

**Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní**

Návrh a analýza metody CBR v krizovém manažmentu

Bc. Jiří Špulák

**Diplomová práce
2009**

Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní
Ústav systémového inženýrství a informatiky
Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jiří ŠPULÁK**

Studijní program: **N6209 Systémové inženýrství a informatika**

Studijní obor: **Informatika ve veřejné správě**

Název tématu: **Návrh a analýza metod CBR nebo RST ve krizovém manažmentu**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Je předpokladem, že diplomová práce bude obsahovat:

- úvod do problematiky krizového manažmentu;
- definici modelu vybrané části krizového manažmentu;
- návrh a analýza příkladu z uvedené oblasti pomocí metody případového usuzování nebo teorie rough množin.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

WATSON, I. Applying Case-Based Reasoning: Techniques for Enterprise System. San Francisco : Morgan Kaufmann Publisher, Inc., 1997. ISBN 1-55860-462-6.

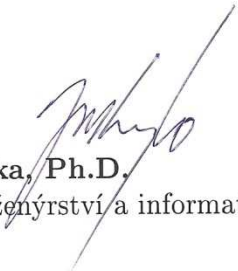
MAŘÍK, V. etc. Umělá inteligence 2. 1. vyd. Praha : Academia, 1997. ISBN 80-200-0504-8.

MAŘÍK, V. etc. Umělá inteligence 1. 1. vyd. Praha : Academia, 1993. 264 s. ISBN 80-200-0496-3.

JIRAVA P. Information system analysis based on rough sets. Theses of the dissertation, Pardubice : University of Pardubice, 2007.

ZAPLATÍLEK K., DOŇAR B. MATLAB : tvorba uživatelských aplikací. 1. vyd. Praha : BEN - technická literatura, 2005. 216 s. ISBN 80-7300-133-0.

Vedoucí diplomové práce:


doc. Ing. Jiří Křupka, Ph.D.
Ústav systémového inženýrství a informatiky

Datum zadání diplomové práce:

6. října 2008

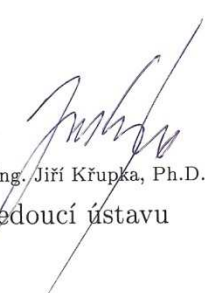
Termín odevzdání diplomové práce:

1. května 2009



doc. Ing. Renáta Myšková, Ph.D.
děkanka

L.S.


doc. Ing. Jiří Křupka, Ph.D.
vedoucí ústavu

V Pardubicích dne 6. října 2008

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 24. 8. 2009

Jiří Špulák

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucímu mé diplomové práce, panu doc. Ing. Jiřímu Křupkovi, Ph.D., za konzultace a rady. Dále mjr. Ing. Vratislavu Černovskému a dalším členům Hasičského záchranného sboru Pardubice za pomoc s odbornou částí práce.

ANOTACE

V této práci je řešena možnost využití metod pro podporu rozhodování v krizovém managementu. V první kapitole jsou vymezeny základní pojmy a legislativa související s krizovým rozhodováním v České republice. Následující kapitola se zabývá problematikou strojového učení a charakteristikou jednotlivých metod učení. Popis je věnován především metodě případového usuzování, která byla použita pro navrhované řešení. V poslední kapitole je návrh modelu a jeho realizace v prostředí MATLAB, jako možné pomůcky pro vzdělávání jednotek, konkrétně při jejich přezkušování z odborné způsobilosti nebo zpětné vyhodnocení správnosti rozhodování velitelů zásahu.

KLÍČOVÁ SLOVA

případové usuzování, strojové učení, Krizový management, MATLAB, integrovaný záchranný systém

TITLE

Synthesis and analyze CBR method in crisis management

ANNOTATION

This thesis is analyzing crisis management and application decision support systems. The first chapter defines basic notions and legislation related with crisis management in the Czech Republic. The second chapter is concerning the machine learning problems and features of learning methods. The description is focused especially on case-based reasoning method, which is chosen to proposal solution. Finally the last part is containing proposal model and its realization in MATLAB, which is representing a tool for educating fire department units, concretely in testing their skills or backward evaluation of decision of officer in charge.

KEYWORDS

case-based reasoning, machine learning, crisis management, MATLAB, integrated rescue system

OBSAH

1	Úvod	9
2	Krizový management.....	10
	2.1 <i>Základní pojmy</i>	<i>10</i>
	2.2 <i>Krizové řízení a vzdělávání jednotek IZS.....</i>	<i>12</i>
3	Strojové učení.....	15
	3.1 <i>Vybrané metody strojového učení.....</i>	<i>15</i>
	3.2 <i>Usuzování na základě analogií.....</i>	<i>18</i>
	3.2.1 <i>Cyklus CBR</i>	<i>21</i>
	3.2.2 <i>Vyhledání nejbližšího vyřešeného případu.....</i>	<i>22</i>
	3.2.3 <i>Adaptace, použití a uchování řešení</i>	<i>25</i>
4	Model metody případového usuzování v krizovém řízení	27
	4.1 <i>Návrh modelu.....</i>	<i>27</i>
	4.1.1 <i>Analýza dat</i>	<i>30</i>
	4.1.2 <i>Vymezení fází cyklu navrhovaného modelu případového usuzování</i>	<i>33</i>
	4.2 <i>Realizace modelu</i>	<i>34</i>
	4.3 <i>Shrnutí.....</i>	<i>41</i>
5	Závěr	43
	Použitá literatura	45

Seznam obrázků

Obrázek 1 – Adaptace řešení pro vstupní problém; zdroj: autor - přeloženo z [12].....	20
Obrázek 2 - Cyklus případového usuzování; zdroj: autor - přeloženo z [13].....	21
Obrázek 3 - Rozhodovací strom – indexace; zdroj: autor – upraveno dle [28].....	25
Obrázek 4 - Model procesu rozhodování při zásahu IZS; zdroj: autor.....	28
Obrázek 5 – Model využití metody případového usuzování; zdroj: autor	29
Obrázek 6 - Cyklus CBR v příkladu; zdroj: autor	30
Obrázek 7 - Hlavní okno programu; zdroj: autor	35
Obrázek 8 - Okno pro zadávání jiné matice případů a řešení; zdroj: autor	38
Obrázek 9 - Okno pro výběr metody výpočtu vzdálenosti; zdroj: autor	39
Obrázek 10 - Okno pro zadání atributů řešené situace; zdroj: autor	39
Obrázek 11 - Okno pro zadávání prahové vzdálenosti; zdroj: autor	40
Obrázek 12 - Okno s doporučenými postupy; zdroj: autor.....	41

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Datový slovník atributů; zdroj: autor	31
---	----

Seznam příloh

Příloha 1: Matice případů

Příloha 2: Stanovisko k diplomové práci

Seznam použitých zkratek

CBR – case-based reasoning, případové usuzování

GUI – graphic user interface – grafické uživatelské rozhraní

IZS – integrovaný záchranný systém

MU – mimořádná událost

HZS – hasičský záchranný sbor

MV – ministerstvo vnitra

PO – požární ochrana

UI – umělá inteligence

1 Úvod

V současné době prochází společnost rychlým rozvojem. Na člověka jsou kladeny stále větší požadavky na rychlost, efektivitu a správnost rozhodování. Především pokud se jedná o pozice manažerské a řídicí. Jedním z faktorů ovlivňující dnešní společnost jsou všudypřítomné informační a komunikační technologie, které jsou využívány ve všech oblastech vědy, průmyslu, obchodu i domácnostech. S rozvojem umělé inteligence dochází i ke stále rozsáhlejší implementacím nástrojů pro podporu rozhodování. Oblastí řízení, kde se vyskytuje možnost nasazení umělé inteligence, je krizové řízení podniku nebo státu.

Po celou dobu své dosavadní existence se lidstvo střetává s mimořádnými událostmi a krizovými situacemi, které ohrožují životy a zdraví lidí, jejich majetek nebo životní prostředí. Lidská společnost se snaží vzniku těchto událostí zabránit, případně minimalizovat jejich následky na přijatelnou míru. V závislosti na stupni svého vývoje proto buduje různé účinné ochranné a obranné mechanismy. Krizový management plní svou funkci v přípravě a při vlastním řešení krizové situace vzniklé v důsledku mimořádné události, kterou může být provozní havárie, živelní pohroma, sociální a ekonomická krize, mimořádná událost se zvýšeným ekologickým dopadem. Vždy, když bylo nutné řešit větší mimořádné události, byl hledán způsob kooperace pro dosažení rychlé a účinné záchrany nebo likvidace mimořádné události. Spolupráce na místě zásahu uvedených složek v nějaké formě existovala vždy. Avšak odlišná pracovní náplň i pravomoci jednotlivých složek zakládaly a zakládají nutnost určité koordinace postupů. Jako potřeba každodenní spolupráce hasičů, zdravotníků, policie a dalších složek při řešení mimořádných událostí byl založen integrovaný záchranný systém [9], [10], [19].

Cílem této práce je tedy analyzovat možnosti použití metody případového usuzování v krizovém managementu. Součástí práce je návrh modelu rozhodování velitele zásahu a využití metody pro vyhodnocování správnosti řešení mimořádných situací nebo pro pravidelné zkoušení z odborné připravenosti. Model metody je realizován v prostředí MATLAB.

