

Vysoké Učení Technické v Brně



Model sítě hasičských stanic

Autor: Jan Pawlus, xpawlu00@stud.fit.vutbr.cz

Autor: Zdeněk Studený, xstude21@stud.fit.vutbr.cz

Obsah

1	Úvod	1
1.1	Autoři a zdroje informací	1
1.2	Ověření validity modelu	1
2	Rozbor tématu a použitých metod/technologií	1
2.1	Rozbor tématu a zjištěná fakta	1
2.2	Popis použitých metod/technologií	2
2.3	Popis původu použitých metod/technologií	3
3	Koncepce	3
3.1	Rozmístění stanic	3
3.2	Generování požáru a zabránění stanic	4
3.3	Veličina intenzity	4
3.4	Výpočet růstu intenzity a škod	4
3.5	Fronta s požáry	5
4	Architektura simulátoru	5
4.1	Mapování abstraktního modelu do simulačního	5
5	Podstata simulačních experimentů a jejich průběh	6
5.1	Postup experimentování	6
5.2	Extrémní počty stanic a hasičských aut	6
5.3	Vliv rozmístění stanic/aut	7
5.4	Snižování počtu hasičských aut/stanic modelu ZK	7
5.5	Přidávání hasičských stanic do modelu ZK	9
5.6	Ideální rozmístění hasičských stanic ve ZK	9
6	Závěr	10

1 Úvod

V této práci je popsáno modelování sítě hasičských stanic ve Zlínském kraji, jehož výsledky budou použity pro sestavení ekonomické efektivity jednotlivých stanic vůči množství škod způsobenými požáry. Na základě modelu a simulačních experimentů bude ukázáno chování systému sítě stanic a požárů v běžných podmínkách a také při odebrání, přemístění nebo přidání dalších hasičských stanic do sítě. Smyslem experimentů je demonstrovat optimální rozmístění a počet hasičských stanic tak, aby součet nákladů na provoz stanic a škod z požárů byl co nejmenší v určitém časovém výhledu několika let. Model zohledňuje četnost požárů v jednotlivých částech Zlínského kraje a různé intenzity požáru tak, aby četnost, škody a zatížení odpovídaly statistikám Hasičského záchranného sboru České republiky pro Zlínský kraj (dále jen HZS ČR ZK).

1.1 Autoři a zdroje informací

Autoři

Jan Pawlus, Zdeněk Studený.

Zdroje informací

- [1] HZS Zlínského kraje: *Hasičské ročenky*. hzscr.cz. [online]. 6. 12. 2016. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/hzs-zlinskeho-kraje.aspx>
- [2] Leoš Matějčík: *Ústní sdělení*. HZS Zlínského kraje. 2016.

Data byla čerpána z oficiálních statistik HZS ČR, především z ročních statistik za posledních 5 let ve Zlínském kraji. Informace ze statistik a činnost hasičů byly dále konzultovány s Leošem Matějčíkem (vrchní inspektor zlínské stanice). Ten poskytl cenné pohledy do fungování a ekonomické stránky hasičských stanic a průběhu požárů.

1.2 Ověření validity modelu

Ověření validity probíhalo na modelu aktuální sítě hasičských stanic ve Zlínském kraji, kde se porovnávaly roční výstupy modelu s reálnými statistikami požárů HZSČRZK. Autoři se zaměřili především na četnost požárů a škody způsobené požáry. Dle statistik požáry nevznikají v pravidelných intervalech a tak se model se statistikami porovnával volně, porovnávaly se roční průměry, minima, maxima modelu a jejich rozložení v jednom roce. Validita modelu je ověřena tím, že výstupy modelu a ročenek odpovídají.

2 Rozbor tématu a použitých metod/technologií

2.1 Rozbor tématu a zjištěná fakta

Pro modelování bylo nutné nastudovat reálný model hasičských stanic ve Zlínském kraji. HZS ČR ZK fungují pod správou České republiky a jejich hlavním úkolem je chránit životy a zdraví obyvatel, životní prostředí, zvířata a majetek před požáry a jinými mimořádnými událostmi a krizovými situacemi (živelné pohromy apod.).

