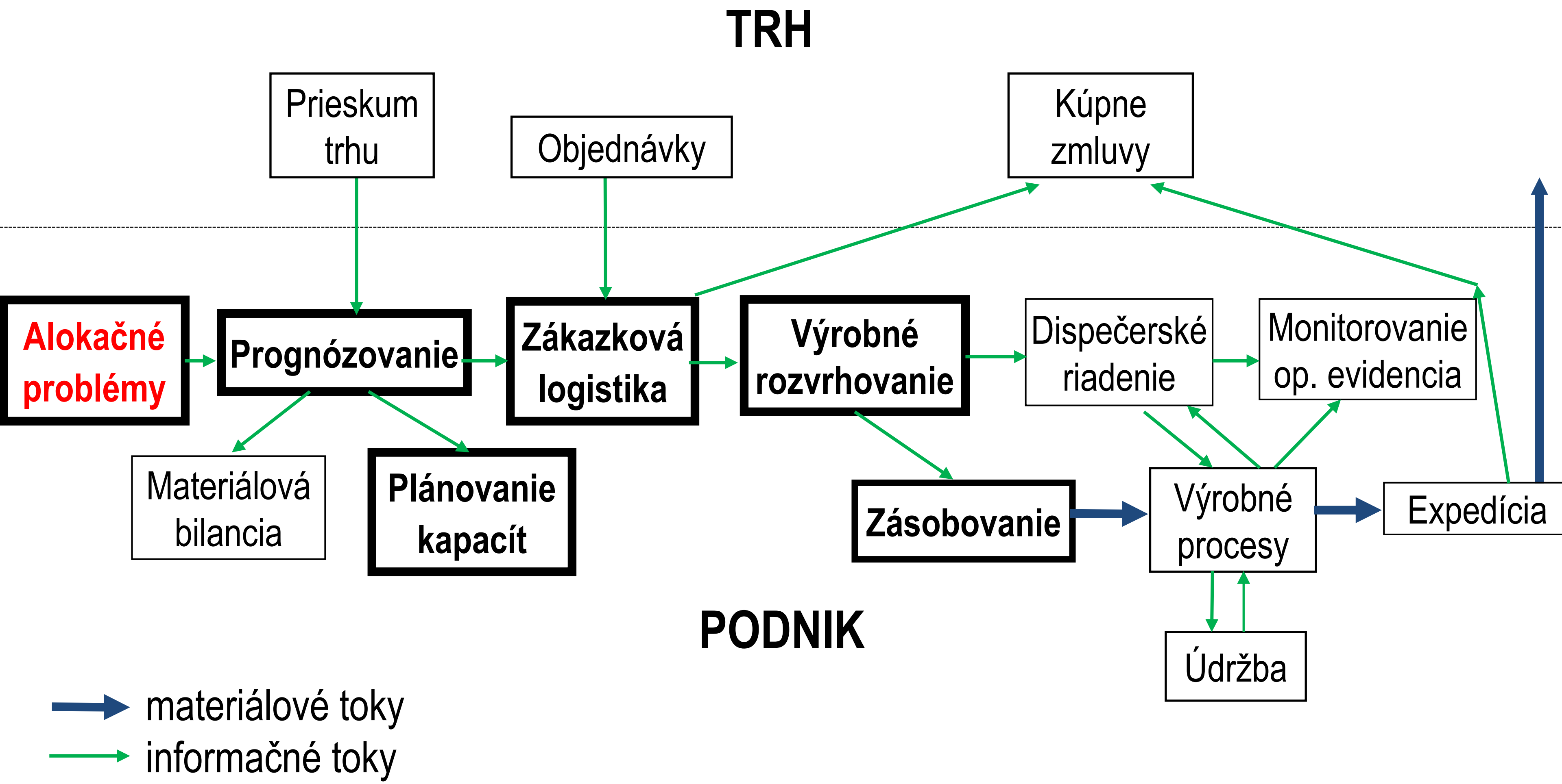
Štruktúra činností výrobnej logistiky



Alokačné úlohy

I. Alokácia (výrobných procesov) **do jedného miesta**:
   1. Ak nie sú k dispozícii presné údaje možno použiť Pomerovo-indexovú metódu
   2. Ak sú k dispozícii presné údaje ide o úlohu Optimálneho umiestnenia distribučného centra, pričom možno použiť rôzne typy vzdialenosti, napr.:
      a) Euklidovská vzdialenosť
      b) Kvadrát euklidovskej vzdialenosti
      c) Rektilineárna (Mannhatanská) vzdialenosť
      d) Minimalizácia vzdialenosti najvzdialenejšieho odberateľa

II. Alokácia (výrobných procesov) **do viacerých miest**
   1. Priradzovací problém (*n* objektov do *n* miest – základná verzia)
   2. Priradzovací problém (väzby len medzi novými a existujúcimi objektmi)
   3. Kvadratický priradzovací problém (väzby medzi novými objektmi navzájom)
   4. Zovšeobecnený distribučný problém (vyberáme podmnožinu *m* miest pre distribučné centrá a optimalizujeme dodávky *n* zákazníkom)

I. Alokácia do jedného miesta

1. Ak nie sú k dispozícii presné údaje

- **Predpoklady (popis úlohy)**:
  - ak sú známe lokality a treba vybrať najvhodnejšiu
  - ak je ťažké vyčísliť presné náklady
  - ak nie sú presne známi dodávatelia ani odberatelia
  - ak existuje veľa faktorov (kritérií), ktoré je ťažko ohodnotiť,
