



Matematické a simulačné modely pre umiestnenie staníc záchrannej zdravotnej služby

Ľudmila Jánošíková
Peter Jankovič
Michal Koháni
Lýdia Gábrišová
Marek Kvet

Ludmila.Janosikova@fri.uniza.sk

Cieľ

Metóda

Vyhodnotiť prevádzkové charakteristiky systému
(doba dojazdu, dostupnosť do požadovaného časového limitu, vyťaženie ambulancií, ...)

Počítačová simulácia

Navrhnuť lepšie umiestnenie staníc

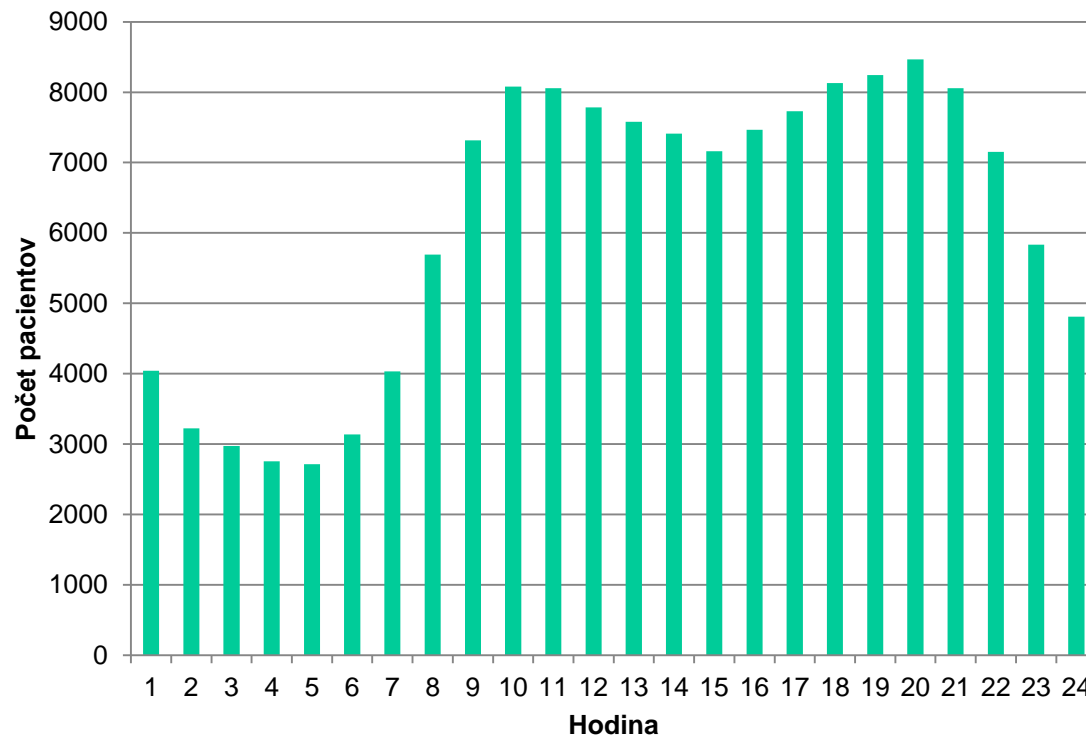
Diskrétna optimalizácia

Počítačová simulácia pre súčasný stav

- **Počet pacientov** za rok: 494 462 (vychádza z Výročnej správy OS ZZS SR za rok 2015).
- **Počet sekundárnych výjazdov** za rok: RLP – 6 847, RZP – 34 990 (zdroj: OS ZZS)
- **Priestorové rozmiestnenie pacientov** zohľadňuje priemerný počet ľudí, ktorí sa nachádzajú v priebehu dňa v oblasti 1 km².

Intenzita primárných výjazdov

- Deň v týždni nemá štatisticky významný vplyv na intenzitu výjazdov (zdroj: Falck Záchranná, a.s.).
- Intenzita v priebehu dňa



Rozdelenie pacientov podľa diagnózy

	Kvintet 1 Boleť v hrudníku	Kvintet 2 Závažná trauma	Kvintet 3 NCMP	Kvintet 4 Dýchacie ťažkosti	Kvintet 5 Zastavenie obehu a bezvedomie	Ostatní
%	6,36	1,57	1,51	12,36	4,71	73,49
Priemerný čas na scéne, RLP [min]	25,4	19,9	23,7	27,1	27,8	24,4
Priemerný čas na scéne, RZP [min]	24,3	19,4	25,6	25,6	28,3	23,0

Trvanie ďalších činností

- Pri jazde ambulancie sa zohľadňuje priemerná rýchlosť vozidla v závislosti od triedy cesty (v obci, mimo obce), zapnutej signalizácie, dopravnej špičky.
- Doba od prijatia pokynu na výjazd po odchod vozidla zo stanice: 1 minúta.
- Odovzdanie pacienta v nemocnici
 - 74 zariadení
 - pre 58 zariadení bolo stanovené vlastné rozdelenie pravdepodobnosti; priemerný čas sa mení od 7 po 36 min
 - pre ostatné zariadenia sa použilo jedno spoločné rozdelenie pravdepodobnosti získané zo všetkých dát

Počítačová simulácia pre súčasný stav

- **Čas čakania pacienta** – čas, ktorý uplynie od tiesňového volania po príchod ambulancie k pacientovi.
- **Čas dojazdu ambulancie** – čas od pokynu na výjazd po príchod ambulancie k pacientovi.