Požáry činí zhruba 16 % ze všech výjezdů hasičů [1], tento model tedy v tomto není úplně validní, jelikož zohledňuje práci hasičů pouze s požáry. Ve Zlínském kraji se nachází 13 stanic, které se liší hlavně v tom, kolik hasičských aut může ze stanice vyjet k požáru. Například Zlínská stanice disponuje třema auty, Kroměřížská, Uherskohradištská, Kroměřížská a Vsetínská dvěma a zbytek jsou menší stanice, ze kterých může vyjet pouze jedno auto.[2]

Požáry v kraji nevznikají náhodně, ale mají určitý pravděpodobnostní výskyt založený hlavně na hustotě populace v dané lokalitě (s tím je spojeno rozmístění stanic a počet aut ve stanicích).[1] K vzniklému požáru (který vzniká v průměru jednou za 733 minut [1]) může vyjet různý počet aut na základě intenzity. Intenzita požáru stoupá, dokud nepřijede dostatečný počet aut. Následuje hašení a návrat aut do svých stanic.[2]

Z ekonomického pohledu se stanice liší v počtu aut, které mohou nezávisle na sobě vyjíždět k požárům. Posádka ke každému takovému vozu musí být složena z 5 hasičů, což dává s třísměnným nepřetržitým provozem 15 hasičů pro stanici s jedním autem, 30 pro stanici se dvěma auty atd. Superhrubá průměrná mzda hasiče je 37 520 Kč měsíčně a náklady na údržbu stanice asi 2 miliony ročně (tento výdaj se liší pro počet aut ve stanici v daném kontextu minimálně, je možné jej tedy s určitou mírou abstrakce ponechat konstantní).[2] Pomocí těchto údajů lze spočítat roční výdaje pro každou stanici.

Výstavba nové stanice vyjde na zhruba 25 milionů Kč a pořizovací cena techniky pro schopnost výjezdu s jedním autem na 7,5 milionů Kč.[2]

Hasičské auto vyjíždí nejpozději 2 minuty od vyhlášení poplachu a jezdí s průměrnou rychlostí 45 km/h. Doba hašení se liší na základě intenzity požáru. Nejméně intenzivní požáry jsou uhašeny za desítky minut, ty nejintenzivnější až za desítky hodin. Po uhašení musí přijet každé vozidlo zpět do stanice, kde musí načerpat vodu a doplnit kyslík do přístrojů. To trvá 25 - 35 minut.[2]

2.2 Popis použitých metod/technologií

K modelování byl použit jazyk C++ s knihovnou SIMLIB. Knihovna SIMLIB se ukázala jako ideální prostředek, jelikož abstrahované prvky modelu odpovídají prvkům implementovaným v této knihovně. Kupříkladu hasičská stanice se jeví jako ideální objekt třídy `Facility`, požár zase objekt typu `Process`. Dále bylo nutné využít datovou strukturu `Queue`, které dovolí řadit jednotlivé procesy do fronty podle jejich priorit. Pokud je tedy vhodné využít SIMLIB, autor nemá jinou možnost, než si vybrat jazyk C++, jehož další výhody jsou například práce s datovými strukturami typu `std::vector`. `Vector` byl užitečnou strukturou pro ukládání jednotlivých hasičských stanic, protože bylo nutné stanice řadit podle vzdálenosti k určitému bodu. Ve strukturování samotného kódu sloužily jako inspirace příklady z předmětu IMS, díky kterým bylo jednodušší udržet správnou formu simulačního programu. Nástroj Wolfram Alpha byl použit pro zjištění vzorců pro výpočet času hašení z reálných statistik tak, aby čas hašení v modelu kopíroval realitu.[1]

2.3 Popis původu použitých metod/technologií

C++ : bylo využito jazyka C++ a funkcí standardní knihovny, jako `std::sort` pro řazení stanic, `std::vector` pro kolekci `Facilities`, funkce `sqrt` pro odmocninu a `pow` pro mocninu (euklidovská vzdálenost dvou bodů), v neposlední řadě obvyklé konstrukce typu `if`, `switch`, `while` nebo `for`.

SIMLIB (GNU LGPL) : z knihovny SIMLIB byly použity třídy `Facility`, `Process`, `Queue`. Dále funkce `Random()`, `Exponential()` a `Uniform()` pro generování pseudonáhodného čísla a `Wait()` pro čekání.

Wolfram Alpha : zjištění funkce, jejíž průběh znázorňuje závislost doby hašení na intenzitě požáru.

SIMLIB příklady : příklady užití knihovny SIMLIB.