  - ale je možné vyjadriť závažnosť každého faktoru (kritéria) voči ostatným faktorom (kritériám)
  - a porovnať hodnoty faktorov (kritérií) pre jednotlivé lokality
- **Riešenie**: **pomerovo-indexová metóda**

(anglicky SAW *Simple Additive Weighting*),
na UHI preberané za účelom hodnotovej analýzy

Pomerovo-indexová metóda (1)

1. Pre vybrané lokality ($L = 1 \ldots n$) a daný výrobný proces najprv stanovíme rozhodujúce **faktory** F_i ($i = 1 .. m$), resp. **kritériá výberu**
2. Každému faktoru F_i prisúdime **váhu** w_i najlepšie tak, aby suma váh všetkých faktorov bola *1*, t.j. $\sum_{i=1}^{m} w_i = 1$
3. Pre hodnotenie jednotlivých faktorov F_i zvolíme **interval hodnôt** $< KD_i , KH_i >$ tj. definičný obor hodnôt HF_i a spôsob ohodnocovania tohto faktoru
   - KD_i je tzv. dolná hranica intervalu hodnôt HF_i
   - KH_i je tzv. horná hranica intervalu hodnôt HF_i

Pomerovo-indexová metóda (2)

4. Experti stanovia **hodnotenie** HF_i^L pre všetky lokality L a pre všetky a faktory F_i

   (t.j. pre všetky L = 1 .. n, i = 1 .. m)

5. Výsledné hodnotenie danej lokality L je dané **váženým súčtom**: $C^L = \sum_{i=1}^{m} w_i \cdot HF_i^L$

6. Ako najlepšia bude vybraná tá lokalita, pre ktorú je hodnota C^L **maximálna**, t.j.

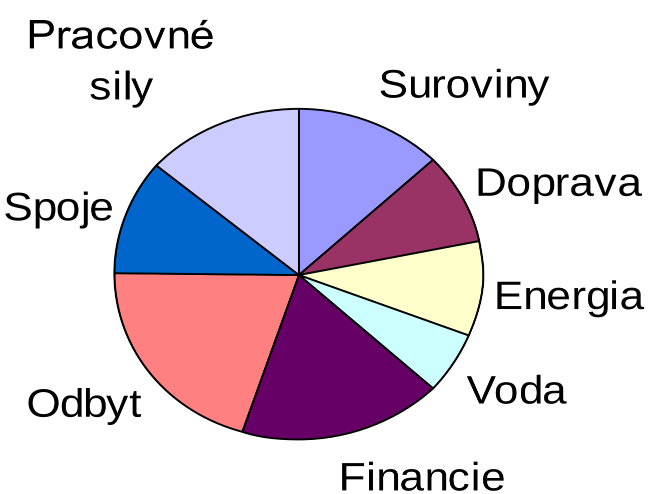
$$L \approx \max C^L$$

Príklad (1)

