

Dokumentace k projektu z předmětu IMS

Řešení prohičbní krize v ĀR

10. května 2016

Autor: Vojtěch Bartl, xbartl03@stud.fit.vutbr.cz
Pavel Frýz, xfryzp00@stud.fit.vutbr.cz
Fakulta informačních technologií
Vysoké učení technické v Brně

Obsah

1 Úvod	2
1.1 Zúčastněné osoby	2
1.2 Validita modelu	2
2 Rozbor tématu a použitých metod/technologií	2
2.1 Popis použitých postupů, metod a technologií	3
3 Koncepce	3
4 Architektura simulačního modelu/simulátoru	4
4.1 Mapování abstraktního modelu do simulačního	4
5 Podstata simulačních experimentů a jejich průběh	4
5.1 Obecný popis experimentů	4
5.2 Prováděné experimenty	4
5.3 Závěry experimentů	7
6 Shrnutí simulačních experimentů a závěr	8

1 Úvod

V této práci je řešena implementace modelu, který je určen pro stanovení nákladů na testování alkoholu prováděných Státní zemědělskou a potravinářskou inspekcí. Smyslem experimentů je ověřit, jestli by se vyplatilo pořídit inspektorům Ramanův spektrometr, pomocí něhož by inspektoři testovali vzorky na místě inspekce a do laboratoře by se posílaly pouze podezřelé vzorky. Problém je zkoumán z hlediska nákladů na testy a časového vytížení laboratoře. Při pořízení spektrometrů bylo očekáváno snížení nákladů a zrychlení analýzy vzorků v laboratoři. V jednotlivých testech byl zkoumán vliv počtu spektrometrů na chování systému. Po zjištěných výsledcích byla do modelu přidána možnost umístění spektrometrů do laboratoří a stanovení nákladů s tímto nastavením.

1.1 Zúčastněné osoby

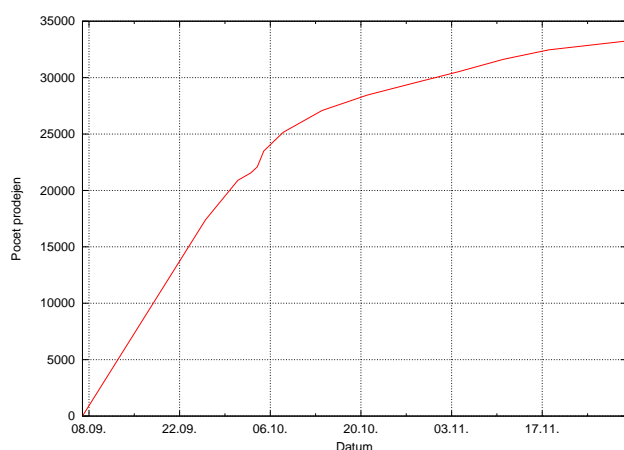
Autory projektu jsou Vojtěch Bartl a Pavel Frýz. K realizaci projektu dále přispěli Dr. Ing. Petr Peringer, který vysvětlil principy diskrétní simulace a uvedl základní znalosti potřebné pro řešení projektu a Ing. Martin Hrubý, Ph. D., který předvedl modelování systému hromadné obsluhy pomocí Petriho sítí a implementaci pomocí knihovny SIMLIB.

1.2 Validita modelu

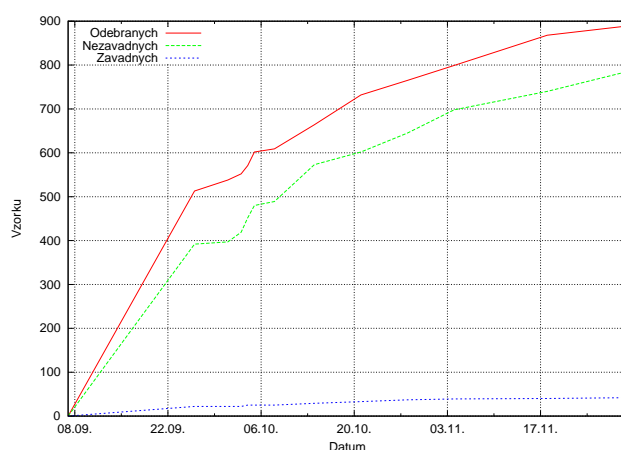
Chování modelu s počátečními hodnotami bylo prověřeno porovnáním výsledků s přepokládanými hodnotami, které byly získány z provedených kontrol Státní zemědělskou a potravinářskou inspekcí za období od 7. září do 30. listopadu 2012.