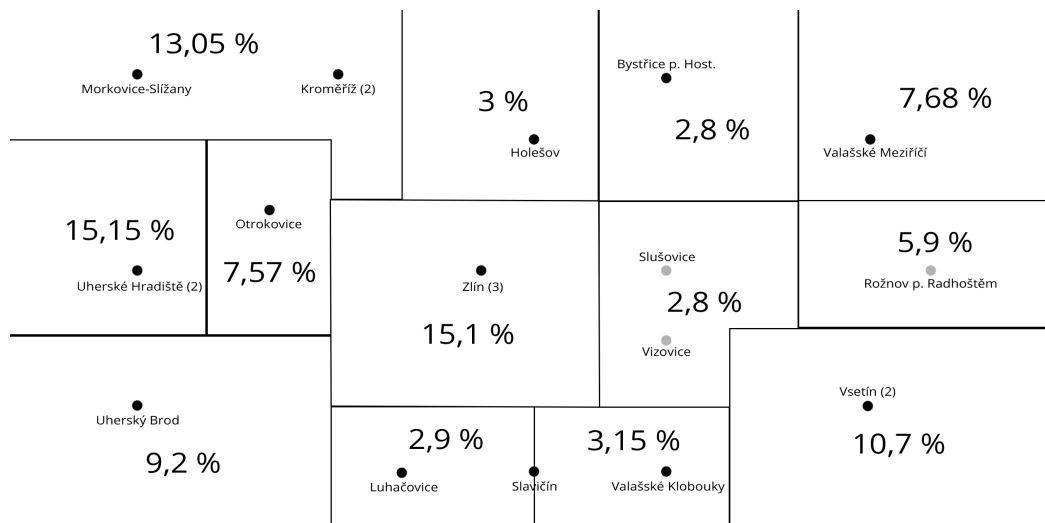
3 Koncepce

3.1 Rozmístění stanic

Pro zjištění četnosti požárů a rozsahu škod jimi způsobenými se využívalo statistik HSZ ČR ZK.[1] Jelikož požáry nevznikají pravidelně, a autoři chtěli zabránit zkreslení statistik, byla použita data z roků 2010–2015. Použitím pouze jedné ročenky by se mohlo zdát, že požáry vznikají v letních měsících více, nemusí tomu však tak být.

Jelikož je model určený pro Zlínský kraj, nevznikají požáry po celém území se stejnou pravděpodobností. Dle mapy s počty požáry v jednotlivých krajích v ročence HSZ ČR ZK[1] je model upravený tak, aby četnost požárů na určitých místech kopírovala danou mapu. Při četnosti autoři opět ověřili data z roku 2010–2015. Vznikla obdélníková mapa, která abstrahuje okrsky Zlínského kraje (vzdálenosti jsou v metrech tak, aby velikost odpovídala rozloze Zlínského kraje - dále jen ZK).

Obrázek 1 – Mapa okrsků ve ZK, pravděpodobnosti výskytu požáru. Černé tečky znázorňují stanice v reálném a abstraktním modelu ZK, šedé potenciálně nové stanice v abstraktním modelu, se kterým se prováděly experimenty.



3.2 Generování požáru a zabránění stanic

Architektura modelu pracuje s generátorem procesů požáru, s kolekcí stanic a se třemi frontami, ve které čekají jednotlivé požáry na uhašení, pokud není k dispozici ani jedna stanice. Veškerý děj hoření a hašení se odehrává v procesu požáru. Generátor vytvoří nový požár o určité intenzitě na základě pravděpodobnosti výskytu dané intenzity. Pokaždé, když je vygenerován požár, pravděpodobnostní funkce nastaví jeho lokalitu, která se odvíjí od reálných dat ve Zlínském kraji.[1]

Stanice jsou seřazeny pro každý požár podle euklidovské vzdálenosti dvou bodů. Tento faktor je hodně abstraktní, jelikož mapu silnic by bylo velmi těžké implementovat, stejně tak průměrnou průjezdnost na mapě. Proces požáru se poté pokusí zabrat tolik nejbližších stanic, kolik požaduje intenzita. Pokud není dostupný požadovaný počet stanic, požár se zařadí do jedné z front (tři fronty pro tři stupně intenzity) a je pozastaven. Znovu se může spustit až tehdy, kdy jiný proces požáru skončí a uvolní zabrané stanice. V takové chvíli jsou fronty aktualizovány podle toho, jak dlouho požár ve frontě byl, a jak mu narostla za danou dobu intenzita.

3.3 Veličina intenzity

Pravděpodobně nejabstraktnějším prvkem a potenciální nevaliditou tohoto modelu je veličina intenzity požáru. Ta je zespodu omezena velikostí 100 a zvyšuje se na základě počtu přítomných aut u požáru. Jsou v ní sklobeny potenciální koeficient hodnoty objektu, který hoří, s určitou velikostí požáru. V ideálním modelu by byla intenzita rozdělena ještě do těchto dvou veličin/koeficientů, v zásadě je ale tento model postaven tak, aby výsledné škody průměrně korespondovaly s reálnými škodami. S každou další stovkou intenzita přeroste do další kategorie, což znamená, že k požáru musí přijet o jedno auto navíc. Do intenzity 199 stačí jedno auto, do 299 dvě auta apod.

