeba, darbas vertinamas nepatenkinamai.

Darbą sudaro 3 dalys. Kiekviena dalis privalo būti apginta, priešingu atveju visas darbas vertinamas neigiamai.

1 Tiesinių lygčių sistemų sprendimas

a) Lentelėje 1 duotos tiesinės lygčių sistemos, 2 lentelėje nurodyti metodai ir lygčių sistemų numeriai (iš 1 lentelės). Reikia suprogramuoti nurodytus metodus ir jais išspręsti pateiktas lygčių sistemas.
b) Lentelėje 3 duotos tiesinės lygčių sistemos, laisvųjų narių vektoriai ir nurodytas skaidos metodas. Reikia suprogramuoti nurodytą metodą ir juo išspręsti pateiktas lygčių sistemas.

Sprendžiant lygčių sistemas (a ir b punktuose), turi būti:

a) Programoje turi būti įvertinti atvejai:
   - kai lygčių sistema turi vieną sprendinį;
   - kai lygčių sistema sprendinių neturi;
   - kai lygčių sistema turi be gali daug sprendinių.
b) Patikrinkite gautus sprendinius ir skaidas, įrašydami juos į pradinę lygčių sistemą.
c) Gautą sprendinį patikrinkite naudodami išorinius išteklius (pvz., standartines Python funkcijas).

2 Netiesinių lygčių sistemų sprendimas

Duota netiesinių lygčių sistema (4 lentelė):

$$\begin{cases} Z_1(x_1, x_2) = 0 \\ Z_2(x_1, x_2) = 0 \end{cases}$$

a. Skirtinguose grafikuose pavaizduokite paviršius $Z_1(x_1, x_2)$ ir $Z_2(x_1, x_2)$.
b. Užduotyje pateiktą netiesinių lygčių sistemą išspręskite grafiniu būdu.
c. Nagrinėjamoje srityje sudarykite stačiakampį tinklelį (x_1, x_2 poras). Naudodami užduotyje nurodytą metodą apskaičiuokite netiesinių lygčių sistemos sprendinius, kai pradinis artinys įgyja tinklelio koordinačių reikšmes. Tinklelyje vienodai pažymėkite taškus, kuriuos naudojant kaip pradinius artinius gaunamas tas pats sprendinys. Lentelėje pateikite apskaičiuotus skirtingus sistemos sprendinius ir bent po vieną jam atitinkantį pradinį artinį.
d. Gautus sprendinius patikrinkite naudodami išorinius išteklius (pvz., standartines Python funkcijas).

3 Optimizavimas

Pagal pateiktą uždavinio sąlygą (5 lentelė) sudarykite tikslo funkciją ir išspręskite jį vienu iš gradientinių metodų (gradientiniu, greičiausio nusileidimo). Gautą taškų konfigūraciją pavaizduokite programoje, skirtingais ženklais pavaizduokite duotus ir pridėtus (jei sąlygoje tokių yra) taškus. Ataskaitoje pateikite pradinę ir gautą taškų konfigūracijas, taikytos tikslo funkcijos aprašymą, taikyto metodo pavadinimą ir parametrus, iteracijų skaičių, iteracijų pabaigos sąlygas ir tikslo funkcijos priklausomybės nuo iteracijų skaičiaus grafiką.

1 lentelė. Lygčių sistemos.