2 Krizový management

Česká republika se při řešení mimořádných událostí opírá o legislativu, která je dána zákonem č. 240/2000 Sb. o krizovém řízení. Další předpisy jsou vymezeny především v zákoně č. 133/1985 a pozdější úpravě č. 237/2000 Sb. o požární ochraně, č. 238/2000 Sb. o Hasičském záchranném sboru České republiky a č. 239/2000 Sb. o integrovaném záchranném systému.

2.1 Základní pojmy

Management je proces systematického plánování, organizování, vedení lidí a kontrolování výsledků práce a jejich porovnávání s plánovanými cíli organizace. Jde o proces cyklický, systematický v logických sledech. Krizový management představuje specifickou část oblasti obecného managementu. Jedná se o spojení speciálního zaměření na krize do oblasti řízení systémů. Využívány jsou stejné funkce jako v normálním pracovním procesu, avšak v podmínkách podstatně ztížených a zátěžových – v krizových situacích.

Krizové řízení je v České republice definováno zákonem č. 240/2000 Sb. jako souhrn činností věcně příslušných orgánů zaměřených na analýzu a vyhodnocení bezpečnostních rizik, plánování, realizaci a kontrolu činností prováděných v souvislosti s řešením situace. Jedná se o obor lidské činnosti zaměřený na řešení krizových situací, skupinu osob zabývajících se touto činností nebo systém zaměřený na řešení krizových situací.

Mimořádnou událost podle [14] představuje škodlivé působení sil a jevů vyvolaných činností člověka, přírodními vlivy, a také havárie, které ohrožují život, zdraví, majetek nebo životní prostředí a vyžadují provedení záchranných a likvidačních prací. Podle [26] mimořádné události působí svými dopady na sledovaný systém. Jedná-li se o MU kladné jsou odchylky od normálního procesu přínosné pro systém a dochází k zvýšení úrovně systému. MU záporné jsou charakterizovány negativní odchylkou a představují pro systém ztrátu. Kladné odchylky mohou být do určité míry přínosem. Pokud však překročí určitou mez, systém není schopný je plně vstřebat a plně využít. Dochází tak k problémům stejně jako v případě odchylek záporných. Negativní dopady ať kladných či záporných MU jsou předmětem činnosti krizového řízení.

Krizovou situací je mimořádná událost, při níž je vyhlášen stav nebezpečí nebo nouzový stav nebo stav ohrožení státu (dále jen "krizové stavy"). Krize či krizová situace je velmi intenzivní mimořádná situace. Vzniká po působení katastrofy. Pro její řešení nemá systém

připravené v běžném režimu činnosti dostačující síly a prostředky. Buď musí pro své přežití vyžádat pomoc ve svém okolí, nebo rozhodně změnit vlastní režimovou činnost převedením všech svých činností a rezerv na záchranu a přežití.

Katastrofa je mimořádná událost takové intenzity, která přesahuje možnost adekvátní odezvy represivní činnosti záchranných organizací [10], [15], [26].

Bojový řád jednotek [6] představuje pokyn ředitele HZS ČR, který je v souladu s § 24, § 70 a § 71 zákona č. 133/1985 Sb., o požární ochraně, ve znění pozdějších předpisů (úplné znění č. 67/2001 Sb.), a v návaznosti na vyhlášku MV č. 247/2001 Sb., o organizaci a činnosti jednotek požární ochrany a k zabezpečení jednotného postupu při výkonu služby. Jedná se o soubor metodických listů požární ochrany, členěných podle typu situací do kapitol D, L, N, O, Ř, S, P, T, které obsahují:

D - řešení situací týkajících se dopravních nehod

L - řešení situací týkajících se úniku nebezpečných látek a dekontaminace

N - řešení situací týkajících se nebezpečí

O - obsahuje postupy pro získání informací a dopravě k místu zásahu a záchranu osob a zvířat

Ř - obsahuje postupy pro řízení a komunikaci

S – řešení speciálních případů

P – postupy na zdolávání požárů

T – řešení situací s omezeným prostorem, přístupem a v závalech

Integrovaný záchranný systém dle [6] je efektivní systém vazeb, pravidel spolupráce a koordinace záchranných a bezpečnostních složek, orgánů státní správy a samosprávy, fyzických a právnických osob při společném provádění záchranných a likvidačních prací a přípravě na mimořádné události. Složky IZS jsou Hasičský záchranný sbor České republiky, Jednotky požární ochrany zařazené do plošného pokrytí kraje jednotkami požární ochrany, Zdravotnická záchranná služba, Policie České republiky.

Ostatní složky IZS jsou Vyčleněné síly a prostředky ozbrojených sil, Obecní policie, Orgány ochrany veřejného zdraví, Havarijní, pohotovostní, odborné a jiné služby, Zařízení civilní ochrany, Neziskové organizace a sdružení občanů, která lze využít k záchranným a likvidačním pracím.

Krizové řízení lze podle systémového přístupu definovat jako systém obsahující člověka, skupinu lidí, obec, kraj, stát a další objekty rizika, subsystém zdrojů rizika a subsystém bariér rizika. Subsystémem objektů rizika je pro každý systém – životní cykly člověka, člověk, životní prostředí, majetek a další antropocentrické¹ hodnoty. Subsystém zdrojů rizika jsou všechny skupiny prvků s možností působit destruktivním způsobem. Subsystém bariér rizika jsou všechny prvky rizika ležící mezi zdrojem rizika a objektem rizika, které mají schopnost tlumit projevy a šíření mimořádné události [26].

2.2 Krizové řízení a vzdělávání jednotek IZS

Funkci orgánů krizového řízení mají dle krizového zákona jednotlivá ministerstva české republiky. Pro řešení krizových situací vláda vytváří Ústřední krizový štáb, který je společným orgánem pro všechna ministerstva. Zákon upravuje povinnost vytvářet pracoviště krizového řízení jako svůj odborný útvar pro vnitřní koordinaci resortního systému krizového řízení. Vedle krizového zákona platí prováděcí předpis ministerstva vnitra č.13/2004 k zajištění plnění úkolů za stavu nebezpečí, nouzového stavu, stavu ohrožení státu a válečného stavu a připravenosti na jejich řešení. Definuje strukturu jednotlivých pracovišť krizového řízení ministerstva, složek IZS a krizových pracovišť všech organizačních součástí resortu. Dále jsou pak tímto předpisem vymezeny povinnosti a vztahy jednotlivých organizačních částí [10], [19], [26].

Činnost příprav resortů, operativní řízení činností za krizového stavu a obranu státu zajišťuje vnitřní systém zabezpečení ministerstva vnitra. V rámci systému příprav resortu na krizové situace zpracovává a organizuje v součinnosti s ostatními útvary ministerstva a správními úřady resortní a meziresortní cvičení prováděná pro ověřování připravenosti ministerstva a orgánů krizového řízení ČR na řešení krizových situací souvisejících se zabezpečováním vnitřní bezpečnosti a veřejného pořádku.

Zodpovědnost za zvyšování kvality pracovních podmínek má odbor bezpečnostní politiky ministerstva vnitra. Jedná v návaznosti na řády Ústředního krizového štábu a krizového štábu ministra vnitra. Především navrhuje a realizuje opatření vedoucí k zlepšování technické vybavenosti a zdokonalování servisních služeb [19].

¹ Považující člověka za nejdůležitější realitu a hodnotu světa, přírody a společnosti

Jedna z klíčových nutností pro vybudování fungující struktury krizového řízení je odborná vzdělanost o krizovém řízení na všech úrovních veřejné správy. Vzdělávání v oblasti krizového řízení probíhá na třech nezávislých úrovních [19]:

- kurzy, školení a semináře ve školících zařízeních Ministerstva vnitra zajištěny Institutem ochrany obyvatelstva Lázně Bohdaneč, školícími středisky CO ČR a Institutem pro místní správu
- středoškolské vzdělávání, respektive vyšší odborné vzdělávání (VOŠ TRIVIS, Praha)
- vysokoškolské vzdělávání (VŠE – Institut krizového managementu, VŠB-Technická univerzita Ostrava – Fakulta bezpečnostního inženýrství, Univerzita obrany, PA ČR Praha – Fakulta bezpečnostního managementu)

Oddělení bezpečnostních hrozeb a krizového řízení odboru bezpečnostní politiky MV se v oblasti vzdělávání podílí [19]:

- ve vnější působnosti - na zpracování vzdělávacích programů, jejichž tematické zaměření koresponduje se souborem požadovaných znalostí v oblasti KŘ v rámci modulu G (Projekt ochrany zákonnosti a zajištění veřejného pořádku a bezpečnosti při krizové situaci pro jednotlivé úrovně) a realizaci příslušného vzdělávacího procesu v České republice
- ve vnitřní působnosti – na vybudování odpovídajícího vzdělávacího zařízení pro potřeby resortu ve spolupráci s gestorem Koncepce vzdělávání v oblasti krizového řízení (GŘ HZS ČR)

V oblasti řešení krizových situací bývá nejdůležitějším prvkem IZS. Použití IZS je při přípravě na mimořádnou událost a při potřebě provádět záchranné a likvidační práce dvěma anebo více složkami integrovaného záchranného sboru [14].

Hlavním koordinátorem složek IZS je Hasičský záchranný sbor ČR. Z toho vyplývá, že velení na místě zásahu je v kompetenci příslušníka HZS ČR, který jednotlivé složky řídí a koordinuje záchranné a likvidační práce. Dle zákona o integrovaném záchranném systému velitel zásahu má při provádění záchranných a likvidačních prací rozsáhlé pravomoci. Nasazení sil a prostředků má na starosti Operační a informační středisko IZS, kterým je operační a informační středisko HZS ČR. Na strategické úrovni je pak integrovaný záchranný systém koordinován krizovými orgány krajů a Ministerstva vnitra. Z těchto důvodů je důležitá připravenost jednotek IZS zvláště HZS [6].