3.4 Výpočet růstu intenzity a škod

Do doby, než k požáru přijede dostatečný počet aut, požáru roste intenzita a vznikají škody. Proto je nutné spočítat pro jednotlivé časové úseky, jak moc intenzita vzrostla, a jaké požár napáchal škody. Dle vzdálenosti stanice od požáru je možno spočítat, kdy přijede auto k požáru. Úsek hoření je tedy rozseknut podle toho, kolik aut už k danému požáru přijelo. Příklad - požár o intenzitě 300 začal v čase 100. První auto přijelo v čase 108, druhé v čase 115 a třetí v čase 120. Je tedy třeba úsek rozdělit na 3 části - v první části trvající 8 minut intenzita vzrostla o $cas \cdot 1$, v druhé části trvající 7 minut o $cas \cdot 0,6$ a ve třetí části trvající 5 minut o $cas \cdot 0,3$. Tento koeficient, jímž se násobí čas, je abstraktní hodnota, která ovlivňuje růst intenzity, a byl určen tak, aby výstup seděl reálným datům. Po těchto úsecích už intenzita neroste, protože přijela všechna potřebná auta a může se začít hasit. Stejně jako intenzita se musí počítat škoda vzniklá v dané části, a to vzorcem pro škody, který je popsán takto:

$$skoda = \frac{intenzita^{\frac{intenzita}{100}}}{84.3} \cdot 100 \cdot koeficient \cdot cas$$

kde *intenzita* je průměr počáteční a konečné intenzity v daném časovém úseku, *koeficient* je abstraktní koeficient vypočtený z počtu aut, které ještě u požáru chybí, a *cas* je délka úseku v minutách. Výsledek je v Kč. Vzorec byl získán metodou pokus-omyl tak, aby průměrně seděl na reálná data o škodách. Celková škoda je nakonec vygenerována pseudonáhodným generátorem čísel s exponenciálním rozložením *skoda* (**Exponential**(*skoda*)), tím je zaručena určitá náhoda ve škodách požárů.

Po příjezdu všech aut je nutné spočítat čas potřebný k hašení. Z informací poskytnutých Zlínskou hasičskou stanicí byl za pomoci nástroje Wolfram Alpha vytvořen vzorec, který odpovídá dobám hašení:

$$cas = 8.7715 \cdot e^{0.0122962 \cdot intenzita}$$

kde *intenzita* je výsledná intenzita, které požár dosáhl. Výsledek je v minutách. Čas potřebný k hašení tedy roste exponenciálně s intenzitou. Po uhašení se spočítají škody opět výše zmíněným vzorcem pro škody, auta odjedou do svých stanic a připraví se na další výjezdy.[2]

3.5 Fronta s požáry

Poněkud speciální situace nastává, pokud je vygenerován požár, ale není dostupný potřebný počet stanic k uhašení. V takovém případě si požár zabere volné stanice (auta k požáru jedou), zařadí se do jedné z front a je uspán. Probuzen je až jiným požárem, který uvolní stanici. Před probuzením ale musí proběhnout aktualizace front, kdy se prochází cyklem každá fronta a pokud hrozí, že se požár přehoupl za dobu strávenou ve frontě do další intenzity, je třeba spočítat nárůst intenzity a škody (stejným způsobem popsáním výše), a případně jej přesunout do fronty pro vyšší intenzity. Až poté je možno probudit požár s nejvyšší intenzitou. V takové situaci proces požáru pokračuje v logice zmíněné výše.

4 Architektura simulátoru

4.1 Mapování abstraktního modelu do simulačního

Simulační model využívá prvky dostupné v SIMLIBu a upravuje je k obrazu svému. Třída **Stanice**, která znázorňuje jednotlivé stanice, je odvozena od třídy **Facility** a přidává polohu stanice na mapě spolu s příznakem, zda se jedná pouze o posádku s autem, nebo o celou budovu s posádkou a autem. Tím se zajistí správné mapování škod - například pokud jsou ve Zlínské stanici tři auta, v modelu jsou tři objekty typu **Stanice** - jedna s posádkou, autem a budovou, a dvě pouze s posádkami a autem. Jednotlivé **Stanice** jsou uloženy v `std::vector`. Je také nutno zmínit, že simulační čas odpovídá vždycky minutám.

Třída **Pozar** dědí ze třídy **Process**, přidává metodu počítání škod a růstu intenzity za časový úsek, a atributy udávající čas, kdy požár vznikl, intenzitu požáru, škody, které požár vyvolal, a `std::vector<Stanice>`, který znázorňuje zabrané stanice k danému požáru. Dále model využívá tří front typu **Queue**, kde každá znázorňuje frontu pro požáry se stejnou kategorií intenzit.

Abstrakce příjezdu a odjezdu vozidel je řešena tak, že simulátor zavolá funkci **Wait()**, která čeká tolik minut, kolik trvá příjezd nejvzdálenějšímu autu (doba cesty sečtená se dvěma minutami potřebné k výjezdu). [2] Následně se mohou vypočítat škody a nárůst intenzity pro jednotlivé úseky. Po uhašení je nutné počkat, až přijedou všechna auta zpět do stanice a než se připraví na další potenciální výjezd. V procesu požáru je toto zajištěno tak, že se první počká 25 - 35 minut [2], než jsou auta připravena na další výjezd, a poté se v cyklu pro každé auto čeká rozdíl minut, kolik je třeba pro cestu zpět mínus počet minut, kolik se již čekalo pro předchozí auto (logika v kódu je tedy opačná, než v realitě, ale výsledek je stejný). Poté se uvolní daná stanice, proběhne aktualizace front s požáry a probudí se proces s nejvyšší intenzitou požáru, který si může ihned zabrat potřebnou stanici.