Nr.	Lygčių sistema	Nr.	Lygčių sistema
1	$\begin{cases} 3x_1+7x_2+x_3+3x_4=37 \\ x_1-6x_2+6x_3+9x_4=11 \\ 4x_1+4x_2-7x_3+x_4=38 \\ -3x_1+8x_2+2x_3+x_4=0 \end{cases}$	11	$\begin{cases} 2x_1+5x_2+x_3+2x_4=14 \\ -2x_1+3x_3+5x_4=10 \\ x_1-x_3+x_4=4 \\ 5x_2+4x_3+7x_4=24 \end{cases}$
2	$\begin{cases} 3x_1+10x_2+x_3+5x_4=83 \\ -2x_1+6x_2+12x_3+14x_4=178 \\ 3x_1+12x_2+5x_3+x_4=37 \\ -3x_1-9x_2+5x_3=-26 \end{cases}$	12	$\begin{cases} 3x_1+x_2-x_3+5x_4=20 \\ -3x_1+4x_2-8x_3-x_4=-36 \\ x_1-3x_2+7x_3+6x_4=41 \\ 5x_2-9x_3+4x_4=-16 \end{cases}$
3	$\begin{cases} 3x_1+7x_2+x_3+3x_4=40 \\ x_1-6x_2+6x_3+8x_4=19 \\ 4x_1+4x_2-7x_3+x_4=36 \\ 4x_1+16x_2+2x_3=48 \end{cases}$	13	$\begin{cases} x_1-2x_2+3x_3+4x_4=11 \\ x_1-x_3+x_4=-4 \\ 2x_1-2x_2+2x_3+5x_4=7 \\ -7x_2+3x_3+x_4=2 \end{cases}$
4	$\begin{cases} 9x_1+x_2-2x_3+x_4=47 \\ 11x_2+3x_3+4x_4=-24 \\ x_1+3x_2+12x_3-3x_4=27 \\ -x_2+2x_3+2x_4=-5 \end{cases}$	14	$\begin{cases} 2x_1+4x_2+6x_3-2x_4=4 \\ x_1+3x_2+x_3-3x_4=-7 \\ x_1+x_2+5x_3+x_4=11 \\ 2x_1+3x_2-3x_3-2x_4=-4 \end{cases}$
5	$\begin{cases} 4x_1+12x_2+x_3+7x_4=171 \\ 2x_1+6x_2+17x_3+2x_4=75 \\ 2x_1+x_2+5x_3+x_4=30 \\ 5x_1+11x_2+7x_3=50 \end{cases}$	15	$\begin{cases} -4x_1+3x_2-5x_3+5x_4=-4 \\ 2x_1+2x_2+4x_3+3x_4=16 \\ -7x_2+2x_3-5x_4=9 \\ x_1+x_2+2x_3+x_4=8 \end{cases}$
6	$\begin{cases} 4x_1+x_2+x_3+7x_4=148 \\ x_1+2x_3-2x_4=-37 \\ 2x_1+2x_2-7x_3+x_4=21 \\ 4x_1+14x_2+7x_3=53 \end{cases}$	16	$\begin{cases} x_1+2x_2+x_3+x_4=-7 \\ 2x_1-5x_2+x_3+2x_4=3 \\ 4x_1-x_2+3x_3+4x_4=0 \\ 3x_1-3x_2+2x_3+3x_4=2 \end{cases}$
7	$\begin{cases} 5x_1+x_2+3x_3-x_4=-5 \\ x_1+4x_2+2x_4=3 \\ 3x_1+11x_3+5x_4=-4 \\ -x_1+2x_2+5x_3+2x_4=-7 \end{cases}$	17	$\begin{cases} 2x_1+5x_2+x_3+2x_4=-1 \\ -2x_1+3x_3+5x_4=7 \\ x_1-x_3+x_4=3 \\ 5x_2+4x_3+7x_4=4 \end{cases}$
8	$\begin{cases} 4x_1+3x_2-x_3+x_4=12 \\ 3x_1+9x_2-2x_3-2x_4=10 \\ -x_1-2x_2+11x_3-x_4=-28 \\ x_1-2x_2-x_3+5x_4=16 \end{cases}$	18	$\begin{cases} x_1+2x_2+x_3=-4 \\ 2x_1+5x_2+4x_4=3 \\ 14x_1-8x_2+4x_3+x_4=7 \\ 4x_1+10x_2+8x_4=2 \end{cases}$
9	$\begin{cases} x_2+2x_3+x_4=2 \\ 6x_1-2x_2+3x_3+4x_4=-15 \\ 3x_2+4x_3-3x_4=10 \\ -4x_2+3x_3+x_4=-2 \end{cases}$	19	$\begin{cases} 3x_1+x_2-x_3+5x_4=8 \\ -3x_1+4x_2-8x_3-x_4=10 \\ x_1-3x_2+7x_3+6x_4=11 \\ 5x_2-9x_3+4x_4=1 \end{cases}$
10	$\begin{cases} 9x_1+3x_2-x_3+2x_4=65 \\ 3x_1+11x_2-2x_3-2x_4=27 \\ -x_1-2x_2+6x_3-x_4=-23 \\ 2x_1-2x_2-x_3+9x_4=39 \end{cases}$	20	$\begin{cases} 2x_1+4x_2+6x_3-2x_4=2 \\ x_1+3x_2+x_3-3x_4=1 \\ x_1+x_2+5x_3+x_4=7 \\ 2x_1+3x_2-3x_3-2x_4=2 \end{cases}$

2 lentelė. Tiesinių lygčių sistemų metodai ir lygčių sistemų Nr.