- Úlohou je vybrať najvhodnejšiu lokalitu pre umiestnenie výroby drevených hračiek z troch vytipovaných lokalít:
  - Spišská Nová Ves – SNV (Lokalita $L = 1$)
  - Rožňava – RV (Lokalita $L = 2$)
  - Svidník – SK (Lokalita $L = 3$)

Príklad (2)

1. Výber faktorov F_i *(i = 8)*
2. Priradenie váh w_i jednotlivým faktorom
3. $KD_i = 0$, $KH_i = 10$ pre všetky faktory F_i (i = 1 až 8)



Faktor F_i	Váha w_i
Suroviny (F_1)	0,13
Doprava (F_2)	0,09
Energia (F_3)	0,09
Voda (F_4)	0,06
Financie (F_5)	0,18
Odbyt (F_6)	0,20
Spoje (F_7)	0,11
Pracovné sily (F_8)	0,14

$$\sum_{i=1}^{8} w_i = 1$$

Príklad (3)

4. Expertmi stanovené hodnoty HF_i^L pre všetky L (1 až 3)

Faktor F_i	HF_i^1	HF_i^2	HF_i^3
Suroviny (F_1)	8	6	7
Doprava (F_2)	8	4	6
Energia (F_3)	4	4	2
Voda (F_4)	8	5	9
Financie (F_5)	7	2	6
Odbyt (F_6)	5	2	4
Spoje (F_7)	7	7	3
Pracovné sily (F_8)	5	5	5

Príklad (4)

5. Výpočet hodnôt ($w_i \,.\, HF_i^L$) pre všetky faktory F_i a všetky lokality L

Faktor F_i	$W_i \,.\, HF_i^1$	$W_i \,.\, HF_i^2$	$W_i \,.\, HF_i^3$
Suroviny (F_1)	1,04	0,78	0,91
Doprava (F_2)	0,72	0,36	0,54
Energia (F_3)	0,36	0,36	0,18
Voda (F_4)	0,48	0,3	0,54
Financie (F_5)	1,26	0,36	1,08
Odbyt (F_6)	1	0,4	0,8
Spoje (F_7)	0,77	0,77	0,33
Pracovné sily (F_8)	0,7	0,7	0,7
C^L=	**6,33**	**4,03**	**5,08**

6. Porovnanie súhrnných hodnotení C^L: $C^1 = \max(C^L)$ =>

   najvhodnejšia lokalita je L = 1, t.j. Spišská Nová Ves

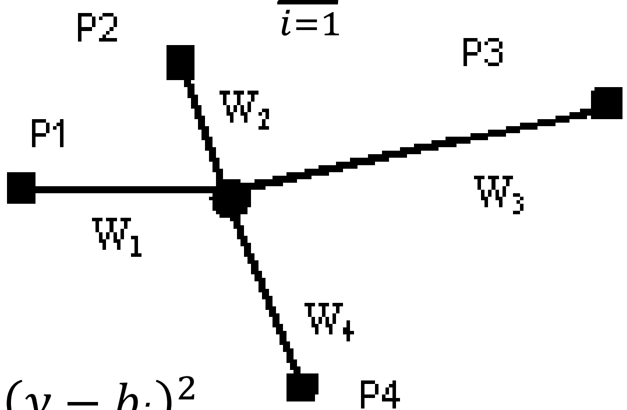
2. Sú k dispozícii presné údaje => Optimálne umiestnenie (jedného) distribučného centra