V odevzdaném kódu se počítá s modelem ZK (obrázek 1).

5 Podstata simulačních experimentů a jejich průběh

Cílem simulačních experimentů je zjistit, při jakém rozložení a množství hasičských stanic dochází k nejmenšímu součtu škod požárů a nákladů na provoz hasičských stanic. Předpokladem k tomuto experimentování bylo otestování modelu při reálném rozložení stanic a dosažení podobných výsledků.

5.1 Postup experimentování

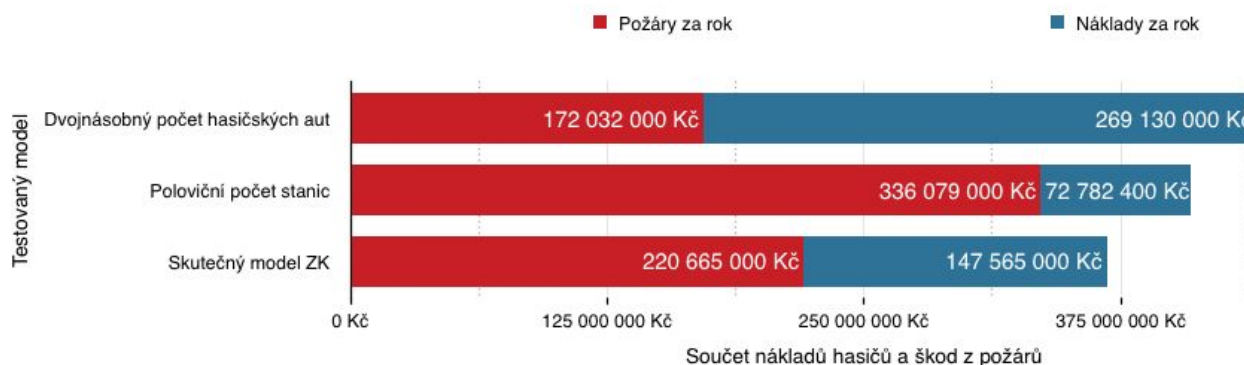
Pro experimentování s modelem se nejprve testovaly extrémní situace modelu, kdy bylo přidáno dvojnásobný počet stanic, nebo naopak jejich počet snížen na polovinu. Tyto experimenty přinesly špatné výsledky a tak bylo experimentování soustředěno více na úpravu skutečného modelu stanic. Zde bylo třeba otestovat dvě hlavní výkonnostní roviny, jednou je počet stanic a druhou jejich rozmístění. K modelu skutečnosti tak byly přidávány další stanice na základě četnosti požárů v okresech a vzdálenostmi mezi stanicemi. Jedním z experimentů tedy bylo ověřeno, kde bude vhodné postavit další hasičskou stanici.

Pro vyhodnocování byly využity spočítané roční náklady na provoz a údržbu stanic a roční škody požárů. Díky tomu bylo možné spočítat návratnost vybudování nové hasičské stanice. Škody požárů se každý rok liší a jejich roční průměr za poslední roky často navyšuje jeden velký požár, který se obvykle stane jednou za 3–5 let.[1] Jelikož model tuto skutečnost zohledňuje, u jednotlivých experimentů byl model spuštěn na 100 let, kde se poté škody požárů zprůměrovaly pro jeden rok. Jelikož se experimentování zaměřilo na dlouhodobý přínos stanic, který ovšem nemusí vést ke každoročním úsporám, zdál se tento přístup vhodný.

5.2 Extrémní počty stanic a hasičských aut

Tento úvodní experiment by měl ukázat, jak se pohybuje výše škod a nákladů, pokud se odebere polovina stanic a nebo pokud se naopak do každé stanice přidá jednu tolik stanic/aut.

Obrázek 2 – Extrémní počty hasičských stanic/aut



Graf výsledků této simulace ukázal, že aktuální skutečný model hasičských stanic ZK je ekonomicky výhodnější oproti extrémním modelům. Je však dobré si povšimnout, že i při dvojnásobném počtu hasičských vozů se nepodařilo snížit škody pod polovinu oproti reálnému modelu.