Užduoties Nr.	**Metodas**	**Lygčių sistemų Nr. (1 lentelė)**
1	Gauso	10, 11, 17
	Paprastųjų iteracijų	10
2	Gauso	9, 15, 18
	Gauso-Zeidelio	9
3	Atspindžio	7, 15, 16
	Paprastųjų iteracijų	7
4	Atspindžio	3, 12, 19
	Gauso-Zeidelio	3
5	Gauso	2, 12, 17
	Paprastųjų iteracijų	2
6	Gauso	6, 15, 18
	Gauso-Zeidelio	6
7	Atspindžio	4, 14, 16
	Paprastųjų iteracijų	4
8	Atspindžio	1, 14, 20
	Gauso-Zeidelio	1
9	Gauso	5, 13, 19
	Gauso-Zeidelio	5
10	Atspindžio	8, 13, 20
	Paprastųjų iteracijų	8

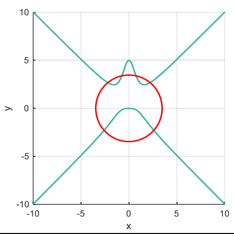
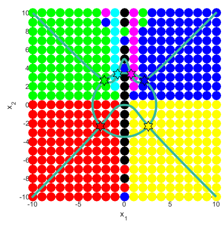
3 lentelė. Tiesinių lygčių sistemos ir laisvųjų narių stulpeliai.