Výsledky simulácie pre súčasný stav

Ukazovateľ	Hodnota
Priemerný čas čakania pacienta [min]	11:43
Priemerný čas čakania pacienta s diagnózou z kvintetu [min]	11:33
Priemerný čas čakania pacienta s inou diagnózou [min]	11:47
Podiel pacientov s časom čakania do 15 minút [%]	74,1
Podiel pacientov s časom čakania do 20 minút [%]	88,3
Podiel pacientov s časom čakania do 25 minút [%]	94,6
Podiel pacientov s časom čakania do 30 minút [%]	97,4
Podiel pacientov s časom čakania nad 30 minút [%]	2,6

Počítačová simulácia pre znížený počet výjazdov ambulancií ZZS

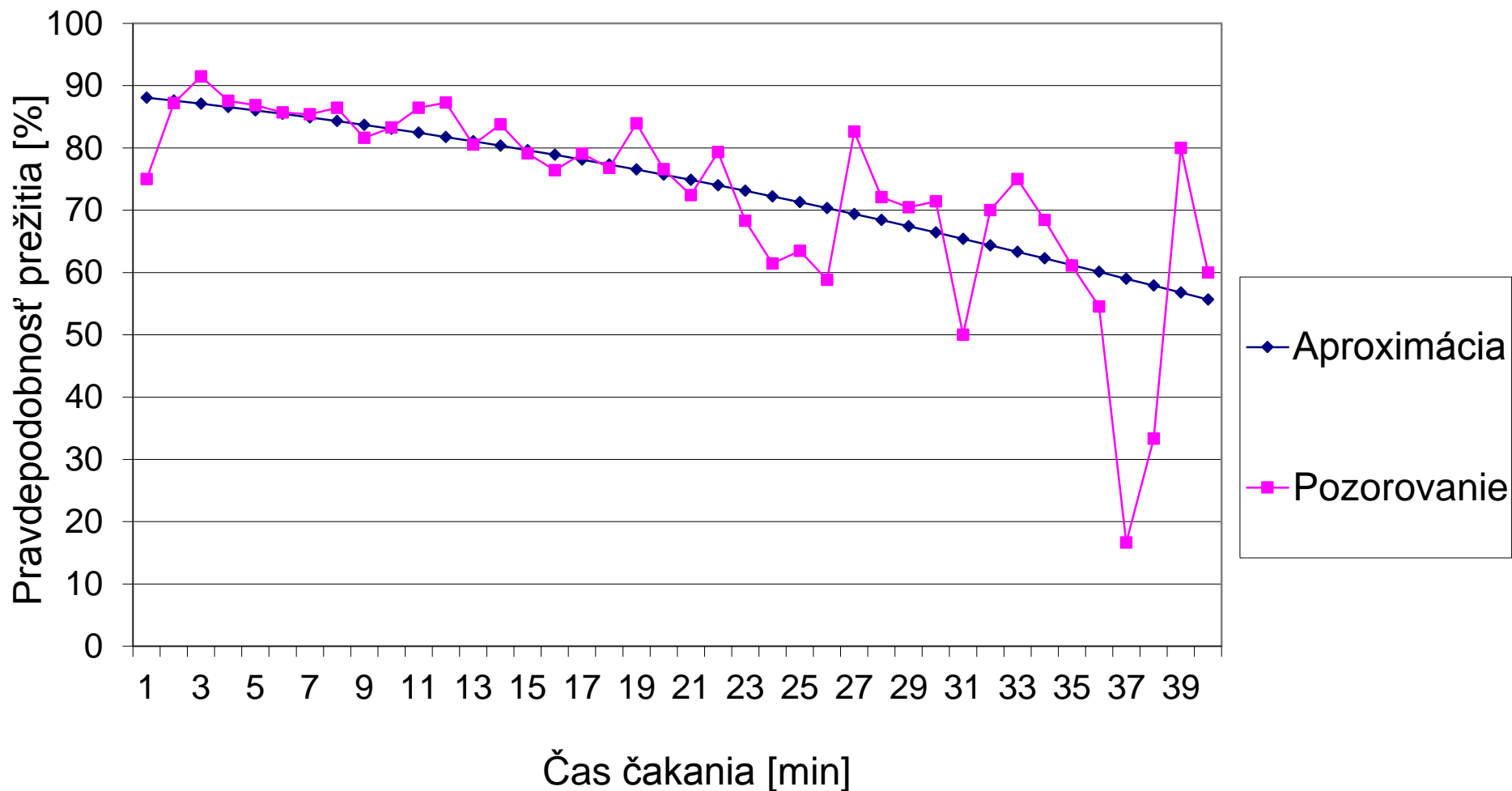
- Počet primárnych výjazdov poklesol o 14,5 %, počet sekundárnych výjazdov poklesol o 35 %.
- Výjazdy obsluhuje DZS.