Vzdělávání a odborná připravenost jednotek HZS je stanovena v pokynu 47 generálního ředitele Hasičského záchranného sboru ČR a náměstka ministra vnitra ze dne 28. 12. 2005. Dle zákona § 32 vyhlášky č. 247/2001 Sb., o organizaci a činnosti jednotek požární ochrany, musí mít jednotky PO znalosti z:

- předpisů o požární ochraně, integrovaném záchranném systému, ochraně obyvatelstva a krizovém řízení,
- používání požární techniky a věcných prostředků požární ochrany,
- požárně technické charakteristiky a technicko-bezpečnostních parametrů látek
- bezpečnosti práce a zásad první pomoci.

Rozsah znalostí je definován v bojovém řádu jednotek, ve kterém jsou zachyceny postupy pro jednotný výkon služby jednotek HZS. Bojový řád jednotek je sestaven na základě praktických poznatků při řešení MU. Každá kapitola bojového řádu jednotek je zaměřena na specifický druh činností. Další členění je na jednotlivé metodické listy, které zachycují řešení typových MU s předpokládanými charakteristikami, zvláštnostmi a riziky.

Další způsobem zdokonalení rozhodování velitele zásahu je zpětné vyhodnocování správnosti jednotlivých kroků postupu. Vyhodnocení se provede na základě bojového řádu jednotek a dalších souvisejících předpisů a legislativy.

3 Strojové učení

Umělá inteligence dle [1], [4], [16], [21] je definována jako inteligence a inteligentní chování člověkem uměle vyrobených zařízení. Jako inteligentní myšlení je považována ta činnost člověka, která je nutná pro vnímání, rozhodování, učení, komunikaci a vykonávání činností v komplexním prostředí. Umělá inteligence je vědní obor, který se zabývá mnoha oblastmi uplatnění UI. Podle [16]a mezi hlavní oblasti patří:

- Hraní her
- Automatické rozhodování a dokazování teorém
- Expertní systémy
- Porozumění přirozené řeči
- Modelování lidského chování
- Plánování a robotika
- Programovací jazyky a prostředí pro UI
- Strojové učení
- Neuronové sítě a genetické algoritmy

Strojové učení stejně jako umělá inteligence je těžko definovatelný pojem. Bývá spojováno s pojmy získáváním znalostí, porozuměním, schopnosti nebo zkušenosti. Strojové učení v mnohém vychází z učení živých organismů. Hovořit o strojovém učení můžeme v případě, pokud v procesu učení dochází ke změně struktury, programu nebo dat přičemž se očekává budoucí zvýšení výkonnosti [22].

Příkladem využití strojového učení může být systém pro rozpoznávání emocí člověka. Počítači se předloží množina tváří vystihující danou emoci například smutku na naučení. Cílem je aby si počítač vytvořil model smutné tváře, s nímž pak porovnává každý nový obličej [7].

3.1 Vybrané metody strojového učení

Oblast strojového učení můžeme členit podle způsobu reprezentace znalostí jednotlivých metod dle [1], [4] na:

- Prohledávání prostoru verzí (*version space search*)
- Techniky rozhodovacích stromů (*decision tree learning*)
- Techniky rozhodovacích pravidel (*learning sets of rules*)

- Techniky konceptuálního shlukování (*conceptual clustering techniques*)
- Posilované učení (*reinforcement learning*)
- Učení založené na vysvětlování (*explanation based learning*)
- Usuzování na základě analogií (*analogical reasoning*)
- Bayesovské učení (*Bayesian learning*)
- Fuzzy učení (*fuzzy learning*)
- Evoluční techniky (*evolution techniques*)
- Učení neuronových sítí (*artificial neural networks*)

Rozhodovací strom podle [22] je takový strom jehož vnitřní uzly představují testy (atributy) a koncové uzly (listy) jsou obvykle index tříd. Index třídy je přiřazen vstupnímu vzoru na základě průchodu vzoru shora dolů jednotlivými testy stromu. Hodnoty vycházející z nekonečného uzlu jsou označeny hodnotou příslušného atributu. Pro tvorbu stromu jsou nejznámější algoritmy [1]:

1. TDIDT algoritmus – hlavním principem je volba kořenového uzlu a dělení do dalších uzlů podle hodnot zvoleného atributu
2. ID3 algoritmus – hlavním principem je volba kořenového uzlu a dělení do dalších uzlů podle hodnot zvoleného atributu. Volba atributu je určena buď entropií, informačním ziskem nebo poměrovým informačním ziskem

Rozhodovací stromy a metoda případového usuzování mohou být využity společně. Rozhodovací stromy jsou použity při indexování případů a poté pro prohledávání báze případů pokud jsou instance indexovány [27].

Systémy založené na pravidlech dle [24], [27] jsou jednou z nejpoužívanějších metod pro reprezentaci znalostí a metody usuzování. Jejich oblíbenost vychází z přirozenosti, která usnadňuje chápání reprezentovaných znalostí. Pravidla mají základní tvar v podobě

$$\text{IF } \textit{předpoklad} \text{ THEN } \textit{závěr} \quad (3.1)$$

Kde *předpoklad* představuje rozhodovací pravidlo, při jehož splnění platí daný *závěr*. Podmínek se může nacházet v jednom pravidlu více. Jejich propojení do složitějších logických funkcí je realizováno pomocí logických operátorů AND, OR, NOT. Mezi výhody symbolických pravidel patří kompaktní reprezentace znalostí při relativně malém množství pravidel, přirozenost reprezentace, modulárnost, nezávislost pravidel a možnost vysvětlování.

Nevýhodami jsou především problémy se získáváním znalostí, nutnost mít úplná data bez chybějících hodnot, časová náročnost vyhodnocení při velkém počtu pravidel, údržba rozsáhlé báze pravidel, neschopnost využít minulá řešení.

Metody shlukování dle [11], [22], [25] se řadí mezi metody učení bez učitele. Účelem je roztřídění množiny objektů, obsahujících vícerozměrná pozorování, do co nejvíce stejnorodých skupin. Skupiny musí být naopak od sebe co nejvíce odlišné. Rozdělení metod shlukové analýzy je možné brát z pohledu použitého matematického aparátu nebo z pohledu použitého systému klasifikace. Použitý postup klasifikace umožňuje třídění na hierarchické metody, pro které je charakteristické, že každý shluk je podmnožinou jiného shluku až po samotnou množinu objektů, která je považována za maximální možný shluk a nehierarchické shlukování představující metody rozkladu kde je znám konkrétní počet shluků. Třídění pak probíhá jednoznačně nebo je dáno funkcí příslušnosti. Hlavními postupy je metoda k-průměrů a k-mediánů.

Pro Bayesovský přístup učení je východiskem je Bayesova věta o podmíněných pravděpodobnostech. Jedná se o metodu pravděpodobnostní, která našla uplatnění v dalších oblastech umělé inteligence jako je právě strojové učení nebo získávání znalostí. Pro Bayesův vztah pro výpočet podmíněné pravděpodobnosti, že platí hypotéza H, pokud pozorujeme evidenci E, platí:

$$P(H|E) = \frac{P(E|H) \times P(H)}{P(E)} \quad (3.2)$$

Neuronové sítě dle [1], [21], [22] vycházejí z biologické stavby lidského mozku a jsou určeny pro distribuované paralelní zpracování dat. Základem je uměle vytvořený neuron, který má n vstupů a jeden výstup. Každý neuron je charakteristický svou přenosovou funkcí. Neuronová síť je ohodnocený orientovaný graf skládající se z mnoha neuronů, které si mezi sebou předávají signály a transformují je. Základní princip učení spočívá v úpravě ohodnocení jednotlivých spojů – vah synapsí. Prvním skupinou metod učení neuronových sítí je učení s učitelem (např. vícevrstvý perceptron). Pro učení slouží trénovací množina dat, u kterých jsou známy výsledky klasifikace. Neuronová síť se snaží objekty trénovací množiny roztřídit a po vyhodnocení správnosti zařazení do skupiny dochází k případné úpravě vah synapsí. Druhý způsob je učení bez učitele, pro které jsou typické kohonenovy samoorganizující se mapy. Neuronové sítě podle [27] jsou výhodnější v oblastech, kde nejsou dostupná

symbolicky reprezentovaná data, a není potřebný vysvětlovací mechanismus. Proti tomu CBR je výhodnější s komplexními, strukturovanými symbolickými daty.

Genetické algoritmy dle [1], [23] vycházejí evolučního principu Darwinovy teorie přirozeného výběru. Představují učící se algoritmy schopné reagovat na měnící se prostředí. Jedná se o vývoj množiny jedinců a jejich generačních změn. Každý jedinec je v algoritmu reprezentován svým lineárně uspořádaným informačním obsahem (formálně nazývaným chromozóm). Během algoritmu se cyklicky upravuje populace pomocí operací výběru, mutace, křížení. Výsledkem je vždy nová populace, která umožňuje lepší řešení problému. Algoritmus končí v momentě nalezení dostatečné kvality řešení nebo po dané časové době.