2 Rozbor tématu a použitých metod/technologií

V reakci na metanolovou aféru zvýšila Státní zemědělská a potravinářská inspekce počet kontrol alkoholu. V terénu provádí kontrolu všech 215 inspektorů. Pokud inspekce odhalí podezřelou lihovinu, okamžitě odebere vzorek k otestování [5]. Od 7. září do 30. listopadu 2012 bylo vykonáno 33 240 kontrol v prodejnách, u výrobců a v místech, kde se čepují rozlévané lihoviny, vývoj počtu zkontrolovaných prodejen v tomto období můžete vidět na obrázku 1a. V rámci kontrol odebrali inspektoři 889 vzorků. Po provedené analýze bylo 785 vzorků vyhovujících a 42 nevyhovujících, vývoj počtu viz obrázek 1b [4]. Analýza jednoho vzorku trvá přibližně půl hodiny [1, 10, 2]. Náklady za rozborů prováděné laboratořemi Státní zemědělské a potravinářské inspekce jsou dle ceníku 950 Kč [7]. Na území České republiky se nalézají 14 laboratoří s akreditací na stanovení obsahu metanolu. Z nichž 2 provozuje Státní a potravinářská inspekce [8].



(a) Počet kontrol



(b) Počet vzorků

Obrázek 1: Průběh inspekcí

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze vyvinula způsob, jak zjistit koncentraci metanolu, ke stanovení obsahu využívá Ramanův spektrometr. Metoda není v současné době certifikována. Náklady na otestování jednoho vzorku touto metodou vyjdou na desítky korun a trvají v řádu minut [9, 6]. Pořizovací cena Ramanova spektrometru je zhruba 0,75 milionu korun. [3].

2.1 Popis použitých postupů, metod a technologií

Systém [IMS 7/329] je převeden na abstraktní model [IMS 43/329]. Model je vyjádřen pomocí Petriho sítě [IMS 63/329] a následně je abstraktní model převeden na simulační model [IMS 46/329], simulační model je napsán v jazyce C++ s využitím knihovny SIMLIB. Implementační jazyk a knihovna byly zvoleny podle toho, že se jedná o systém hromadné obsluhy [IMS 139/329]. Implementace systému hromadné obsluhy užitím knihovny SIMLIB je snadná a byla nám doporučena v rámci demonstračních cvičení, které vedl Ing. Martin Hrubý, Ph. D.. Sledovanými vlastnostmi systému hromadné obsluhy bývá doba strávená v systému, čas čekání ve frontách a vytížení obslužných linek. Cílem systémů hromadné obsluhy bývá například optimalizace výkonu. V našem případě je obslužnou linkou laboratoř, která přijímá vzorky od inspektorů a provádí jejich analýzu.

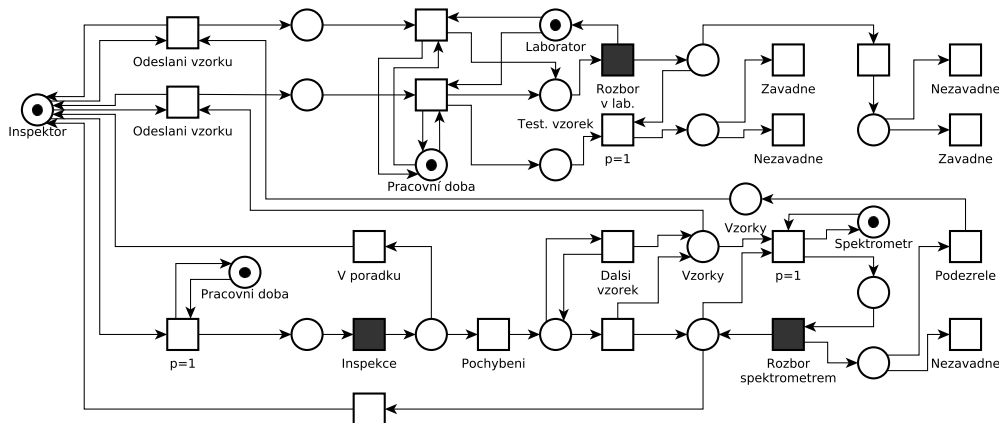
3 Koncepce

Inspektor provádí inspekce v prodejnách. V případě, kdy má inspektor Ramanův spektrometr, provede po skončení inspekce test odebraných vzorků. Odebrané vzorky posílá inspektor na konci svého pracovního dne do laboratoře. Předpokládáme pracovní dobu inspektora 8 hodin. Z počtu vykonaných inspekce za období 7. 9. – 30. 11. 2012, předpokládáme průměrnou dobu inspekce 4 hodiny. Předpokládáme odebrání vzorků z 1% prodejen, vycházíme z počtu provedených kontrol a odebraných vzorků, a z předpokladu odebrání více vzorků z jedné prodejny. Spektrometr si bere inspektor ze skladu před započítáním inspekce. Spektrometr vrací do skladu na konci své pracovní doby.