- **Predpoklady (popis úlohy)**:
  - V rovine existuje n objektov (odberateľov) (P_1 .. P_n) so súradnicami (a_1, b_1), … (a_n, b_n).
  - Treba nájsť súradnice pre umiestnenie nového objektu (distribučného centra) $\bar{x} = (x, y)$ tak, aby celkové náklady na realizáciu väzieb medzi existujúcimi objektmi a novým objektom $\bar{x}$ boli minimálne.
  - Intenzitu väzby medzi objektmi P_i a novým objektom (distribučným centrom) vyjadrujú koeficienty w_i ($i = 1..n$).
- **Riešenie**: závisí od spôsobu merania vzdialenosti
  - Používajú sa 4 rôzne typy vzdialeností

Matematický model (4 rôzne varianty úlohy)

- **Matematický model je vyjadrený kriteriálnou funkciou, ktorej základ je stále rovnaký:**

$$f(\overline{x}) = \sum_{i=1}^{n} w_i \cdot d(\overline{x}, P_i)$$



- Pričom **sa mení spôsob výpočtu vzdialenosti** $d(\overline{x}, P_i)$

a) **Euklidovská**: $d(\overline{x}, P_i) = \sqrt{(x - a_i)^2 + (y - b_i)^2}$

b) **Kvadrát euklidovskej**: $d(\overline{x}, P_i) = (x - a_i)^2 + (y - b_i)^2$

c) **Rektilineárna (Manhattanská)**: $d(\overline{x}, P_i) = |x - a_i| + |y - b_i|$

d) **Minimálna (euklidovská) vzdialenosť najvzdialenejšieho objektu**: $f(\overline{x}) = \max_{i=1..n} \sqrt{(x - a_i)^2 + (y - b_i)^2}$

Pre každý typ vzdialenosti je iný postup výpočtu optimálneho umiestnenia nového objektu (distribučného centra).

1. Euklidovská vzdialenosť (1)

- **Model**: minimalizovať $f(\overline{x}) = \sum_{i=1}^{n} w_i \cdot \sqrt{(x-a_i)^2+(y-b_i)^2}$
- **Riešenie**: **numerický iteračný postup** (hyperbolická aproximácia)
- Hľadáme extrém funkcie dvoch premenných (súradnica x a súradnica y pre umiestnenie distribučného centra),
- preto derivujeme funkciu nákladov parciálne

$$f(\overline{x}) = \sum_{i=1}^{n} w_i \sqrt{(x-a_i)^2+(y-b_i)^2}$$

- a jednotlivé parciálne derivácie položíme rovné nule,

t.j. pre súradnicu x: $\frac{\partial f(\overline{x})}{\partial x} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n} \frac{2w_i(x-a_i)}{\sqrt{(x-a_i)^2+(y-b_i)^2}} \overset{!}{=} 0$

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{x w_i}{\sqrt{(x-a_i)^2+(y-b_i)^2}} = \sum_{i=1}^{n} \frac{w_i a_i}{\sqrt{(x-a_i)^2+(y-b_i)^2}}$$

1. Euklidovská vzdialenosť (2)

Po úprave: $$x \cdot \sum_{i=1}^{n} \frac{w_i}{\sqrt{(x-a_i)^2 + (y-b_i)^2}} = \sum_{i=1}^{n} \frac{w_i \cdot a_i}{\sqrt{(x-a_i)^2 + (y-b_i)^2}}$$

a zavedení substitúcie: $$g_i(x,y) = \frac{w_i}{\sqrt{(x-a_i)^2 + (y-b_i)^2 + \xi}}$$

dostávame: $$x \cdot \sum_{i=1}^{n} g_i(x,y) = \sum_{i=1}^{n} a_i \cdot g_i(x,y) \Rightarrow x = \frac{\sum_{i=1}^{n} a_i \cdot g_i(x,y)}{\sum_{i=1}^{n} g_i(x,y)}$$

čo iteratívne znamená:

$$x^{(k)} = \frac{\sum_{i=1}^{n} a_i \cdot g_i\left(x^{(k-1)}, y^{(k-1)}\right)}{\sum_{i=1}^{n} g_i\left(x^{(k-1)}, y^{(k-1)}\right)}$$

počiatočná hodnota (ťažisko):

$$x^{(0)} = \frac{\sum_{i=1}^{n} a_i \cdot w_i}{\sum_{i=1}^{n} w_i}$$

1. Euklidovská vzdialenosť (3)

- Dostávame iteratívne vzorce pre výpočet súradníc optimálneho umiestnenia distribučného centra $x^{(k)}$ a $y^{(k)}$.