3.2 Usuzování na základě analogií

Obecně metody založené na analogii vycházejí z podobnosti již řešených problémů a jejich řešení s případy novými. Mezi hlavní metody patří dle [4]:

- Případové usuzování
- Pravidlo nejbližšího souseda
- Učení založené na instancích
- Líné učení
- Paměťové učení

Z výše zmíněných metod je další charakteristika věnována pouze metodě případového usuzování, jelikož byla vybrána pro návrh modelu této práce. Metoda případového usuzování se překrývá přes více oblastí umělé inteligence. Jednou z nich je oblast pro nástroje pro podporu rozhodování a další oblast zabývající se strojovým učením. Je to dáno charakterem metody, která v sobě obsahuje obě tyto vlastnosti [16].

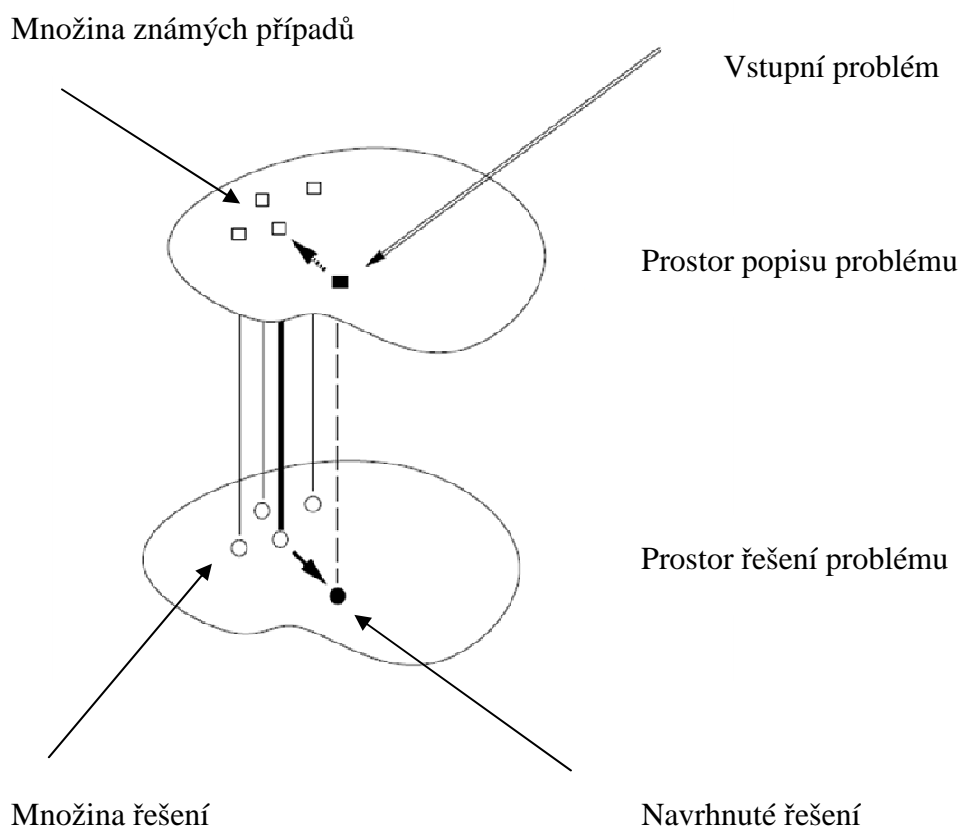
Podle [12], [17], [18], [27] vychází mnoho rozhodovacích modelů z principu nacházení závěrů a východisek podle dané množiny rozhodovacích pravidel. Charakteristické je, že se obvykle začíná na čistém listu papíru. Metoda případového usuzování přináší do rozhodovacího procesu jiný přístup, který vychází z řešení problémů a rozhodování lidí a jiných živočichů. Zdrojem znalostí není množina pravidel, ale množina událostí uložených v paměti. Předpokladem je nalezení v paměti již vyřešeného problému, který se co nejvíce podobá nové situaci. Rozhodovací modely využívají zásady, že podobné problémy mají

podobná řešení, a že problémy mají tendenci se opakovat. Pokud platí tyto dva předpoklady je metoda případového usuzování efektivní rozhodovací strategií.

Hlavní výhodou je jednoduchost a snadná pochopitelnost metody, která vyplývá z podobnosti s lidským způsobem rozhodování na základě zkušeností.

Existují dva přístupy na využití metody případového usuzování. První z nich je interpretační metoda. Cílem je rozhodnout nebo klasifikovat novou situaci pomocí porovnání s již klasifikovanými případy. Po porovnání shodných a rozdílných vlastností je vybráno nejlepší řešení. Postup lze rozčlenit do čtyř kroků. Nejprve je provedena charakteristika nové situace k zjištění, které vlastnosti jsou pro danou situaci důležité. V druhém kroku je nalezen k nové vyhodnocené situaci nejpodobnějších dřívějších případů z báze případů. Dále je porovnáno, které z případů nejlépe odpovídají nové situaci a následně který bude vybrán k použití. Posledním krokem je uložení nové situace a zvoleného řešení do báze případů [12].

Druhý přístup slouží jako nástroj k řešení problémů. Hlavním cílem je aplikace předešlých řešení k tvorbě nového řešení k novému problému. Veškeré případově založené designové, plánovací a vysvětlovací systémy postupují dle vyhledání a adaptaci podobných předešlých případů. V porovnání s interpretačním CBR dochází také k popisu nové situace, vyhledání nejpodobnějších případů a vyhodnocení podobnosti. V tomto případě je, ale podobností a rozdílností případů od nového případu využito k adaptaci řešení přesně pro nový problém. Z tohoto postupu vyplývá i dvojitý pohled na vyhodnocení podobnosti. Nejprve je brána v úvahu podobnost mezi případy a dále mezi řešeními. Pokud platí výše zmíněná zásada, že podobné problémy mají podobná řešení, platí i jednoduchá adaptace řešení. Nalezení nového řešení je znázorněno na obrázku 1.



Obrázek 1 – Adaptace řešení pro vstupní problém; zdroj: autor - přeloženo z [12]

Po vygenerování řešení je posledním krokem přijmutí řešení, oprava navrženého řešení a „ponaučení“ z nové zkušenosti. Systémy založené na CBR se učí jak z úspěchů, tak z neúspěchů čímž je dosažena vyšší rychlost učení a shromáždění vědomostí. V případě učení z úspěchů dochází k přijmutí řešení a případ je uložen pro budoucí použití [12].

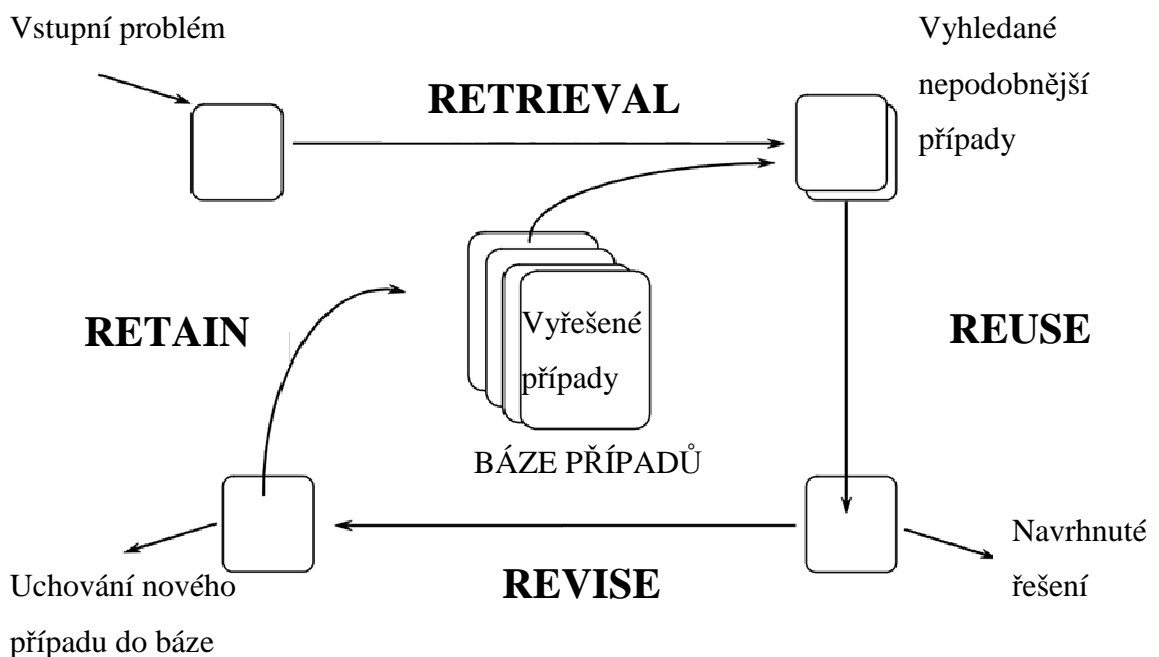
Učení z chyb má přínosy stejně jako učení z úspěchů. Přináší informaci o nutnosti systém dále učit. Dále naznačuje zaměřit se na konkrétní oblast, na kterou je nutné systém naučit, protože další učení musí zjištěnému selhání příště zabránit. Učení probíhá ze dvou druhů selhání procesu případového usuzování. Jedním je selhání řešení případu a druhým očekávané selhání vyplývající ze zjištěných odlišností od případu. Selhání CBR je možné napravit několika způsoby. Nejjednodušší způsobem je oprava a uložení nového řešení. Jedná se o jednoduchou metodu učení. Navíc je možné uchovat informaci o chybě pro další analýzu nebo k varování pokud budou zaznamenány další selhání. Selhání mohou také znamenat chybu v indexaci báze případů.

