

Tvorba matematických modelů – shrnutí za druhé monitorovací období

Při popisu realizace této aktivity platí, že je nutno popis tematicky rozdělit na dvě části, protože výstupem jsou dva modely a to model matematický (optimalizační) a simulační.

Charakteristika vytvořeného matematického (optimalizačního modelu)

Matematický model slouží pro návrh optimálního geografického rozmístění stanic ZZS tak, aby se maximalizovala dostupnost služby a minimalizoval dojezdový čas pro pacienty v kritickém a naléhavém stavu. Vytvořený matematický model popisuje řešený problém pomocí matematických vztahů. Řešením matematického modelu je získán návrh rozmístění stanic ZZS. V praxi se kvalita systému ZZS hodnotí podle více faktorů, v matematickém modelu bylo nutno zvolit jedno hlavní optimalizační kritérium. Za toto hlavní kritérium je považován průměrný čas dojezdu prvního vozidla ZZS k pacientovi. V modelu je dále pracováno s následujícími předpoklady:

- K pacientovi je vysláno geograficky nejbližší volné vozidlo ZZS.
- V modelu se nerozlišují typy výjezdových posádek vozidla ZZS.
- Počet vozidel ZZS je předem znám.
- Jedna stanice ZZS může zahrnovat několik vozidel (posádek) ZZS.
- Není uvažován stochastický charakter obsluhy a kapacitní možnosti jedné posádky vozidla ZZS, která může za den realizovat pouze omezený počet výjezdů (toto je, zejména ve velkých městech, kompenzováno na základě reálného počtu výjezdů dopředu stanoveného počtu posádek ZZS, které musí být v daném městě umístěny).
- Počet posádek ZZS může být v modelu fixován, když si to vyžadují zkušenosti se stávajícím rozmístěním.

Vytvořený matematický model nabízí možnost dále zobecnit pro heterogenní region (kraj) tvořený z různých oblastí, které se navzájem liší v hodnotách pravděpodobností, s jakými bude k zásahu přivoláno první, druhé atd. geograficky nejbližší vozidlo ZZS. Matematický model je rovněž doplněn o požadavek zabezpečení dostupnosti služby do definovaného časového limitu pro definovanou část populace, což je požadavek, který se běžně vyskytuje ve standardech kvality ZZS.

Pokud by v matematickém modelu došlo k zohlednění všech reálných skutečností (zejména stochastického charakteru všech procesů, které v reálném systému probíhají – náhodný vstupní tok tísňových volání, doby trvání jednotlivých procesů, stav pacienta, který ovlivňuje potřebu přepravy do nemocnice a volbu cílové nemocnice, modelování dopadů realizace změn v rozmístění stanic ZZS v reálných podmínkách apod.), byl by model natolik složitý, že by nebylo

možno jej analyticky vyřešit. K tomuto účelu potom slouží druhý vytvořený model a to model simulační.

Simulační model

Simulační model slouží k ověření získaných výsledků získaných matematickým modelem a vyhodnocení vlivu změn v reálných podmínkách. Byl vytvořen mikroskopický agentově orientovaný simulační model, který co nejvěrněji modeluje, jak je řízen systém ZZS v Žilinském samosprávném kraji a Moravskoslezském kraji, a jaké procesy v něm probíhají. Každé náhodné trvání aktivit v simulačním modelu je modelováno empirickým rozdělením pravděpodobnosti, které vychází z analýzy relevantních dat, čímž je zajištěna maximální přesnost modelovaných procesů.

Simulační model využívá zpracovaná vstupní data v následujícím rozsahu:

- Vývoj počtu výjezdů za 24 hodin slouží k určení průměrné doby, která uplyne mezi dvěma tísňovými voláními.
- Výsledky analýzy věkové struktury pacientů jsou využity při generování věku pacienta, věk pacienta se v simulačním modelu používá k určení diagnózy a nemocnice, do které bude pacient převezen (některé nemocnice přijímají pouze dospělé pacienty, některé pouze děti).
- Na základě věku se určuje stav pacienta, k tomu se používá rozdělení pacientů podle stavu a věku, procentuální rozdělení se používá ke generování stavu pacienta.
- Prostorové rozložení pacientů je provedeno na základě GPS dat pacientů, tyto GPS záznamy jsou nejprve agregovány do čtverců vhodné velikosti (např. 500x500 metrů – proto není nutné mít k dispozici přesné souřadnice) a následně mohou být zohledněny při generování vyšší incidence pacientů v dané oblasti, v rámci každého čtverce je zcela náhodně generována přesná poloha pacienta.
- Řízení přidělování vozidel ZZS jednotlivým zásahům je základním prvkem simulačního modelu – adekvátně nastavené řízení může pomoci zlepšit fungování celého systému, simulační model nebere v úvahu možnost zrušení výjezdu vozidla a vyslání dalšího (bližšího) uvolněného vozidla k pacientovi, vozidlo je na cestě do stanice vždy považováno za volné a lze jej kdykoli přiřadit jinému pacientovi, na základě analýzy vstupních dat je určeno, kteří pacienti budou převezeni do nemocnice, při přidělování vozidla se bere v úvahu také stav pacienta.
- Pohyb vozidel ZZS se provádí po dostupné silniční síti, digitální silniční síť byla získána z databáze OpenStreetMap (OSM), což jsou volně dostupná geografická data.
- Veškeré doby trvání jednotlivých aktivit jsou získány z dat o jednotlivých zásazích, z dodaných dat byla provedena analýza času potřebného k ošetření pacienta na místě podle diagnózy a typu posádky.
- Na základě dodaných dat byla zpracována analýza doby potřebné pro předání pacienta ve zdravotnickém zařízení (pobyt vozidla v zařízení), pro každé ze zdravotnických zařízení je stanoveno jeho empirické rozdělení pravděpodobnosti, které modeluje dobu potřebnou k odevzdání pacienta v nemocnici.

Simulační model poskytuje několik statistických vyhodnocení, která budou pro každý experiment dodána ve formě sešitu MS Excel. Za čekací dobu pacienta se považuje doba od přijetí tísňového volání do příjezdu první posádky na danou adresu.

Čas příjezdu je doba od vydání pokynu k odjezdu posádky do příjezdu posádky na adresu (s pacientem již může být jiná posádka), započítává se tedy i čas příjezdu ostatních posádek. Čas s pacientem je čas strávený vozidlem s pacientem (včetně případné přepravy do nemocnice). Doba obsazení pacienta je doba, po kterou je vozidlo zablokováno pacientem (zahrnuje také dobu jízdy k pacientovi, případně přepravu do nemocnice a dobu potřebnou k předání pacienta). Čas trvání výjezdu vozidla je doba, po kterou je vozidlo mimo stanici (během této doby může sloužit několika pacientům).