Užduoties Nr.	Lygčių sistema	b1	B2	B3	Metodas
1.	$\begin{cases} 2x_1+5x_2+x_3+2x_4=\cdots \\ -2x_1+3x_3+5x_4=\cdots \\ x_1-x_3+x_4=\cdots \\ -3x_1-4x_2+x_3+x_4=\cdots \end{cases}$	$\begin{cases} \ldots=10 \\ \ldots=6 \\ \ldots=1 \\ \ldots=-5 \end{cases}$	$\begin{cases} \ldots=74 \\ \ldots=28 \\ \ldots=18 \\ \ldots=-48 \end{cases}$	$\begin{cases} \ldots=-0.25 \\ \ldots=-1 \\ \ldots=0.5 \\ \ldots=-0.5 \end{cases}$	QR
2.	$\begin{cases} x_1+2x_2+x_3=\cdots \\ 2x_1+5x_2+4x_4=\cdots \\ 14x_1-8x_2+4x_3+x_4=\cdots \\ 5x_1+15x_2+3x_4=\cdots \end{cases}$	$\begin{cases} \ldots=4 \\ \ldots=11 \\ \ldots=11 \\ \ldots=23 \end{cases}$	$\begin{cases} \ldots=20 \\ \ldots=75 \\ \ldots=16 \\ \ldots=149 \end{cases}$	$\begin{cases} \ldots=-6 \\ \ldots=-16.75 \\ \ldots=-23.25 \\ \ldots=-32.75 \end{cases}$	QR
3.	$\begin{cases} 3x_1+7x_2+x_3+3x_4=\cdots \\ x_1-6x_2+6x_3+8x_4=\cdots \\ 4x_1+4x_2-7x_3+x_4=\cdots \\ -4x_1+3x_2+8x_3+2x_4=\cdots \end{cases}$	$\begin{cases} \ldots=14 \\ \ldots=9 \\ \ldots=2 \\ \ldots=9 \end{cases}$	$\begin{cases} \ldots=78 \\ \ldots=-7 \\ \ldots=44 \\ \ldots=13 \end{cases}$	$\begin{cases} \ldots=5.75 \\ \ldots=-9.25 \\ \ldots=6.5 \\ \ldots=0 \end{cases}$	LU
4.	$\begin{cases} x_1+2x_2+x_3+x_4=\cdots \\ 2x_1-5x_2+2x_4=\cdots \\ 9x_1-6x_2-6x_3+x_4=\cdots \\ 5x_1+2x_2+x_4=\cdots \end{cases}$	$\begin{cases} \ldots=5 \\ \ldots=-1 \\ \ldots=-2 \\ \ldots=8 \end{cases}$	$\begin{cases} \ldots=28 \\ \ldots=-22 \\ \ldots=-33 \\ \ldots=37 \end{cases}$	$\begin{cases} \ldots=2.75 \\ \ldots=-3.25 \\ \ldots=-8.25 \\ \ldots=2.75 \end{cases}$	LU
5.	$\begin{cases} 4x_1+3x_2-x_3+x_4=\cdots \\ 3x_1+9x_2-2x_3-2x_4=\cdots \\ -x_1-2x_2+11x_3-x_4=\cdots \\ x_1-2x_2-x_3+5x_4=\cdots \end{cases}$	$\begin{cases} \ldots=7 \\ \ldots=8 \\ \ldots=7 \\ \ldots=3 \end{cases}$	$\begin{cases} \ldots=20 \\ \ldots=0 \\ \ldots=18 \\ \ldots=40 \end{cases}$	$\begin{cases} \ldots=1 \\ \ldots=4 \\ \ldots=-10 \\ \ldots=3.5 \end{cases}$	QR
6.	$\begin{cases} 2x_1+x_2+x_3+x_4=\cdots \\ x_1+3x_2+x_3-3x_4=\cdots \\ x_1+x_2+5x_3+x_4=\cdots \\ 2x_1+3x_2-3x_3-2x_4=\cdots \end{cases}$	$\begin{cases} \ldots=5 \\ \ldots=2 \\ \ldots=8 \\ \ldots=0 \end{cases}$	$\begin{cases} \ldots=20 \\ \ldots=-8 \\ \ldots=28 \\ \ldots=-9 \end{cases}$	$\begin{cases} \ldots=-0.25 \\ \ldots=-1 \\ \ldots=3 \\ \ldots=-4.25 \end{cases}$	QR
7.	$\begin{cases} 3x_1+11x_2+x_3+6x_4=\cdots \\ -x_1-3x_2+13x_3+16x_4=\cdots \\ 2x_1+14x_2-4x_3+x_4=\cdots \\ -x_1+7x_2+5x_3=\cdots \end{cases}$	$\begin{cases} \ldots=21 \\ \ldots=25 \\ \ldots=13 \\ \ldots=11 \end{cases}$	$\begin{cases} \ldots=179 \\ \ldots=131 \\ \ldots=148 \\ \ldots=79 \end{cases}$	$\begin{cases} \ldots=-11.5 \\ \ldots=-19 \\ \ldots=-7.25 \\ \ldots=-4 \end{cases}$	LU
8.	$\begin{cases} 2x_1+3x_2+x_3+x_4=\cdots \\ 2x_2+x_3+3x_4=\cdots \\ 7x_1-4x_2+x_3+x_4=\cdots \\ x_1-12x_2+x_3+x_4=\cdots \end{cases}$	$\begin{cases} \ldots=7 \\ \ldots=6 \\ \ldots=5 \\ \ldots=-9 \end{cases}$	$\begin{cases} \ldots=38 \\ \ldots=50 \\ \ldots=1 \\ \ldots=-53 \end{cases}$	$\begin{cases} \ldots=-3.5 \\ \ldots=-4 \\ \ldots=-8.5 \\ \ldots=-1.25 \end{cases}$	LU
9.	$\begin{cases} 5x_1+3x_2-x_3+2x_4=\cdots \\ 3x_1+6x_2-2x_3-2x_4=\cdots \\ -x_1-2x_2+4x_3-x_4=\cdots \\ 2x_1-2x_2-x_3+12x_4=\cdots \end{cases}$	$\begin{cases} \ldots=9 \\ \ldots=5 \\ \ldots=0 \\ \ldots=11 \end{cases}$	$\begin{cases} \ldots=26 \\ \ldots=0 \\ \ldots=20 \\ \ldots=44 \end{cases}$	$\begin{cases} \ldots=-4.75 \\ \ldots=-5 \\ \ldots=3.75 \\ \ldots=-7.25 \end{cases}$	QR
10.	$\begin{cases} 6x_1+x_2+3x_3-2x_4=\cdots \\ 6x_1+8x_2+x_3-x_4=\cdots \\ 12x_1-2x_2+4x_3-x_4=\cdots \\ 8x_1+x_2+x_3+5x_4=\cdots \end{cases}$	$\begin{cases} \ldots=8 \\ \ldots=14 \\ \ldots=13 \\ \ldots=15 \end{cases}$	$\begin{cases} \ldots=67 \\ \ldots=77 \\ \ldots=126 \\ \ldots=95 \end{cases}$	$\begin{cases} \ldots=-5.25 \\ \ldots=0 \\ \ldots=-13.5 \\ \ldots=-7.25 \end{cases}$	LU

4 lentelė. Netiesinių lygčių sistemų sprendimas. UždRuotys.