3.2.1 Cyklus CBR

Pro využití metody případového usuzování dle [13], [27] je nutné definovat a popsat vstupní problém, změřit podobnost s předcházejícími případy uložených v bázi případů s jejich známými řešeními, získat jeden nebo více podobných případů a použít nebo adaptovat jejich řešení k vyřešení problému. Navrhnuté řešení je poté vyhodnoceno. Pokud během vyhodnocení řešení došlo k zjištění chyb v navrhnutém řešení je provedena oprava řešení. V posledním kroku je problém a jeho řešení uloženo do báze případů. Cyklus metody CBR je znázorněn na obrázku 2. Jednotlivé kroky procesu se nazývají:

- Retrieve – nalezení nejpodobnějších případů k vstupnímu případu
- Reuse – znovupoužití řešení nejpodobnějšího případu
- Revise – oprava či korekce navrhnutého řešení
- Reatain – uchování vstupního problému a jeho řešení

Podle názvů jednotlivých kroků bývá cyklus označován jako 4RE.



Obrázek 2 - Cyklus případového usuzování; zdroj: autor - přeloženo z [13]

3.2.2 Vyhledání nejbližšího vyřešeného případu

Každý případ je popsán množinou atributů, které charakterizují jeho vlastnosti. Během prvního kroku cyklu CBR je provedena fáze znovu nalezení, v níž je vyhledána nejpodobnější událost zachycená v bázi případů. Podobnost mezi případy může být určena několika přístupy v závislosti na konkrétní aplikaci metody CBR. Rozdělení je dle [13] děleno na nestrukturální, strukturální a rámcové metody určení podobnosti.

Při nestrukturální podobnosti je vhodná, pokud jsou případy popsány jednoduchými atributy vyjádřenými číselnou hodnotou. Podobnost je poté vypočtena z případů jako reálné číslo v intervalu $\langle 0, 1 \rangle$. Obvykle bývá z případů určeno k -nejbližších sousedů nebo případy, které nepřesahují daný práh vzdálenosti. Strukturální podobnost je mnohem více výpočtově náročná, protože je více využívána domain knowledge. Výhodou je vyhledání relevantnějších případů k řešenému problému. Rámcová podobnost uvažuje pohled na podobnost v obecném tvaru bez ohledu na specifika algoritmu, které ji využívají. Příkladem může být využití formálního popisu pomocí matematických soustav [13].

Alternativní přístupy dle [13] vyplývají ze snahy odstranit omezení při použití získávání případů založeném čistě na podobnosti. Podobnost bývá proto využívána v kombinaci s dalšími technikami:

- Řízené-adaptivní vyhledávání, které již při hledání případů bere v potaz, jakými postupy bude nutné případ adaptovat pro nové řešení.
- Vyhledávání založené na odlišnosti je založeno na myšlence, že je brána v úvahu vedle podobnosti i rozdílnost. Uplatnění bylo nalezeno v případě, kdy jsou jednotlivé případy navzájem podobné mezi sebou.
- Kompromisem řízené vyhledávání vychází z pozorování, že nejbližší řešení není mnohdy dostatečně uspokojivé k přijetí uživatelem. Je přijata tedy slabší podmínka pro vyhledávání kdy platí zároveň co největší podobnost a zároveň přináší pro uživatele co nejmenší množinu kompromisů.
- Vyhledávání založené na pořadí nevyužívá k určení podobnosti žádnou metriku, ale výrazový dotazovací jazyk dodefinování a kombinování vztahů pořadí. Vyhodnocením dotazů jsou částečně seřazeny případy do pořadí podle vhodnosti.
- Vyhledávání s vysvětlovacím mechanismem nachází uplatnění pro objasnění uživateli, proč bylo na daný problém navrženo právě takové řešení. Druhou možností je vysvětlení chyb při vyhledávání případů

Pro metodu případového usuzování je určení podobnosti klíčovým prvkem. V této práci je využito báze případů popsané číselnými atributy, a proto jsou dále uvedeny metriky pro kvantitativní určení podobnosti podle [25], [11].

Míra podobnosti je definována jako reálná nezáporná funkce m , která každé dvojici vektorů X_i a X_j z E_p přiřazuje číslo m_{ij} pokud platí:

1. $0 \leq m(X_i, X_j) < 1$ pro $X_i \neq X_j$
2. $m(X_i, X_i) = 1$
3. $m(X_i, X_j) = m(X_j, X_i)$

Obecným tvarem míry podobnosti pro dva vektory je:

$$m(X, Y) = \sum_{i=1}^n f(X_i, Y_i) \times w_i \quad (3.3)$$

kde $f(X_i, Y_i)$ představuje funkci podobnosti pro každou dvojici prvků vektoru (např. atributů případu) a w_i váhu každého prvku. K určení podobnosti bývá využíváno funkcí vzdálenosti.

Vzdálenost je definována jako reálná nezáporná funkce $d(X_i, X_j)$ bodů X_i a X_j v E_p pro které platí:

1. $d(X_i, X_j) \geq 0$ pro všechny body X_i a X_j v E_p
2. $d(X_i, X_j) = 0$ právě tehdy když platí $X_i = X_j$
3. $d(X_i, X_j) = d(X_j, X_i)$
4. $d(X_i, X_j) + d(X_j, X_k) \leq d(X_i, X_k)$ pro každou trojici bodů X_i, X_j, X_k v E_p

Vzdálenost lze vypočítat například následujícími způsoby:

1. Euklidovská vzdálenost – nejběžnější a nejpoužívanější metodou výpočtu vzdálenosti. Je dána tvarem

$$d(X_i, X_j) = \sqrt{\sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2} \quad (3.4)$$

kde x_{ik} je hodnota k -tého prvku v i -tém vektoru (k -tého atributu v i -tém případě) a x_{ij} je hodnota k -tého atributu v j -tém případě.

2. Čtverec Euklidovské vzdálenosti je dán tvarem

$$d(X_i, X_j) = \sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2 \quad (3.5)$$

3. Manhattanská vzdálenost – označována též vzdálenost městských bloků je odlišná od Euklidovské vzdálenosti v tom, že není možné při výpočtu pohyb v prostoru diagonálně mezi jednotlivými objekty. Je dána vztahem

$$d(X_i, X_j) = \sum_{k=1}^p |x_{ik} - x_{jk}| \quad (3.6)$$

4. Čebyševova vzdálenost – je podobná tvarem Manhattanské vzdálenosti s rozdílem, že vzdálenost není součtem vzdáleností mezi jednotlivými prvky, ale jen maximální vzdáleností. Je dána tvarem

$$d(X_i, X_j) = \max |x_{ik} - x_{jk}| \quad (3.7)$$

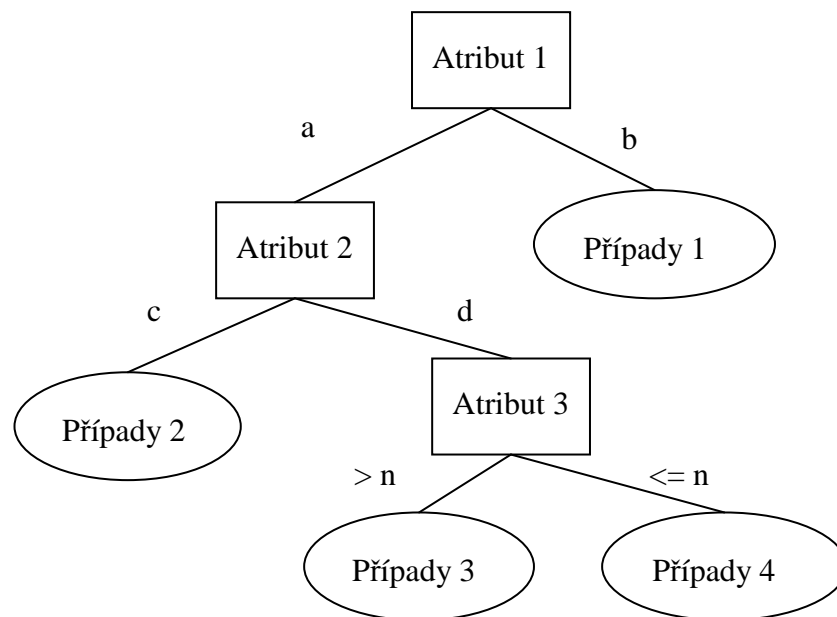
5. Minkowského vzdálenost – je obecným tvarem vzdálenosti, pro kterou Euklidovská, Manhattanská a Čebyševova vzdálenost představuje speciální případ pro dané q . Je dána tvarem

$$d(X_i, X_j) = \sqrt[q]{\sum_{k=1}^p |x_{ik} - x_{jk}|^q} \quad (3.8)$$

Dle [2], [5] mají metriky různé vlastnosti, které určují jejich použití. Euklidovská metrika oproti výše zmíněným poskytuje vyšší přesnost a Manhattanská s Čebyševovou vyšší rychlost například pro shlukování. Čebyševova vykazuje vysokou citlivost na odlehlé hodnoty.