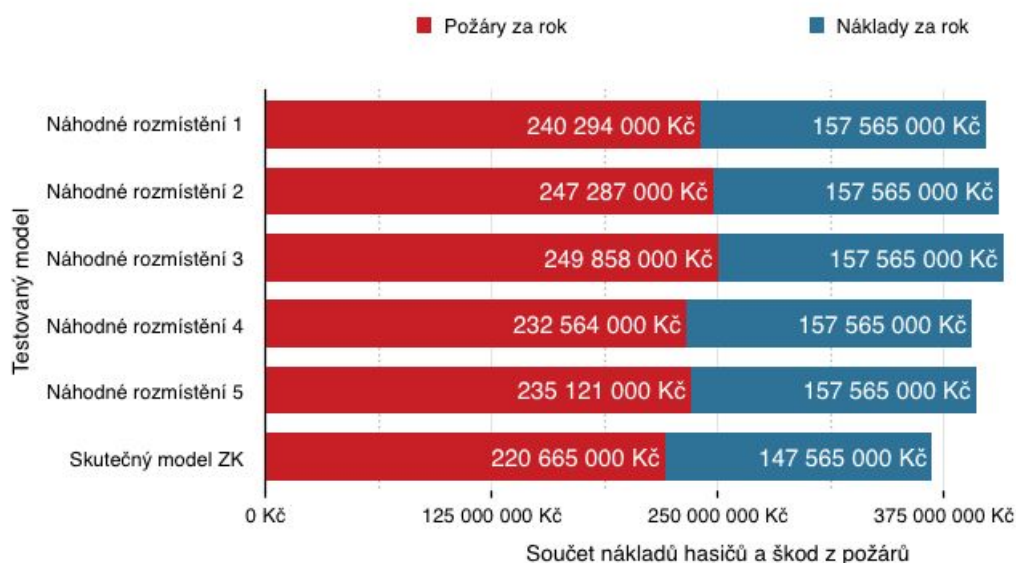
Škodu z požárů se podařilo snížit pouze na 78 % i přes dvojnásobné náklady na údržbu a provoz stanic. Z tohoto faktu se dá usoudit, že pokud se budou navyšovat počty hasičských vozů a stanic, bude vhodné tak činit v menším množství, než dvojnásobném. Ze zkoumání výsledků polovičního počtu stanic se ukázalo, že škody z požárů narostou do takové výše, až se úspory za stanice a vozy nevyplatí. Další experimentování tedy bude vycházet z hodnot aktuálního skutečného modelu, který se bude upravovat.

5.3 Vliv rozmístění stanic/aut

Další experiment by měl otestovat vliv správného rozmístění stanic na ekonomický dopad. Experimentem bude porovnán skutečný model s náhodným rozmístěním stanic na mapě. Dopad rozmístění stanic je důležitý, jelikož stanice mohou mít více hasičských aut, a stanice s větším počtem aut jsou na jedno auto jsou ekonomicky výhodnější, než stanice s jedním autem.

Můžete si také všimnout, že náklady pro náhodné rozmístění jsou vyšší, než u skutečného modelu. To je způsobeno faktem, kdy ve skutečném modelu mají některé stanice více aut a tím se snižují jejich náklady na provoz jednoho vozidla, zatímco u náhodného rozmístění má každá stanice auto jedno vozidlo.