1. **Na začiatku stanovíme hodnoty pre ťažisko** ($x^{(0)}$ a $y^{(0)}$)
2. **Postupne v každej ďalšej iterácii** (k) **počítame** $x^{(k)}$ a $y^{(k)}$ a následne $f(x^{(k)}, y^{(k)})$, pričom sa aktuálne riešenie ($x^{(k)}, y^{(k)}$) stále priblíži k optimu, t.j. klesne $f(x^{(k)}, y^{(k)})$.
3. **Po dosiahnutí požadovanej presnosti** (napríklad ak sa hodnota kriteriálnej funkcie na druhom ráde za desatinnou čiarkou už nemení) **výpočet ukončíme** a aktuálne hodnoty $x^{(k)}$ a $y^{(k)}$ určujú odporúčané umiestnenie distribučného centra.

1. Euklidovská vzdialenosť (4)

- Analogicky pre súradnicu y derivujeme funkciu nákladov parciálne podľa y, t.j.

$$f(\overline{x}) = \sum_{i=1}^{n} w_i \sqrt{(x - a_i)^2 + (y - b_i)^2}$$

- a položíme rovnú nule, t.j.

$$\frac{\partial f(\overline{x})}{\partial y} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n} \frac{2 \cdot w_i \cdot (y - b_i)}{\sqrt{(x - a_i)^2 + (y - b_i)^2}} \stackrel{!}{=} 0$$

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{y \cdot w_i}{\sqrt{(x - a_i)^2 + (y - b_i)^2}} = \sum_{i=1}^{n} \frac{w_i \cdot b_i}{\sqrt{(x - a_i)^2 + (y - b_i)^2}}$$

1. Euklidovská vzdialenosť (5)

- Po úprave a zavedení substitúcie $g_i(x,y) = \dfrac{w_i}{\sqrt{(x-a_i)^2 + (y-b_i)^2 + \xi}}$

dostávame: $$y\sum_{i=1}^{n} \frac{w_i}{\sqrt{(x-a_i)^2 + (y-b_i)^2}} = \sum_{i=1}^{n} \frac{w_i \cdot b_i}{\sqrt{(x-a_i)^2 + (y-b_i)^2}}$$

$$y\sum_{i=1}^{n} g_i(x,y) = \sum_{i=1}^{n} b_i \cdot g_i(x,y) \Rightarrow y = \frac{\sum_{i=1}^{n} b_i \cdot g_i(x,y)}{\sum_{i=1}^{n} g_i(x,y)}$$

$$y^{(k)} = \frac{\sum_{i=1}^{n} b_i \cdot g_i\left(x^{(k-1)}, y^{(k-1)}\right)}{\sum_{i=1}^{n} g_i\left(x^{(k-1)}, y^{(k-1)}\right)} \qquad y^{(0)} = \frac{\sum_{i=1}^{n} b_i \cdot w_i}{\sum_{i=1}^{n} w_i}$$

Príklad (1)

- Nájdite optimálne umiestnenie trafostanice pre 4 stanice s danými súradnicami: A[2,6], B[6,7], C[7,4], D[5,2], káblom s mernými ročnými nákladmi 3 PJ/km. Nová stanica bude napájaná káblom s ročnými nákladmi 5 PJ/km z existujúcej trafostanice E[1,1].