Pro zvýšení efektivity vyhledávání je v některých případech využito indexů. Indexy představují ukazatele, které usnadňují a urychlují prohledávání báze případů, která může obsahovat mnoho záznamů. Pro určení indexů bývá využito teorie rozhodovacích stromů. Princip je založen na vybrání nebo vytvoření klíčových atributů, podle kterých bude vybrána podmnožina případů. Klíčové atributy by měly co nejvíce postihovat možné oblasti problémů, tedy měly by dosahovat co největší vypovídací hodnoty. Takové atributy může vybrat expert anebo může být využito různých technik rozhodovacích stromů jako je C5.0 nebo ID3. Při použití rozhodovacího stromu typu C5.0 jsou vybírány atributy s největším poměrným informačním ziskem a pro ID3 s největším informačním ziskem. Při řešení problému je podle klíčových atributů vyhledána množina případů, která odpovídá nejbližše hledanému zadání a řeší podobnou typovou oblast problémů. Poté již následuje klasický proces CBR. Vyhledávání v množině, která je menšího rozsahu zvyšuje rychlost a díky rozložení případů na podmnožiny podobné problematiky i přesnost [27], [28].

Obrázek 3 zachycuje rozhodovací strom, ve kterém je báze případů rozdělena na 4 části podle klíčových atributů. Tyto množiny případů v rozhodovacím stromu představují listy a atributy představují pravidla, podle kterých stromem procházíme. Pokud by případ měl *atribut 1* rovný hodnotě *a* a *atribut 2* roven *c* patřil by do skupiny případů 2. Z něj by bylo pomocí funkce podobnosti vybráno nejvhodnější řešení.



Obrázek 3 - Rozhodovací strom – indexace; zdroj: autor – upraveno dle [28]

3.2.3 Adaptace, použití a uchování řešení

Po nalezení nejpodobnějšího případu dle [13], [27] přichází fáze znovupoužití. Nejjednodušším způsobem je přijmutí řešení od nalezeného nejvhodnějšího případu z báze případů. Tento způsob je použitelný pro klasifikační úlohy, kde se vyskytuje mnoho stejných nebo velmi podobných případů v třídách. Použitelnost je možná i v případě, pokud nedochází k velkým rozdílům mezi novými a předešlými případy. Pokud je však nejpodobnější případ v bázi znalostí příliš vzdálen vstupnímu problému, je pro navržení správného řešení nutná adaptace nebo oprava řešení. Adaptace je běžná v konstruktivních systémech CBR pro plánování, design nebo konfiguraci. V případě úpravy řešení je nutné analyzovat potřebnou změnu na původním řešení a jak této změny dosáhnout. Metody adaptace jsou podle [13]:

- Substituční metoda – nahrazuje část řešení nejpodobnějšího nalezeného případu

- Transformační metoda – upravuje strukturu řešení nejpodobnějšího nalezeného případu
- Modelová adaptace – vytváří obvyklý výklad pro návrh nového řešení transformací výklad řešení známého.
- Generativní metody – nedochází k úpravě přímo získaného řešení, ale odvozují řešení z nalezených nejpodobnějších případů.

Posledním krokem cyklu je uchování vyřešeného případu pro pozdější použití. Ze širšího hlediska je ale nutné brát v úvahu, že CBR může být integrovaný s jinými technikami například pro vysvětlování nebo pro rychlé učení a přidání případu může být problematické. Je proto nutné určit, jakým způsobem bude báze případů udržována [13].

4 Model metody případového usuzování v krizovém řízení

Implementace metody CBR do krizového managementu byla již navržena v [20], kde byl vytvořen nástroj pro podporu rozhodování velitele zásahu HZS. Jednalo se o pomůcku pro použití v reálném čase přímo při zásahu. Případ byl charakterizován 12 atributy a výběr nejpodobnějšího případu s řešením bylo dáno prahovou vzdáleností. Řešení jednotlivých případů bylo dáno metodickým list z bojového řádu jednotek.

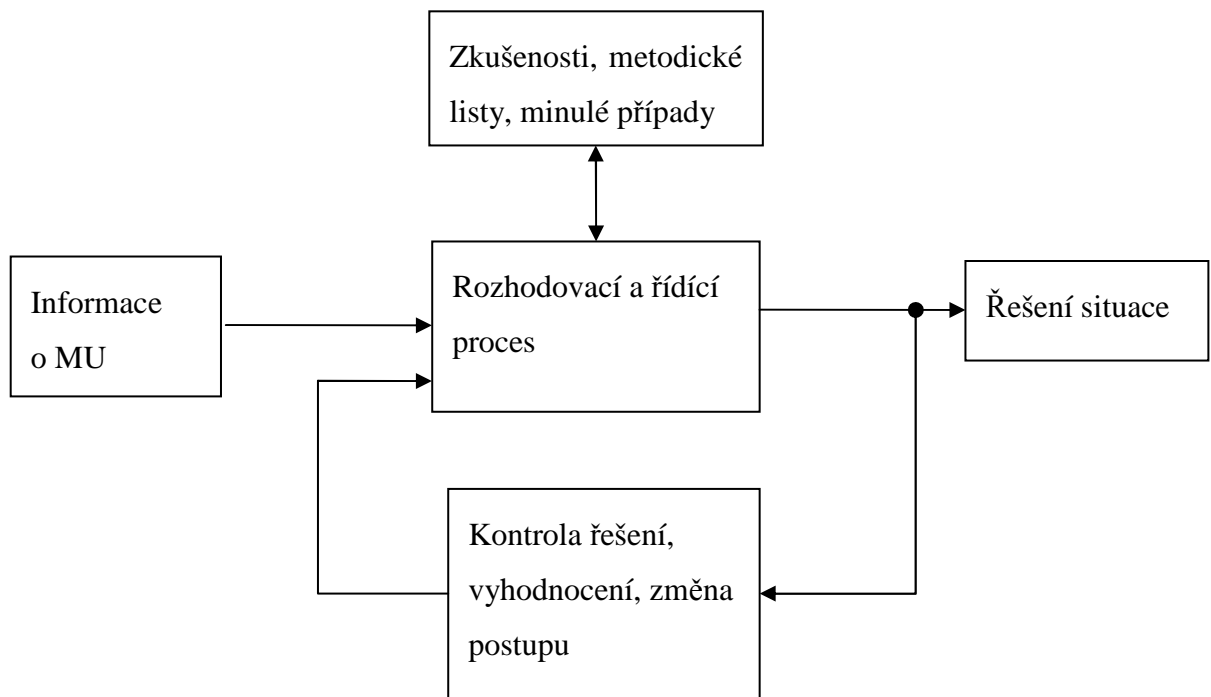
Využití této metody pro rozhodování při nasazení v reálném čase sebou přináší několik problémů. Především neúplnost a nepřesnost informací získaných při ohlášení MU. Metoda nelze tedy efektivně využít ani pro doporučení, které jednotky a v jakém množství mají být vyslány. Pokud by byl nástroj pro podporu rozhodování implementován do mobilního zařízení, skýtá jistý potenciál pro praktické použití. Problémem zůstává, že některé informace o události jsou zjištěny až během likvidace nebo dokonce při vyšetřování po konci zásahu. Pro návrh postupu jednotek je také nevýhodou specifická každé MU.

V této práci je metoda CBR využita pro podporu vzdělávání jednotek HZS v oblasti odborné přípravy nebo zpětnou kontrolu správnosti postupu likvidace. Zaměření je na znalosti postupu likvidace jednotlivých událostí popsaných jednotlivými metodickými listy bojového řádu jednotek. Nástroj implementovaný v prostředí MATLAB může sloužit jako pomůcka zkoušejícího při zkoušení otázek týkajících se postupu řešení situací nebo jako nástroj pro kontrolu správnosti postupu velitele zásahu. Výhodou metody je schopnost navrhnout řešení na základě podobnosti i pro případy, které nebyly zadány do báze případů.

4.1 Návrh modelu

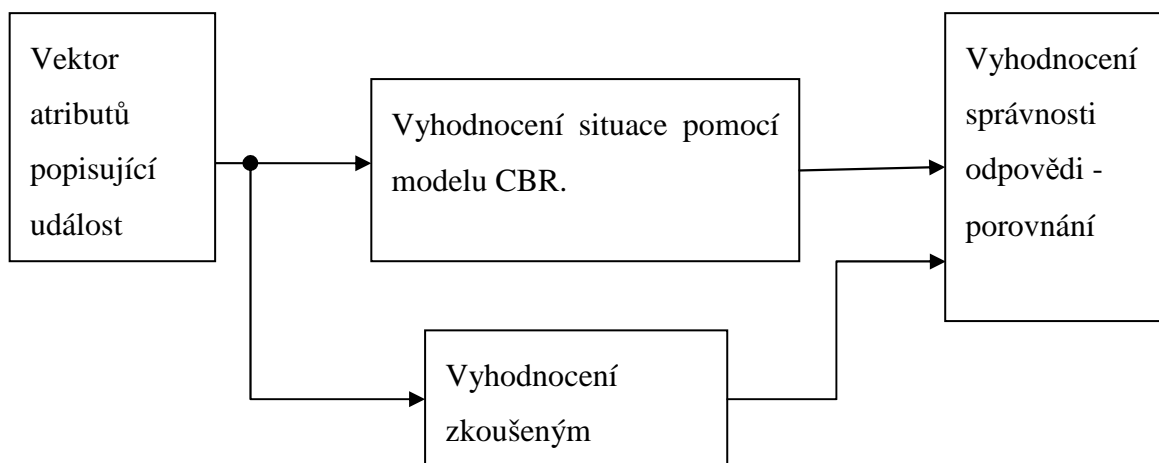
Aplikace metody případového usuzování do krizového řízení je zaměřena na práci IZS. Z definice krizové situace vyplývá, že se jedná o událost neobvyklého rozsahu nebo neobvyklého charakteru takovým způsobem, že nelze řešit běžným postupem. Pro praktický příklad využití metody CBR v krizovém řízení byl vybrán model rozhodování velitele zásahu IZS. Rozhodnutí velitele se opírá o zkušenosti a metodické listy z bojového řádu jednotek HZS související s danou mimořádnou situací. Jedná se o úlohy na úrovni operativního řízení. Jejich rozsah však může dosáhnout takové velikosti, kdy bude MU hodnocena jako krizová. Předpokladem je, že i v takové situaci bude velení zásahu postupovat dle zkušeností a bude vycházet z typových řešení v metodických listech.