Nr.	Lygčių sistema	Metodas
1	$\begin{cases} \frac{10x_1}{x_2^2+1} + x_1^2 - x_2^2 = 0 \\ x_1^2 + 2x_2^2 - 32 = 0 \end{cases}$	Niutono
2	$\begin{cases} \cos(x_1) - x_1 - x_2 = 0 \\ 20e^{-\frac{(x_1^2+x_2^2)}{4}} + \frac{x_1^2+x_2^2}{4} - 10 = 0 \end{cases}$	Broideno
3	$\begin{cases} x_1^2 + (x_2 + \cos(x_1))^2 - 40 = 0 \\ \left(\frac{x_1}{2}\right)^3 + 25x_2^2 - 50 = 0 \end{cases}$	Niutono
4	$\begin{cases} \frac{x_2^3}{2} - \frac{x_2 x_1^2}{5} - 5 = 0 \\ \left(\frac{x_1}{4}\right)^4 + \left(\frac{x_2}{2}\right)^2 - 4 = 0 \end{cases}$	Broideno
5	$\begin{cases} \frac{x_1^2}{(x_2 + \cos(x_1))^2 + 1} - 2 = 0 \\ \left(\frac{x_1}{3}\right)^2 + (x_2 + \cos(x_1))^2 - 5 = 0 \end{cases}$	Niutono
6	$\begin{cases} x_2^2 - x_1^2 - 5x_1\cos(x_2 + 1) - 10 = 0 \\ x_1^2 + x_2^2 + x_1 x_2 - 20 = 0 \end{cases}$	Broideno
7	$\begin{cases} x_1 x_2 - 10 = 0 \\ \left(\frac{x_1}{4}\right)^4 + x_2^2 - x_1 x_2 - 10 = 0 \end{cases}$	Niutono
8	$\begin{cases} (x_1 - 3)^2 + x_2 - 8 = 0 \\ \frac{x_1^2 + x_2^2}{2} - 6(\cos(x_1) + \cos(x_2)) - 10 = 0 \end{cases}$	Broideno
9	$\begin{cases} x_1^2 + 10(\sin(x_1) + \cos(x_2))^2 - 10 = 0 \\ (x_2 - 3)^2 + x_1 - 8 = 0 \end{cases}$	Niutono
10	$\begin{cases} x_1^2 + 2(x_2 - \cos(x_1))^2 - 20 = 0 \\ x_1^2 x_2 - 2 = 0 \end{cases}$	Broideno

Pavyzdys

Lygčių sistema	**Grafinis sprendinys**	**Pradinių artinių tinklelis**
$\begin{cases} -\frac{5x_2}{x_1^2+1} + x_2^2 - x_1^2 = 0 \\ x_1^2 + x_2^2 - 12 = 0 \end{cases}$		

5 lentelė. Optimizavimo uždaviniai.

*** rekomenduojama $\boldsymbol{n} \leq 20$, $\boldsymbol{m} \leq 20$**

Uždavinys 1-3 variantams

Miestas išsidėstęs kvadrate, kurio koordinatės ($-10 \leq \boldsymbol{x} \leq 10,\ -10 \leq \boldsymbol{y} \leq 10$). Mieste yra **n** ($\boldsymbol{n} \geq \boldsymbol{3}$) vieno tinklo parduotuvių, kurių koordinatės yra žinomos (*Koordinatės gali būti generuojamos atsitiktinai, negali būti kelios parduotuvės toje pačioje vietoje*). Planuojama pastatyti dar **m** ($\boldsymbol{m} \geq \boldsymbol{3}$) šio tinklo parduotuvių. Parduotuvės pastatymo kaina (vietos netinkamumas) vertinama pagal atstumus iki kitų parduotuvių ir miesto ribos. Reikia parinkti naujų parduotuvių vietas (koordinates) taip, kad parduotuvių pastatymo kainų suma būtų kuo mažesnė.