Obrázek 3 – Vliv rozmístění stanic/aut

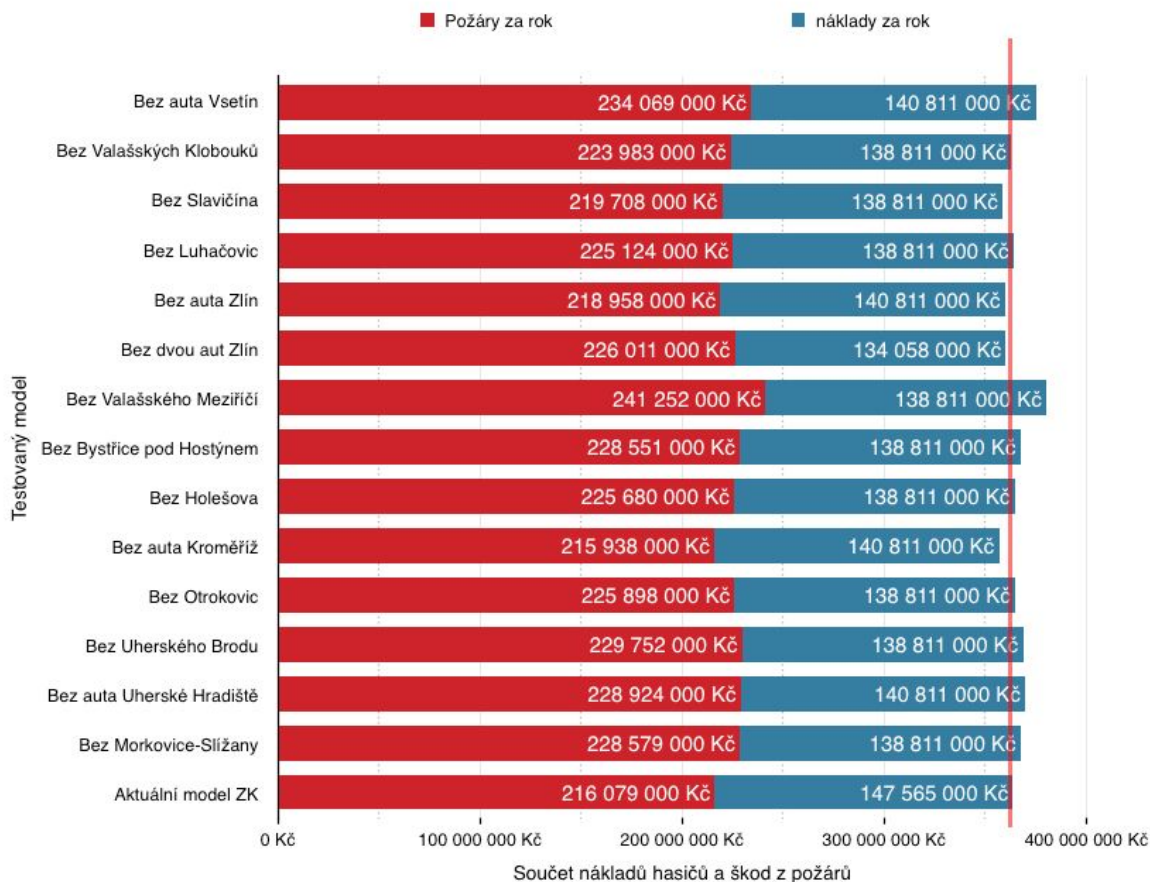


Graf ukazuje, že výkonnost reálného modelu hasičských stanic ZK je výhodnější a má vliv na škody způsobené požáry. To je způsobeno především časem potřebným k příjezdu k požáru. Čím delší je čas příjezdu, tím více se intenzita požáru rozroste a působí větší škody. Výsledky říkají, že je opravdu kromě počtu hasičích vozů důležité i rozmístění jejich stanic po mapě a že rozmístění má velký vliv na ekonomický dopad.

5.4 Snižování počtu hasičských aut/stanic modelu ZK

Předešlé experimenty ukázaly důležitost rozmístění a počtu hasičských stanic, a také se ukázalo, že si současný počet stanic oproti extrémům vede dobře. V tomto experimentu šlo o to zjistit, zda by nebylo výhodné některou stanicí/auto zrušit. V modelu byly tedy postupně rušeny hasičské stanice nebo auta ve stanicích a zkoumal se dopad na výši škod.

Obrázek 4 – Snižování počtu hasičských aut/stanic modelu ZK



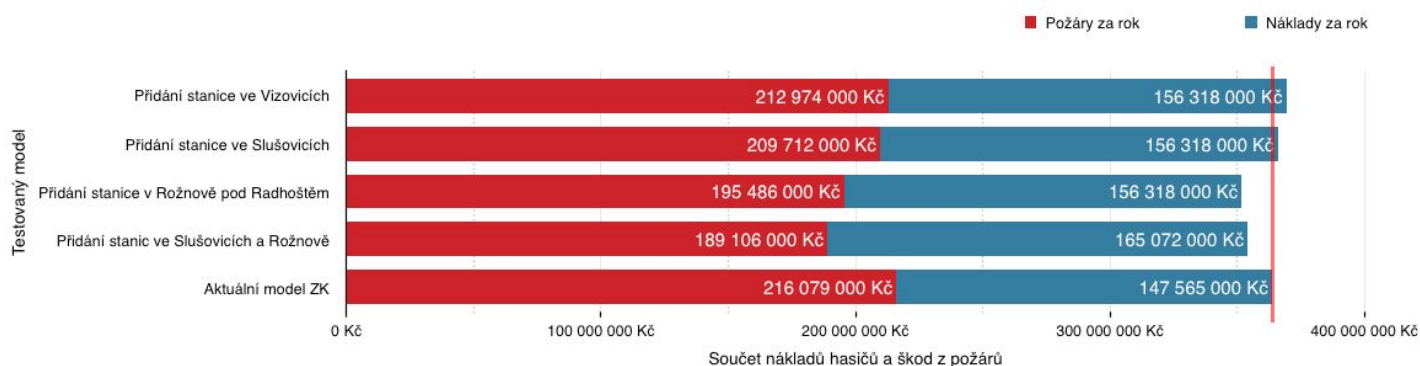
Z grafu lze vyčíst, že ve všech případech se zvedly průměrné roční škody, což se dalo předpokládat. Dá se tedy říct, že žádný z odebraných vozů nebyl úplně zbytečný. Avšak při pohledu na součet nákladů a škod si lze všimnout, že při odebrání hasičské stanice Slavičína a při odebrání aut ze Zlína a Kroměříže je součet škod a nákladů nižší, než u modelu ZK.