Laboratoř poté provádí testování vzorků a rozdělení na nezávadné a závadné. Předpokládáme, že laboratoř je v provozu 16 hodin denně. Předpokládána doba jednoho testu je průměrně 30 minut. Předpokládaný počet závadných vzorků je 5%, odvozeno z poměru nezávadných a závadných vzorků.

Na obrázku 2 je uvedeno zjednodušené schéma systému. Schéma zobrazuje práci inspektora, odbírání vzorků, případný rozbor vzorků pomocí spektrometru, odeslání vzorků do laboratoře a následnou analýzu v laboratoři. Vzorky jsou při odesílání inspektorem do laboratoře rozděleny podle toho jestli byly analyzovány spektrometrem.

Předpokládané náklady na rozbor vzorku v laboratoři činí 950 Kč, za rozbor vzorku spektrometrem 25 Kč, pořizovací cena spektrometru 750 000 Kč.



Obrázek 2: Schéma systému

4 Architektura simulačního modelu/simulátoru

K implementaci modelu byl použit jazyk C++ a knihovna SIMLIB. Program funguje jako konzolová aplikace. Překlad programu se provede příkazem `make`. Spuštění se provede příkazem `make run`, kdy se provede několik experimentů s různými parametry programu a výsledky se uloží do souborů, z dat výsledku lze vytvořit grafy příkazem `make plot`.

4.1 Mapování abstraktního modelu do simulačního

V programu byla implementována třídy `LabTimer` a `WorkTimer`, které řídí pracovní dobu inspektora, resp. provozní dobu laboratoře. Dále byla vytvořena třída `Inspektor`, jedná se o proces inspektora, provádí se v něm inspekce provozoven, odebrání vzorků inspektorem, případná analýza spektrometrem a odesílání vzorků do laboratoře. Třída `Laboratory` reprezentující laboratoř. Dále je implementována třída `Sample`, jedná se o proces řídící zpracování vzorku v laboratoři, provádí se v něm zabránění zařízení laboratoře, analýza vzorku a následné uvolnění zařízení.

5 Podstata simulačních experimentů a jejich průběh

5.1 Obecný popis experimentů

Následující experimenty se zabývají vlivem nastavení hodnot systému na náklady spojené s analýzou vzorků. Dále se zabývají počtem odebraných vzorků a dobou vzorků strávených v laboratoři do jejich vyhodnocení.