Rozhodovací proces velitele zásahu při řešení mimořádné události zachycuje model na obrázku 4. Prvním krokem velitele je zjištění charakteru a vlastností dané události. Na základě zkušenosti, znalostí a metodických listů je vybrán postup pro zvládnutí situace. Zvolené řešení je aplikováno a ve zpětné vazbě dochází k úpravám rozhodnutí na základě zjištění nových informací. Metoda případového usuzování je v mnoha ohledech podobná lidskému rozhodování, proto je vhodná pro použití na zpětné vyhodnocení postupu velitele.



Obrázek 4 - Model procesu rozhodování při zásahu IZS; zdroj: autor

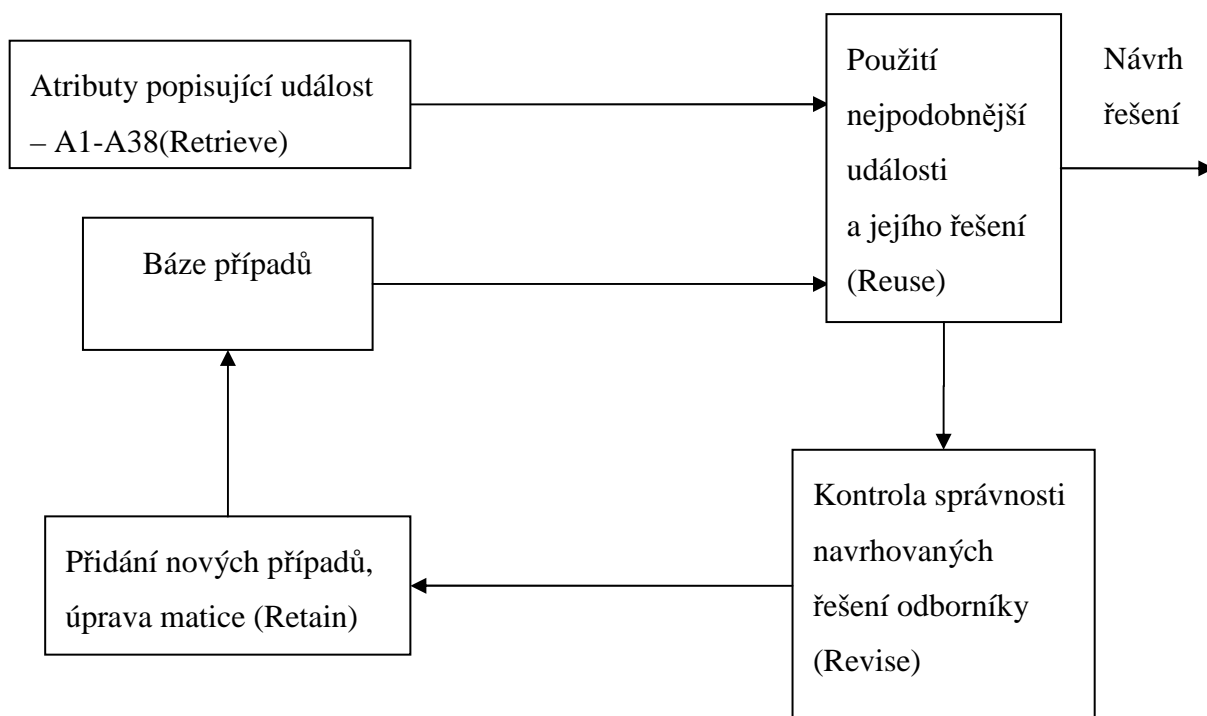
Obrázek 5 představuje model, který využívá metody CBR pro vzdělávání jednotek. Zkoušený dostane k vyřešení událost popsanou atributy, které ji mají dostatečně charakterizovat. Zkoušející si porovná doporučené řešení s odpovědí zkoušejícího a rozhodne o správnosti odpovědi.



Obrázek 5 – Model využití metody případového usuzování; zdroj: autor

Pro zpětné vyhodnocení správnosti řešení MU je model na obrázku 5 stejný, pouze zkušený je nahrazen zprávou o likvidaci MU. Nadřízený vyhodnotí řešení velitele v porovnání s řešením navrženém metodou CBR.

Jak bylo popsáno výše, metoda případového usuzování se skládá ze 4 kroků. V této práci je využita metoda kdy se využívá k vyhledání případu prostá podobnost bez využití kombinace s dalšími technikami. To je možné i díky tomu, že data v bázi případů tak vstupní problém jsou popsány jako vektor atributů nabývajících číselných hodnot. Cyklus CBR v realizovaném příkladu je zobrazen na obrázku 6.



Obrázek 6 - Cyklus CBR v příkladu; zdroj: autor

4.1.1 Analýza dat

Na začátku práce bylo nutné nejprve shromáždit data pro bázi případů a zvolit vhodnou reprezentaci znalostí. Pro účel této metody a ověření použitelnosti byly na základě dohody s pracovníky krajského ředitelství HZS Pardubice vybrány metodické listy P1 – P45 týkající se požárů. Jedná se o zjednodušující prvek a pro další využití by bylo nutné provést rozšíření báze případů a množiny atributů popisující události.

Případy jsou definované množinou atributu A1 – A38, které byly zvoleny na základě metodických listů a konzultace s pracovníky krajského ředitelství HZS Pardubice. V metodických listech byly brány v úvahu charakteristiky událostí, očekávané zvláštnosti a rizika. Doplnění báze na základě zpráv reálných případů nebylo možné, protože obsahují osobní a citlivé informace a nebyly pro tuto práci poskytnuty. Jednotlivé atributy jsou popsány v datovém slovníku v tabulce 1. Všechny atributy nabývají hodnot $\langle 0,3 \rangle$ kde 0 představuje vlastnost, která se nevyskytuje v daném případě a hodnota 3 určuje vliv atributu v maximálním měřítku.

Z množiny 45 metodických listů bylo sestaveno 37 případů pro základní bázi, které popisují typ požáru. Metodické listy P1 – P7 byly pro samostatné případy nepoužitelné. Tyto listy charakterizují techniky požárního postupu a povětrnostní podmínky a při řešení budou použity vždy v kombinaci s metodickým listem charakterizující typ požáru.

Tabulka 1 - Datový slovník atributů; zdroj: autor

Atribut	Název atributu	Popis
A1	nedostatek vody, hasebních prostředků	určení v jaké míře je nedostatek vody a hasebních prostředků
A2	nedostatek sil	určení v jaké míře jsou nedostatečné lidské zdroje
A3	vítr	vyjadřuje intenzitu větru
A4	mráz	určení v jaké k míře dochází k poklesu teploty prostředí pod bod mrazu
A5	silné zakouření	určení intenzity zakouření prostor
A6	teplota	určení intenzity teploty v prostoru požáru
A7	nízká viditelnost, nedostatek světla	určení míry omezení viditelnosti dané prostorem
A8	omezení průchodů a prostoru, přístupu	určení míry charakterizující omezení prostorovým umístěním požáru
A9	přítomnost technických rozvodů	určení množství přítomných rozvodů, kabeláže, potrubí a dalších technických struktur
A10	nebezpečné látky - skladované	určení množství přítomných nebezpečných látek skladovaných v místě požáru
A11	nebezpečné látky - unikající látky	určuje množství nebezpečných látek, které v místě požáru unikají
A12	chemické látky	určuje množství chemických látek v technických rozvodech a nádržích
A13	šíření požáru - šachty, skryté cesty, skryté hoření teplem	určení rozsahu šíření požáru skrytými cestami a hoření způsobené teplem
A14	rychlé šíření	určení intenzity s jakou rychlostí se šíří požár
A15	intenzivní hoření	určení intenzity hoření

A16	nízká požární odolnost materiálů (krytiny, stavební materiály), požární zatížení	určení požární odolnosti materiálů v místě požáru - 0 - nejvyšší odolnost 3 - nejnižší odolnost
A17	nebezpečí zřícení, sesunutí, zavalení	určení rizika zřícení konstrukcí, sesunutí a zavalení
A18	nebezpečí intoxikace, otravy	určení velikosti rizika intoxikace nebo otravy
A19	nebezpečí úrazu elektrickým proudem	určení rizika zásahu elektrickým proudem
A20	nebezpečí výbuchu	určení rizika výbuchu
A21	nedostupnost vnější cestou, výšková poloha	atribut určuje, zda se jedná o umístění požáru ve výškové poloze a její nedostupnost.
A22	omezení terénu-otevřené prostranství	určuje v jakém rozsahu má vliv terénu na požár, ať už se jedná o otevřenost prostranství nebo jiná terénní specifika, která je nutná brát úvahu
A23	odkapávající hořlavý materiál, odhořívající, odpadávající	určení v jakém množství dochází k odkapávání nebo odpadávání materiálů
A24	nebezpečí poleptání	určení rozsahu v jakém hrozí poleptání osob a zasahujících jednotek
A25	ohrožení osob, evakuace	určení množství ohrožených osob a nutnosti evakuace
A26	nezodpovědné jednání, panika, děti, cizinci	určuje v jakém rozsahu dochází k nezodpovědnému a neočekávanému jednání osob v místě požáru - příčinou jednání může být věk, panika, jazyková bariéra
A27	zdravotní stav - omezena pohyblivost	určení v jaké míře jsou zdravotně omezení ohrožené nemoci
A28	nebezpečí utonutí	určení v jaké míře hrozí v místě zásahu utonutí osob nebo zasahujících jednotek
A29	zvířata	určení množství zvířat místě zásahu
A30	nádrž	určení zda se nachází požár v blízkosti nádrží
A31	tlakové lahve	určení množství tlakových lahví v místě požáru
A32	acetylen	určení množství tlakových lahví s acetylenem v místě požáru