Ukazovateľ	Aktuálne	Po zmene	Rozdiel
Priemerný čas čakania pacienta [min]	11:43	11:09	-0:34
Priemerný čas čakania pacienta s diagnózou z kvintetu [min]	11:33	11:02	-0:31
Priemerný čas čakania pacienta s inou diagnózou [min]	11:47	11:11	-0:36
Podiel pacientov s časom čakania do 15 minút [%]	74,1	77,1	3,0
Podiel pacientov s časom čakania do 20 minút [%]	88,3	90,3	2,0
Podiel pacientov s časom čakania do 25 minút [%]	94,6	95,8	1,2
Podiel pacientov s časom čakania do 30 minút [%]	97,4	98,1	0,7
Podiel pacientov s časom čakania nad 30 minút [%]	2,6	1,9	-0,7

Pravdepodobnosť prežitia pre pacientov s diagnózou kvintet 5

- Podiel pacientov s diagnózou **kvintet 5** (diagnózy I46, R95, R96, R98, I49.0, R40) na celkovom počte pacientov (Falck, 2015): **4,71 %**.
- Počet pacientov na Slovensku s diagnózou kvintet 5:
23 289

Pravdepodobnosť prežitia pre pacientov s diagnózou kvintet 5



Pravdepodobnosť prežitia pre pacientov s diagnózou kvintet 5

- Pri skrátení času čakania o 31 sekúnd sa pravdepodobnosť prežitia zvýši o 0,343 %, čo znamená, že
- ročne sa na Slovensku zachráni o 80 ľudí viac.

Predpoklady pre optimalizáciu

- Počet staníc sa nezmení (273).
- V obciach, kde je dnes viac staníc, ponecháme aspoň jednu stanicu.
- Zachováme typ stanice (RZP, RLP).
- Zákazník je obec, váha zákazníka je počet obyvateľov obce.
- Kritérium: minimalizovať priemernú vzdialenosť obyvateľa k najbližšej stanici.

Matematický model optimalizačnej úlohy

Označenie:

I množina možných umiestnení staníc

J množina obcí

p počet staníc, ktoré možno premiestniť

d_{ij} vzdialenosť z miesta i do miesta j

b_j počet obyvateľov obce j

Matematický model optimalizačnej úlohy

Premenné v zápise úlohy predstavujú rozhodnutia, ktoré má manažér urobiť.

Lokačné premenné: $y_i = \begin{cases} 1 & \text{ak v mieste } i \text{ bude stanica} \\ 0 & \text{inak} \end{cases}$

Alokačné premenné:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{ak obec } j \text{ je pridelená stanici } i \\ 0 & \text{inak} \end{cases}$$

Matematický model optimalizačnej úlohy

minimalizujte $\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} b_j d_{ij} x_{ij}$

za podmienok $\sum_{i \in I} x_{ij} = 1$ pre $j \in J$

$x_{ij} \leq y_i$ pre $i \in I, j \in J$

$\sum_{i \in I} y_i = p$

$x_{ij}, y_i \in \{0,1\}$ pre $i \in I, j \in J$

Výsledky optimalizácie

- 168 staníc zostáva na mieste
- 105 staníc (38 %) zmení sídlo

Ukazovateľ	Aktuálne	Optimálne	Rozdiel
Priemerný čas čakania pacienta [min]	11:43	11:06	-0:37
Priemerný čas čakania pacienta s diagnózou z kvintetu [min]	11:33	10:54	-0,39
Priemerný čas čakania pacienta s inou diagnózou [min]	11:47	11:10	-0,37
Podiel pacientov s časom čakania do 15 minút [%]	74,1	77,8	3,7
Podiel pacientov s časom čakania do 20 minút [%]	88,3	90,0	1,7
Podiel pacientov s časom čakania do 25 minút [%]	94,6	95,3	0,7
Podiel pacientov s časom čakania do 30 minút [%]	97,4	97,7	0,3
Podiel pacientov s časom čakania nad 30 minút [%]	2,6	2,3	-0,3