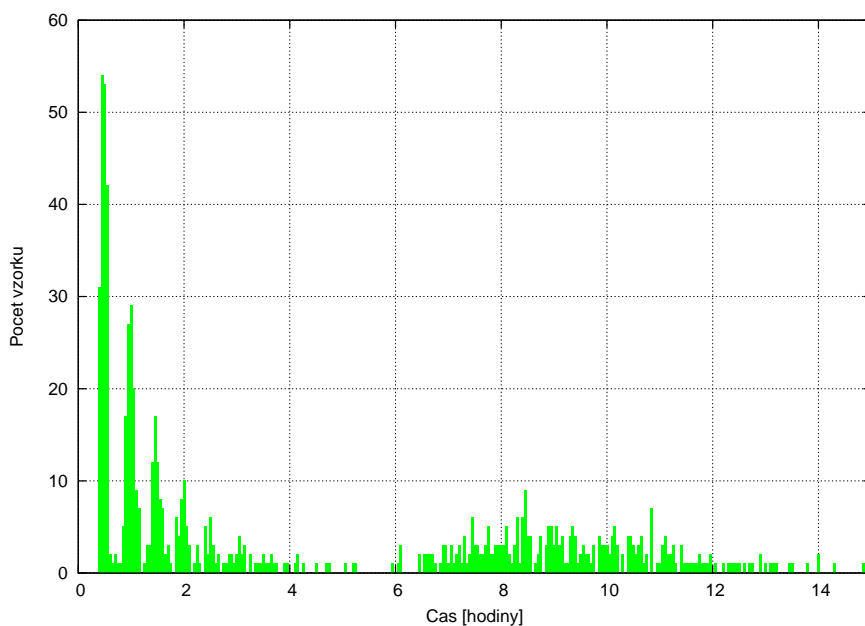
5.2 Prováděné experimenty

Chování systému s počátečními hodnotami

Počáteční hodnoty byly zvoleny, tak aby odpovídaly reálným hodnotám a mohli jsme porovnat výsledek s očekávaným výsledkem. Počet Inspektorů byl nastaven na 215, což je počet inspektorů SZPI, počet laboratoří byl nastaven na 2, podle počtu laboratoří vlastněných SZPI. Jelikož SZPI při testování nepoužívá Ramanův spektrometr, byl počet spektrometrů nastaven na 0. Doba simulace byla nastavena na 84 dní, tj. počet dní od 7. září do 30. listopadu 2012. Výsledek zatížení laboratoří můžete vidět na obrázku 3, který znázorňuje dobu, která byla potřeba od přijetí vzorku do laboratoře po ukončení jeho analýzy. Na grafu je vidět, že nejvíce vzorků je vyhodnoceno přibližně za 30 minut. Na grafu dále vidíme hroty vzdálené od sebe 30 minut. Které jsou způsobené přijetím více vzorku od jednoho inspektora a postupným zpracováním těchto vzorků. Klesající tendence hrotů kopíruje exponenciální rozložení počtu odebraných vzorků inspektorem. Od 7 hodin můžeme vidět nárůst počtu vzorků, jedná se o vzorky, které byli přijaty v době, kdy laboratoř nebyla v provozu. V tabulce 1 pak můžete vidět počet zkontrolovaných prodejen, odebraných vzorků, počet závadných a nezávadných vzorků a celkové náklady.

Prodejen	Vzorků	Závadných	Nezávadných	Náklady [Kč]
31 097	783	746	30	737 200

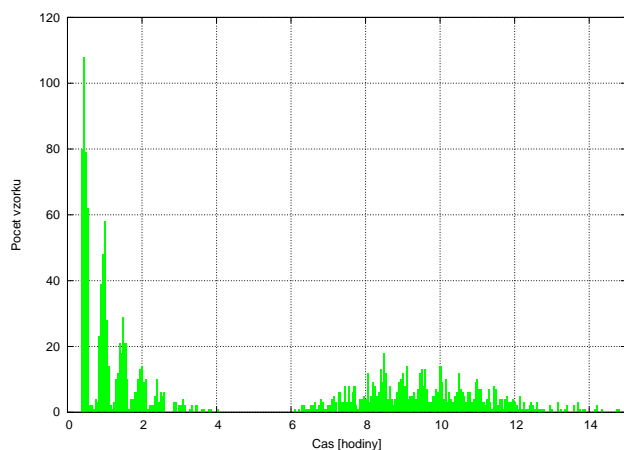
Tabulka 1: Výsledky systému s počátečními hodnotami



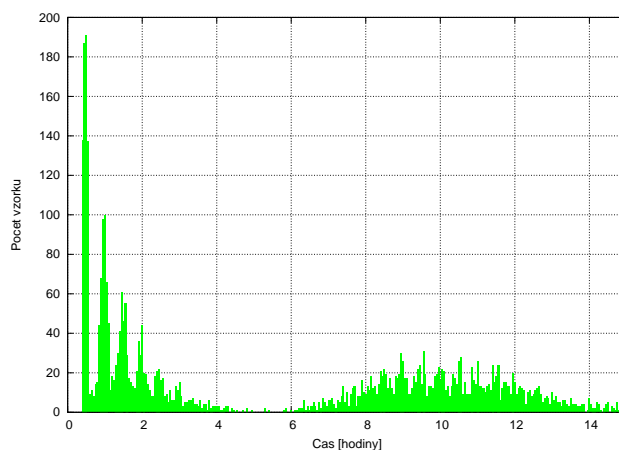
Obrázek 3: Zatížení laboratoře s počátečními hodnotami

Vliv počtu spektrometrů na chování systému

Následující experimenty se zabývaly vlivem počtu spektrometrů, které mají inspektoři k dispozici, na chování systému. Experimenty byly provedeny s počtem inspektorů 200 a 500, analýza vzorků probíhala v jedné laboratoři. Čas simulace byl nastaven na 180 dní. Počet spektrometrů byl nastaven na 0, 1/4 počtu inspektorů, 1/2 počtu inspektorů a pro každého inspektora jeden. Výsledek s nulovým počtem inspektorů můžete vidět na obrázcích 4a, 4b. Pokud výsledné histogramy porovnáme, vidíme, že jsou si velmi podobné, hlavním rozdílem je změna měřítka na ose y, histogram je také velmi podobný histogramu s původními hodnotami. Změna měřítka je způsobena změnou délky experimentu a počtem inspektorů, které má za následek vygenerování více vzorků k otestování.