Atstumo tarp dviejų parduotuvių, kurių koordinatės $(\boldsymbol{x_1}, \boldsymbol{y_1})$ ir $(\boldsymbol{x_2}, \boldsymbol{y_2})$, kaina apskaičiuojama pagal formulę:

$$C(x_1, y_1, x_2, y_2) = \exp(-0.2 \cdot ((x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2))$$

Atstumo tarp parduotuvės, kurios koordinatės $(\boldsymbol{x_1}, \boldsymbol{y_1})$, ir artimiausio miesto ribos taško, kurio koordinatės $(\boldsymbol{x_r}, \boldsymbol{y_r})$, kaina apskaičiuojama pagal formulę:

$$C^R(x_1, y_1, x_r, y_r) = \begin{cases} 0, jeigu\ parduotuvę\ planuojama\ statyti\ miesto\ ribose \\ \exp(0.25 \cdot ((x_1 - x_r)^2 + (y_1 - y_r)^2)) - 1, kitais\ atvejais \end{cases}$$

Uždavinys 4-6 variantams

Miestas išsidėstęs kvadrate, kurio koordinatės ($-10 \leq \boldsymbol{x} \leq 10,\ -10 \leq \boldsymbol{y} \leq 10$). Mieste yra **n** ($\boldsymbol{n} \geq \boldsymbol{3}$) vieno tinklo parduotuvių, kurių koordinatės yra žinomos (*Koordinatės gali būti generuojamos atsitiktinai, negali būti kelios parduotuvės toje pačioje vietoje*). Planuojama pastatyti dar **m** ($\boldsymbol{m} \geq \boldsymbol{3}$) šio tinklo parduotuvių. Parduotuvės pastatymo kaina (vietos netinkamumas) vertinama pagal atstumus iki kitų parduotuvių ir miesto ribos. Reikia parinkti naujų parduotuvių vietas (koordinates) taip, kad parduotuvių pastatymo kainų suma būtų kuo mažesnė.

Atstumo tarp dviejų parduotuvių, kurių koordinatės $(\boldsymbol{x_1}, \boldsymbol{y_1})$ ir $(\boldsymbol{x_2}, \boldsymbol{y_2})$, kaina apskaičiuojama pagal formulę:

$$C(x_1, y_1, x_2, y_2) = \exp(-0.1 \cdot ((x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2))$$

Atstumo tarp parduotuvės, kurios koordinatės $(\boldsymbol{x_1}, \boldsymbol{y_1})$, ir artimiausio miesto ribos taško, kurio koordinatės $(\boldsymbol{x_r}, \boldsymbol{y_r})$, kaina apskaičiuojama pagal formulę:

$$C^R(x_1, y_1, x_r, y_r) = \begin{cases} 0, jeigu\ parduotuvę\ planuojama\ statyti\ miesto\ ribose \\ 0.5 \cdot ((x_1 - x_r)^2 + (y_1 - y_r)^2), kitais\ atvejais \end{cases}$$

Uždavinys 7-10 variantams

Miestas išsidėstęs kvadrate, kurio koordinatės ($-10 \leq \boldsymbol{x} \leq 10,\ -10 \leq \boldsymbol{y} \leq 10$). Mieste yra **n** ($\boldsymbol{n} \geq \boldsymbol{3}$) vieno tinklo parduotuvių, kurių koordinatės yra žinomos (*Koordinatės gali būti generuojamos atsitiktinai, negali būti kelios parduotuvės toje pačioje vietoje*). Planuojama pastatyti dar **m** ($\boldsymbol{m} \geq \boldsymbol{3}$) šio tinklo parduotuvių. Parduotuvės pastatymo kaina (vietos netinkamumas) vertinama pagal atstumus iki kitų parduotuvių ir poziciją (koordinates). Reikia parinkti naujų parduotuvių vietas (koordinates) taip, kad parduotuvių pastatymo kainų suma būtų kuo mažesnė (naujos parduotuvės gali būti statomos ir už miesto ribos).

Atstumo tarp dviejų parduotuvių, kurių koordinatės $(\boldsymbol{x_1}, \boldsymbol{y_1})$ ir $(\boldsymbol{x_2}, \boldsymbol{y_2})$, kaina apskaičiuojama pagal formulę:

$$C(x_1, y_1, x_2, y_2) = \exp(-0.3 \cdot ((x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2))$$

Parduotuvės, kurios koordinatės $(\boldsymbol{x_1}, \boldsymbol{y_1})$, vietos kaina apskaičiuojama pagal formulę:

$$C^P(x_1, y_1) = \frac{x_1^4 + y_1^4}{1000} + \frac{\sin(x_1) + \cos(y_1)}{5} + 0.4$$