i	**Miesto**	a_i	b_i	w_i
1	A	2	6	3
2	B	6	7	3
3	C	7	4	3
4	D	5	2	3
5	E	1	1	5

Príklad (2)

i	Miesto	a_i	b_i	w_i
1	A	2	6	3
2	B	6	7	3
3	C	7	4	3
4	D	5	2	3
5	E	1	1	5

- Vyjdeme z počiatočných hodnôt súradníc $x^{(0)}$ a $y^{(0)}$ pre ťažisko a vypočítame zodpovedajúcu hodnotu kriteriálnej funkcie $f(x^{(0)}, y^{(0)})$.

$$x^{(0)} = \frac{\sum_{i=1}^{5} a_i \cdot w_i}{\sum_{i=1}^{5} w_i} \qquad x^{(0)} = \frac{2*3+6*3+7*3+5*3+1*5}{3+3+3+3+5} = \frac{65}{17} \doteq 3{,}82$$

$$y^{(0)} = \frac{\sum_{i=1}^{5} b_i \cdot w_i}{\sum_{i=1}^{5} w_i} \qquad y^{(0)} = \frac{6*3+7*3+4*3+2*3+5*1}{3+3+3+3+5} = \frac{62}{17} \doteq 3{,}65$$

$$f\left(x^{(0)}, y^{(0)}\right) = \sum_{i=1}^{5} w_i \sqrt{(x^{(0)} - a_i)^2 + (y^{(0)} - b_i)^2}$$

$$f\left(x^{(0)}, y^{(0)}\right) = 3.\sqrt{(3{,}82-2)^2 + (3{,}65-6)^2} + \ldots + 5.\sqrt{(3{,}82-1)^2 + (3{,}65-1)^2} = 55{,}93$$

Príklad (3)

- Potom vypočítame substitučné koeficienty $g_i(x^{(0)}, y^{(0)})$ a dosadíme ich do iteračných vzorcov pre výpočet $x^{(1)}, y^{(1)}$
  $x^{(0)} = 3{,}82$; $y^{(0)} = 3.65$

$$g_i\left(x^{(0)}, y^{(0)}\right) = \frac{w_i}{\sqrt{(x^{(0)} - a_i)^2 + (y^{(0)} - b_i)^2 + \xi}}$$

$$g_1\left(x^{(0)}, y^{(0)}\right) = \frac{3}{\sqrt{(3{,}82-2)^2 + (3{,}65-6)^2 + 0{,}001}} \doteq 1{,}009$$

$$g_2\left(x^{(0)}, y^{(0)}\right) = \frac{3}{\sqrt{(3{,}82-6)^2 + (3{,}65-7)^2 + 0{,}001}} \doteq 0{,}751$$

$$g_3\left(x^{(0)}, y^{(0)}\right) = \frac{3}{\sqrt{(3{,}82-7)^2 + (3{,}65-4)^2 + 0{,}001}} \doteq 0{,}938$$

$$g_4\left(x^{(0)}, y^{(0)}\right) = \frac{3}{\sqrt{(3{,}82-5)^2 + (3{,}65-2)^2 + 0{,}001}} \doteq 1{,}479$$

$$g_5\left(x^{(0)}, y^{(0)}\right) = \frac{5}{\sqrt{(3{,}82-1)^2 + (3{,}65-1)^2 + 0{,}001}} \doteq 1{,}292$$

i	Miesto	a_i	b_i	w_i
1	A	2	6	3
2	B	6	7	3
3	C	7	4	3
4	D	5	2	3
5	E	1	1	5

Príklad (4)