(a) 200 Inspektorů



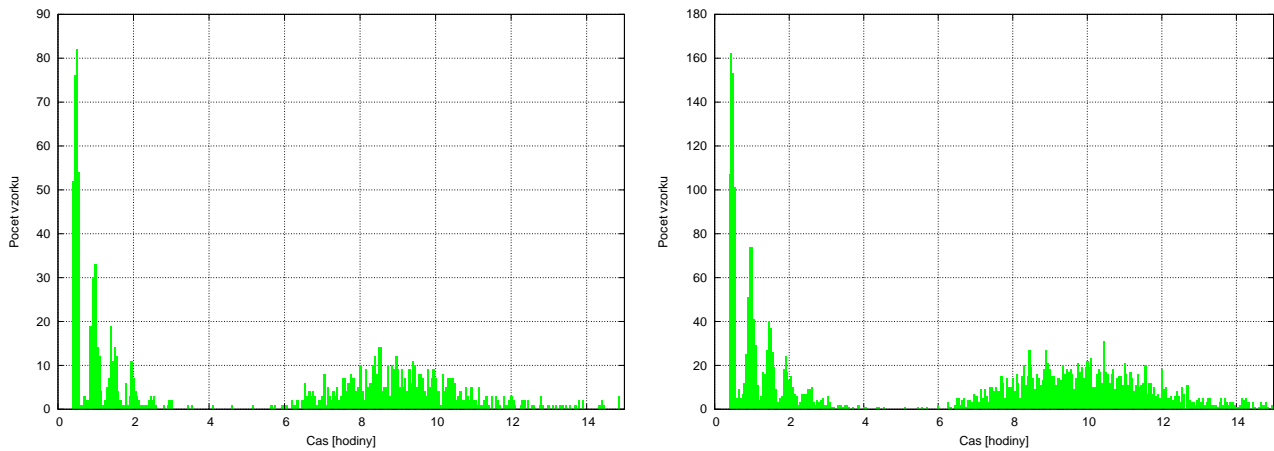
(b) 500 Inspektorů

Inspektorů	Prodejen	Vzorků	Závadných	Nezávadných	Náklady [Kč]
200	61 812	1 502	1 404	98	1 426 900
500	154 811	3 910	3 727	178	3 709 750

Obrázek 4: Výsledky systému s nula spektrometry

Na grafech 5a, 5b vidíme průběh při zakoupení spektrometrů odpovídající 1/4 počtu inspektorů, tj. 50 spektrometrů, resp. 125 spektrometrů. Oproti předcházejícímu případu, kdy inspektoři neměli

žádný spektrometr, vidíme na grafu úbytek vzorků, způsobený tím, že některé vzorky nejsou vůbec zaslány do laboratoře, jelikož jsou zkontrolovány na místě pomocí spektrometru. Dále můžeme vidět zvětšení poměru mezi jednotlivými hroty, nejlépe viditelné u prvního a druhého hrotu, způsobené tím, že inspektor neposílá tolik vzorků naráz.



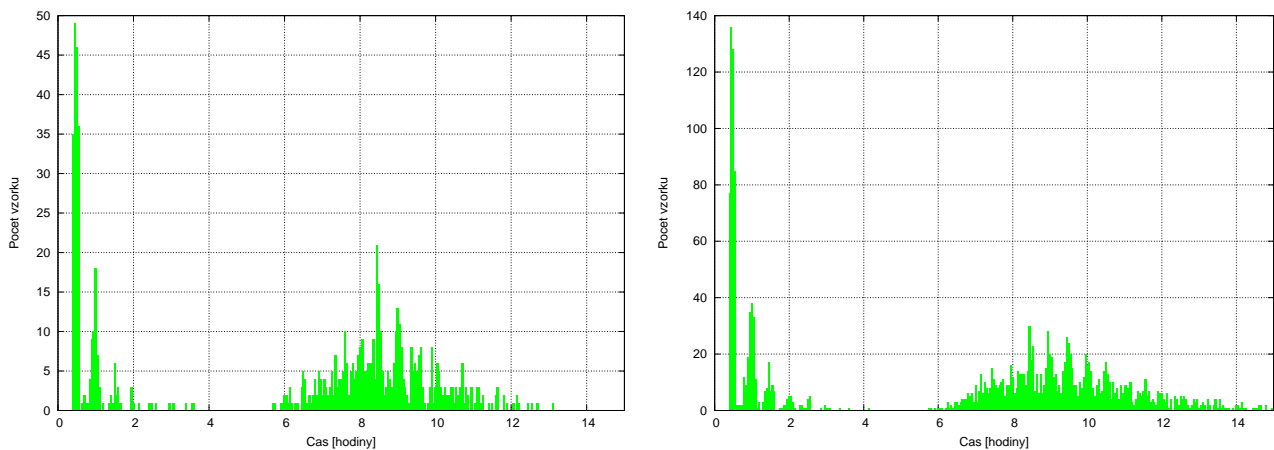
(a) 200 Inspektorů

(b) 500 Inspektorů

Inspektorů	Prodejen	Vzorků	Závadných	Nezávadných	Náklady [Kč]
200	61 761	1 537	1 468	69	38 597 725
500	154 771	3 777	3 584	184	96 593 000