Zajímavá je především úspora při odstranění hasičské stanice ve Slavičíně, při jejím odstranění by došlo k roční úspoře 5 125 000 Kč. Její sporé využití se dá vysvětlit přítomností dalších hasičských stanic v jejím okolí (viz Příloha 1).

5.5 Přidávání hasičských stanic do modelu ZK

Předešlý experiment ukázal, že je možné snížit součet nákladů a škod a tedy je možné zlepšit model ZK. Tento experiment se zaměřil na přidávání nových hasičských stanic. Místo, kde by stanice měla být postavena, je vybráno dle rozestavení stanic na mapě (viz graf 1) tam, kde se poblíž žádná hasičská stanice nenachází. Při výběru nového místa je také zohledněn fakt, že požáry častěji vznikají v zalidněných oblastech, autoři tedy nové stanice umísťovali primárně do měst [1]. Tento model však skutečnost zalidnění úplně nezohledňuje, byla totiž získána data pouze o počtu požárů v jednotlivých okresech.

Obrázek 5 – Přidávání hasičských aut/stanic do modelu ZK

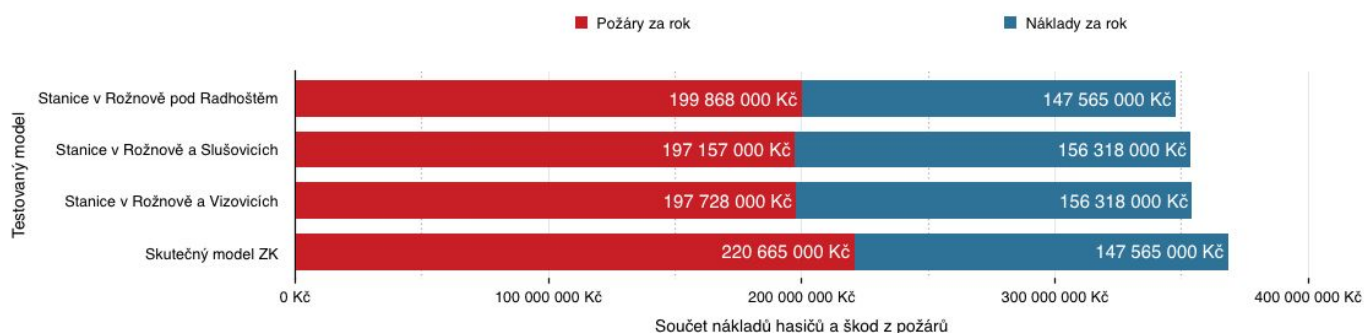


Výsledky experimentu ukazují, že stanice ve Vizovicích a Slušovicích by sice snížily škody z požárů, avšak jejich provoz a údržba bude větší, než škody ušetřené. Veliké snížení škod však způsobilo přidání stanice do Rožnova pod Radhoštěm. Díky této stanici by bylo možné ročně ušetřit 11 840 000 Kč. Pokud zohledníme fakt, že výstavba nové stanice stojí 32 500 000 Kč [2], potom se investice do této stanice vyplatí po 4 letech provozu.

5.6 Ideální rozmístění hasičských stanic ve ZK

V tomto experimentu jsou zohledněny všechny doposud získané informace. Díky zjištění experimentu snižování stanic (graf 4) je z testovaných modelů odebrána stanice Slavičín. Dále jsou postupně přidávány nové stanice z experimentu přidávání stanic (graf 5). Účelem je najít ideální rozmístění a počet stanic.

Obrázek 6 – Ideální rozmístění hasičských stanic ve ZK



Z grafu je zřejmé, že nejvýhodnější je situace, kdy je odebrána stanice ze Slavičina a přidána nová stanice do Rožnova pod Radhoštěm. V takovém případě tvoří průměrná roční úspora 20 797 000 Kč. V kombinaci s výdaji na novou stanici to znamená, že nové rozložení by úsporu přinášelo již po dvou letech.

6 Závěr

V rámci projektu vznikl nástroj, s jehož pomocí lze experimentovat s rozložením hasičských stanic či počtem aut ve stanicích Zlínského kraje. Validita modelu byla ověřena pomocí porovnání výstupu modelu se statistikami z ročenek [1], které spolu zhruba korespondují. Výsledky těchto experimentů přináší informace o výši celkových škod způsobených požáry a náklady na provoz hasičských stanic.

Z těchto výsledků lze vyčíst, že model sítě stanic Zlínského kraje je dobře nastavený, ale nejlepších výsledků je dosaženo při odstranění stanice ze Slavičina a otevření nové stanice v Rožnově pod Radhoštěm, do čehož jsou započítány i náklady na otevření této stanice. Za dva roky by taková situace začala být ekonomicky výhodná.