- A dosadíme ich do iteračných vzorcov pre výpočet $x^{(1)}$, $y^{(1)}$

$$x^{(1)} = \frac{\sum_{i=1}^{5} a_i \cdot g_i\left(x^{(0)}, y^{(0)}\right)}{\sum_{i=1}^{5} g_i\left(x^{(0)}, y^{(0)}\right)} \qquad y^{(1)} = \frac{\sum_{i=1}^{5} b_i \cdot g_i\left(x^{(0)}, y^{(0)}\right)}{\sum_{i=1}^{5} g_i\left(x^{(0)}, y^{(0)}\right)}$$

$$x^{(1)} = \frac{2 \cdot 1{,}009 + 6 \cdot 0{,}751 + 7 \cdot 0{,}938 + 5 \cdot 1{,}478 + 1 \cdot 1{,}292}{1{,}009 + 0{,}759 + 0{,}938 + 1{,}478 + 1{,}292} = 3{,}98$$

$$y^{(1)} = \frac{6 \cdot 1{,}009 + 7 \cdot 0{,}751 + 4 \cdot 0{,}938 + 2 \cdot 1{,}479 + 1 \cdot 1{,}292}{1{,}009 + 0{,}751 + 0{,}938 + 1{,}479 + 1{,}292} = 3{,}53$$

- Opäť vypočítame hodnotu kriteriálnej funkcie pre nové umiestnenie distribučného centra $f(x^{(1)}, y^{(1)})$

$$f\left(x^{(1)}, y^{(1)}\right) = 3.\sqrt{(3{,}98-2)^2 + (3{,}53-6)^2} + \ldots + 5.\sqrt{(3{,}98-1)^2 + (3{,}53-1)^2} = 55{,}77$$

Príklad (5)

- A celý postup iteratívne opakujeme až do chvíle, kým zmena hodnoty kriteriálnej funkcie v dvoch po sebe nasledujúcich iteráciách klesne pod jednu stotinu PJ.

(k)	$x^{(k)}$	$y^{(k)}$	$f(x^{(k)}, y^{(k)})$
0	3,82	3,65	55,935
1	3,98	3,53	55,772
2	4,06	3,47	55,730
3	4,10	3,44	55,719
4	**4,12**	**3,42**	**55,716**

2. Kvadrát euklidovskej vzdialenosti

- **Model**: minimalizovať $f(\overline{x}) = \sum_{i=1}^{n} w_i \cdot [(x - a_i)^2 + (y - b_i)^2)]$
- **Riešenie**: dá sa dokázať, že optimálne umiestnenie distribučného centra je **v ťažisku**, t.j. presne v tom bode, z ktorého vychádza iteratívny výpočet v prípade euklidovskej vzdialenosti, t.j.:

$$x^{(0)} = \frac{\sum_{i=1}^{n} a_i \cdot w_i}{\sum_{i=1}^{n} w_i} \qquad y^{(0)} = \frac{\sum_{i=1}^{n} b_i \cdot w_i}{\sum_{i=1}^{n} w_i}$$

3. Rektilineárna vzdialenosť

- **Model**: minimalizovať $f(\overline{x}) = \sum_{i=1}^{n} w_i \cdot (|x - a_i| + |y - b_i|)$
- **Riešenie**: v prípade rektilineárnej vzdialenosti sa používa na výpočet optimálneho umiestnenia distribučného centra tzv. **mediánové umiestenie**.
- Dá sa totiž dokázať, že optimálne hodnoty pre súradnicu x aj y totiž musia ležať v x-ovej, resp. y-ovej súradnici niektorého zo vstupných objektov (pre každú súradnicu to samozrejme môže byť iný objekt).
- Použijeme nasledovný postup:

3. Rektilineárna vzdialenosť – postup riešenia

1. V tomto prípade je potrebné najprv jednotlivé objekty usporiadať vzostupne podľa ich súradnice x a tiež podľa y

   $$a_{(1)} \leq a_{(2)} \leq \cdots \leq a_{(n)} \qquad b_{(1)} \leq b_{(2)} \leq \cdots \leq b_{(n)}$$

2. Potom vypočítať jednotlivé čiastkové súčty váh w_i prislúchajúcich týmto objektom: $$s_{(k)} = \sum_{i=1}^{k} w_i$$
3. a polovicu celkového súčtu váh: $s_{(m)} = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n} w_i$
4. Vypočítané čiastkové súčty váh w_i pre x-ovú a y-ovú súradnicu tvoria usporiadanú postupnosť, pričom optimálne umiestnenie distribučného centra pre danú súradnicu zodpovedá súradnici odberateľa k, pre ktorého platí: $s_{(k-1)} \leq s_m \leq s_{(k)}$