Obrázek 5: Výsledky systému se čtvrtinou spektrometrů

Na grafech 6a, 6b můžeme vidět průběh při zakoupení spektrometrů odpovídající 1/2 počtu inspektorů. Změna jsou velmi podobné předcházejícímu případu. Došlo ještě většímu snížení vzorků a zvýšení poměru jednotlivých hrotů. Zajímavé je vystoupení hrotů v pozdějších hodinách, které na předchozích grafech nebyly tak výrazné.



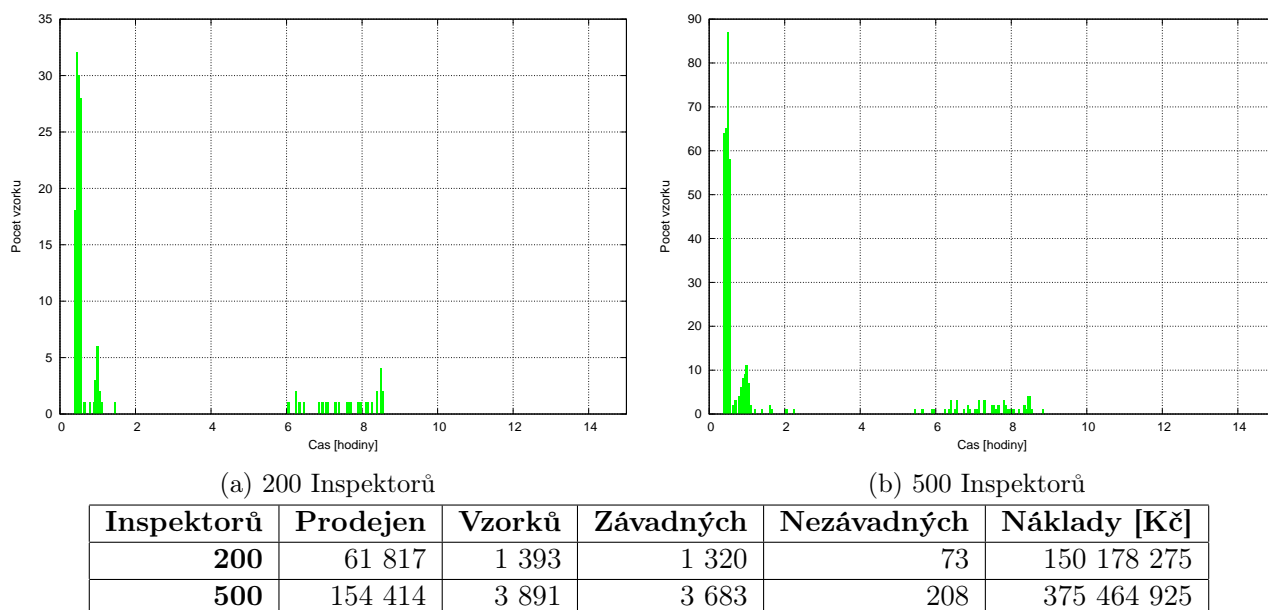
(a) 200 Inspektorů

(b) 500 Inspektorů

Inspektorů	Prodejen	Vzorků	Závadných	Nezávadných	Náklady [Kč]
200	61 875	1 472	1 400	66	75 700 150
500	154 600	3 860	3 660	194	189 390 825

Obrázek 6: Výsledky systému se půlkou spektrometrů

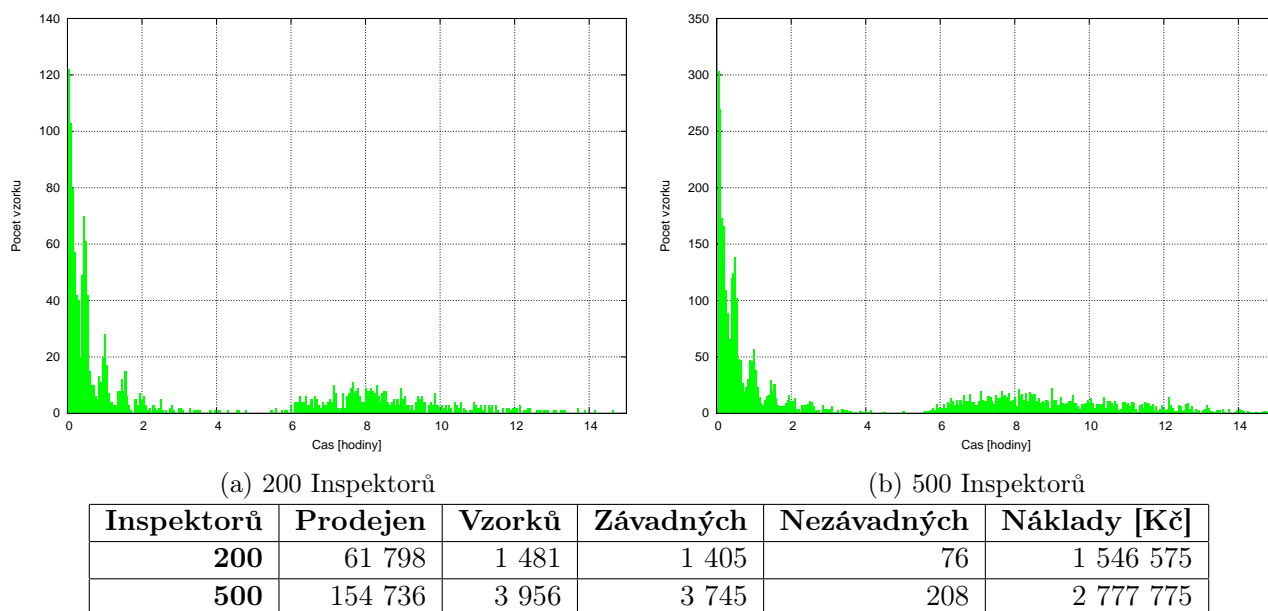
Průběh při zakoupení spektrometrů odpovídající počtu inspektorů můžeme vidět na grafech 7a, 7b. Zde je vidět, že do laboratoře se posílá velmi malý počet vzorků a nebýt toho, že laboratoř má určitou pracovní dobu, byly by skoro všechny vzorky vyhodnoceny během první hodiny.



Obrázek 7: Výsledky systému se počtem spektrometrů odpovídajícím počtu inspektorů

Vliv spektrometru v laboratoři na chování systému

Nástavení systému bylo stejné jako v předcházejících experimentech. Inspektoři, ale neměli žádný spektrometr, naopak v laboratoři jeden byl. Výsledky můžete vidět na grafech 8a, 8b. Nejzajímavější je porovnání s grafy 4a a 4b, jelikož systémy se liší pouze jedním spektrometrem, který je umístěn v laboratoři. Počet zpracovávaných vzorků je tedy víceméně stejný. Zpracování vzorků v laboratoři se spektrometrem je několikanásobně rychlejší.



Obrázek 8: Výsledky systému se jedním spektrometrem v laboratoři

5.3 Závěry experimentů

Bylo provedeno 11 experimentů s různým počtem inspektorů a Ramanových spektrometrů. V průběhu testování byl model rozšířen o možnost vyhodnocení nákladů při umístění spektrometrů do laboratoří,

vedly nás k tomu výsledky z předchozích experimentů, kdy bylo zjištěno, že laboratoř nemá problémy analyzovat vzorky a zvládá vyhodnotit vzorky v dostatečném časovém úseku. Shrnutí jednotlivých experimentů můžete vidět v tabulce 2, kde jsou zobrazeny náklady zjištěné experimenty. Náklady jsou rozdělené na náklady spojené s analýzou pomocí laboratorního zařízení, náklady na analýzu pomocí Ramanova spektrometru a náklady na pořízení spektrometrů.

Spekt.	Inspek.	Nák. v lab. [Kč]	Nák. spekt. [Kč]	Pořiz. nák. [Kč]	Celkem [Kč]
0	200	1 426 900	0	0	1 426 900
0	500	3 709 750	0	0	3 709 750
50	200	1 086 800	10 925	37 500 000	38 597 725
125	500	2 820 550	22 450	93 750 000	96 593 000
100	200	679 250	20 900	75 000 000	75 700 150
250	500	1 837 300	53 525	187 500 000	189 390 825
200	200	143 450	34 825	150 000 000	150 178 275
500	500	367 650	97 275	375 000 000	375 464 925
1 v lab.	200	778 050	18 525	750 000	1 546 575
1 v lab.	500	1 976 000	51 775	750 000	2 777 775