Príklad (1)

- Použijeme tie isté vstupné údaje ako v príklade pre prípad Euklidovskej vzdialenosti vyššie.
- **Pre *x*-ovú súradnicu**:

$a_5\,(1) \le a_1\,(2) \le a_4\,(5) \le a_2\,(6) \le a_3\,(7)$

$s_5 = \mathbf{5}$

$s_1 = 5 + 3 = \mathbf{8}$

$s_4 = 5 + 3 + 3 = \mathbf{11}$

$s_2 = 5 + 3 + 3 + 3 = \mathbf{14}$

$s_3 = 5 + 3 + 3 + 3 + 3 = \mathbf{17}$

i	Miesto	a_i	b_i	w_i
1	A	2	6	3
2	B	6	7	3
3	C	7	4	3
4	D	5	2	3
5	E	1	1	5

$s_m = 8{,}5 \Rightarrow (s_4)$, *čo zodpovedá x-ovej súradnici v poradí 4.zákazníka* $\Rightarrow \mathbf{x = a_4 = 5}$

Príklad (2)

- **Pre *y*-ovú súradnicu**:

  $b_5\ (1) \leq b_4\ (2) \leq b_3\ (4) \leq b_1\ (6) \leq b_2\ (7)$

  $s_5 = \mathbf{5}$

  $s_4 = 5 + 3 = \mathbf{8}$

  $s_3 = 5 + 3 + 3 = \mathbf{11}$

  $s_1 = 5 + 3 + 3 + 3 = \mathbf{14}$

  $s_2 = 5 + 3 + 3 + 3 + 3 = \mathbf{17}$

i	Miesto	a_i	b_i	w_i
1	A	2	6	3
2	B	6	7	3
3	C	7	4	3
4	D	5	2	3
5	E	1	1	5

  $s_m = 8{,}5 \Rightarrow (s_3)$, *čo zodpovedá y-ovej súradnici v poradí 3.zákazníka* $\Rightarrow$ $\mathbf{y = b_3 = 4}$

- Takže optimálne umiestnenie distribučného centra v prípade použitia rektilineárnej vzdialenosti by bolo ***(5, 4)***

4. Minimalizácia vzdialenosti najvzdialenejšieho bodu

- **Matematický model**: minimalizovať

$$f(\overline{x}) = \max_{i=1..n} \sqrt{(x-a_i)^2+(y-b_i)^2}$$

- To je ekvivalentné úlohe $\min\left\{z: \sqrt{(x-a_i)^2+(y-b_i)^2} \leq z; i = 1,2,\dots,n\right\}$
- **Riešenie**: v prípade minimalizácie vzdialenosti najvzdialenejšieho objektu je optimálnym umiestnením distribučného centra **stred kružnice s minimálnym polomerom (z) opísanej tak, že v nej ležia všetci odberatelia**.

Úloha z 3. prednášky – skupinová

1. Prediskutujte v skupine (veľkosti 3 až 4 členov) medzi sebou prebrané typy úloh alokácie do jedného miesta, overte si vaše pochopenie prebranej látky, najmä rozdiely medzi jednotlivými typmi úloh. **Zapíšte z tohto kroku stručný sumár**.
2. Spoločne **identifikujte aspoň dva rôzne príklady konkrétnych reálnych aplikácií úloh alokácie do jedného miesta** (iné než boli uvedené v prednáške).
3. Identifikované príklady stručne popíšte a **správne zaraďte podľa typu do jednej z preberaných kategórií úloh** alokácie do jedného miesta.
4. Pre jeden z identifikovaných príkladov **napíšte matematický model**.

Pozn.: Do výsledného dokumentu s riešením tejto skupinovej úlohy ***napíšte mená členov skupiny a odovzdajte každý sám za seba****.*