Tabulka 2: Shrnutí experimentů

6 Shrnutí simulačních experimentů a závěr

Z výsledků experimentů vyplývá, že pořízení spektrometrů inspektorům není výhodné. Pořízením spektrometrů klesnou náklady na analýzu vzorků, ale návratnost investice pro pořízení spektrometru je velmi dlouhá. Při pořízení spektrometrů klesne počet vzorků k analýze v laboratoři, a tím i průměrný čas potřebný k analýze vzorků, jelikož ale laboratoř stíhala vyhodnotit vzorky v dostatečném časovém úseku bez pořízení spektrometrů inspektorům, není také pořízení z tohoto důvodu výhodné. Naopak pořízení spektrometru do laboratoře, by přineslo značné zlepšení. Již po půl roce jsou celkové náklady srovnatelné s náklady bez spektrometru. Rychlost vyhodnocení je také výrazně větší oproti rychlosti zpracování vzorků bez spektrometru.

V rámci projektu vznikl nástroj, kterým lze stanovit náklady na analýzu vzorků odebraných během inspekce a následně vyhodnocených v laboratořích. Nástrojem lze zkoumat vliv počtu inspektorů, laboratoří a počtu spektrometrů na dobu vzorků v laboratoři a na celkové náklady. Nástroj byl implementován v jazyce C++ s knihovnou SIMLIB.

Reference

- [1] BOŘIL, M. *Podezřelý alkohol otestují Jihomoravanům zdarma školy i naftové doly* [online]. Poslední modifikace 13. září 2012. Dostupné na: <http://brno.idnes.cz/podezrely-alkohol-si-muzete-na-jihu-moravy-nechat-zkontrolovat-p8p-/brno-zpravy.aspx?c=A120913_120234_brno-zpravy_bor>.
- [2] KRUMPHOLZOVÁ, T. *Váháte, zda máte doma kvalitní alkohol? Otestují vám ho na 3 místech v kraji* [online]. Poslední modifikace 26. září 2012. Dostupné na: <<http://regiony.impuls.cz/moravskoslezsky-kraj/vahate-zda-mate-doma-kvalitni-alkohol-otestuji-vam-ho-na-3-mistech-v-kraji-20120.html>>.
- [3] MAV. *Prověření zakoupeného alkoholu nabízejí i některá obchodní centra* [online]. Poslední modifikace 12. října 2012. Dostupné na: <<http://www.ceskatelevize.cz/ct24/ekonomika/199434-provereni-zakoupeneho-alkoholu-nabizeji-i-nektera-obchodni-centra/>>.
- [4] MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. *Kauza metanol* [online]. Poslední modifikace 30. listopadu 2012. Dostupné na: <<http://eagri.cz/public/web/mze/tiskovy-servis/kauza-metanol>>.
- [5] STÁTNÍ ZEMĚDĚLSKÁ A POTRAVINÁŘSKÁ INSPEKCE. *Informace k výskytu metylalkoholu v lihovinách* [online]. Poslední modifikace 20. listopadu 2012. Dostupné na: <<http://www.szpi.gov.cz/docDetail.aspx?docid=1041034&docType=ART&nid=11343>>.
- [6] VRBASOVÁ, K. *Metanol rozpoznají vědci i v zavřené lahvi, test netrvá ani tři minuty* [online]. Poslední modifikace 4. října 2012. Dostupné na: <<http://www.novinky.cz/domaci/280592-metanol-rozpoznaji-vedci-i-v-zavrene-lahvi-test-netrva-ani-tri-minuty.html>>.
- [7] ČESKÁ REPUBLIKA. *Příloha č. 1 k vyhlášce č. 541/2002 Sb., pozměněna vyhláškou č. 469/2005 Sb.* [online]. Dostupné na: <<http://www.szpi.gov.cz/ViewFile.aspx?docid=1025291>>.
- [8] ČESKÝ INSTITUT PRO AKREDITACI. *Zkušební laboratoře* [online]. Poslední modifikace 5. prosince 2012. Dostupné na: <<http://www.cia.cz/default.aspx?id=10&scopeId=9>>.
- [9] ČTK. *VŠCHT vyvinula metodu, jak poznat metanol přes lahev* [online]. Poslední modifikace 3. října 2012. Dostupné na: <<http://www.novinky.cz/domaci/280491-vscht-vyvinula-metodu-jak-poznat-metanol-pres-lahev.html>>.
- [10] ŤOPEK, M. *Policie ani hasiči lahev neověří, pomoc nabízí pardubická univerzita* [online]. Poslední modifikace 18. září 2012. Dostupné na: <http://pardubice.idnes.cz/rozbior-alkoholu-udela-jen-univerzita-dw8-/pardubice-zpravy.aspx?c=A120918_1830266_pardubice-zpravy_mt>.