A33	prach	určení prašnosti v místě požáru (prach na pilách nebo sýpkách)
A34	dopravní prostředek - trolejbus	určení v jakém rozsahu jsou zasaženy dopravní prostředky hromadné dopravy (trolejbusy, tramvaje) a dopravní depa
A35	hluk, omezení komunikace	určení intenzity hluku v místě požáru nebo jiného omezení komunikace
A36	ventilace a cirkulace kouře, složité odvětrání, komínový efekt	určení v jakém rozsahu je nutná ventilace a dochází k problematickému odvětrávání
A37	nefunkčnost požárně dělících pásů, šíření do okolí	určuje, v jakém množství chybí požárně dělící pásy a dochází k šíření do okolí
A38	nedostatek informací	určení v jaké míře nejsou dostupné informace o místě zásahu

Řešení každého případu představuje odkaz na jeden či více metodických listů, které obsahují postupy pro zvládnutí daných situací. Matice případů se nachází v příloze 1.

4.1.2 Vymezení fází cyklu navrhovaného modelu případového usuzování

V modelu 4RE metody CBR je prvním krokem vyhledávání nejpodobnějších případů. Jelikož jsou data číselné povahy, je použito metody podobnosti resp. vzdálenosti, která je vyjádřena jako reálné číslo v intervalu $\langle 0,1 \rangle$ kde 0 představuje shodné objekty a 1 maximálně odlišné. V programu je poté na výběr z následujících funkcí vzdálenosti, které jsou podrobněji definované v kapitole 3.2.2 :

- Euklidovská vzdálenost
- Čtverec euklidovské vzdálenosti
- Čebyševova vzdálenost
- Mannhattanských čtverců
- Minkowského vzdálenost

Po výpočtu vzdálenosti jsou vybrány případy, které nepřekračují nastavenou prahovou vzdálenost.

Dalším krokem cyklu je znovupoužití případu. V tomto případě je myšleno využití navrhnutých řešení zkoušejícím k zhodnocení správnosti odpovědi.

Pro další kroky je nutné rozlišit, jestli se nacházíme ve fázi učení a údržby báze nebo fázi praktického využití. Je patrné, že není vhodné, aby byla báze případů dostupná k úpravám každému uživateli aplikace. Údržbu a úpravy báze případů, včetně jejího prvního naplnění, by měl provádět sestavený tým z odborníků v pravidelných časových intervalech nebo při změně souvisejících předpisů a legislativy. Úpravy báze by byly poté při využití zkoušejícími zablokovány, aby nedocházelo k poškození báze a rozdílnostem mezi jednotlivými pracovišti, kde by byl systém nasazen.

V případě údržby, aktualizace, řešení problémů s bází a testování je následujícím krokem zhodnocení navrhnutého řešení. Předpokladem je manuální provedení tohoto kroku, včetně případné korekce, opravy či doplnění nového řešení. V posledním kroku je nové řešení uloženo v bázi znalostí.

Pokud se jedná o využívání aplikace již v praktickém použití opravy návrhů a ukládání případů bude zablokováno. Pro zachycení zjištěných problémů by bylo možné tyto funkce povolit, ale informace by byly uloženy do jiné báze. Nedocházelo by k změnám v základní bázi systému a problémy zjištěné během využívání by bylo možné řešit při pravidelných kontrolách aktuálnosti báze.

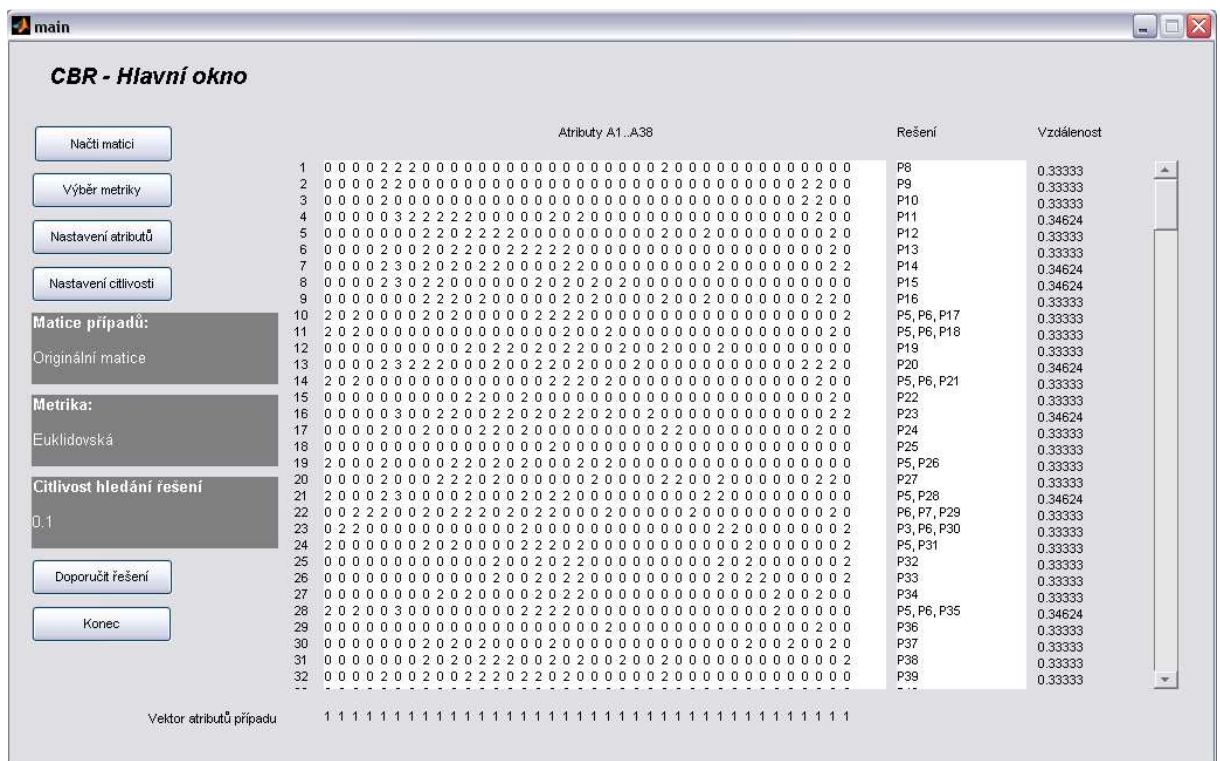
4.2 Realizace modelu

V prostředí MATLAB je navržen program, který umožňuje funkce zajišťující celý cyklus případového usuzování. Základními funkcemi je možnost načtení jiné báze případů, než která je přednastavena, možnost volby metriky pro určení podobnosti případů, volitelnost prahové vzdálenosti a přidávání nových případů do báze. Při tvorbě zdrojového kódu a GUI bylo čerpáno z [3], [8], [29]. Program je možné rozčlenit do částí:

- Hlavní okno programu
- Okno pro zadání nové matice
- Okno pro výběr metriky
- Okno pro nastavení vstupního případu
- Okno s doporučenými případy

Každá část programu je uložena ve dvou souborech. Soubor typu M-file zdrojový kód pro jednotlivá okna. Zdrojový kód jednotlivých M-file byl psán v nástroji M-file Editor. Druhým souborem je typ FIG, který obsahuje grafickou strukturu okna. Tvorba těchto GUI byla realizována pomocí nástroje GUIDE, který slouží pro tvorbu figure tedy grafického okna programu.

Hlavní okno programu obsahuje v levé části nabídku funkcí realizovanou sloupcem tlačítek a třemi informačními panely, na nichž je uvedena adresa aktuální nahrané matice, nastavená metrika a nastavení prahové vzdálenosti pro hledaná řešení. Ve střední části se nachází plocha pro zobrazení matice případů. K ní odpovídající množina řešení a vektor vzdáleností je uveden ve dvou sloupcích vpravo. Pod polem s maticí případů je umístěno pole obsahující vektor vstupního problému, který je přednastaven na hodnoty 1. Uspořádání okna je zachyceno na obrázku 7.



Obrázek 7 - Hlavní okno programu; zdroj: autor

Při jakékoliv změně parametrů, matice nebo vstupních atributů dochází k automatickému přepočítání a změně v jednotlivých polích. To je zajištěno tím, že při přechodu mezi okny je do souboru priznaky.csv uložena informace, zda byla provedena změna přednastavených hodnot.

Struktura programu je založena na nastavení parametrů v ostatních oknech programu a pomocí globálních proměnných uložených do paměti a poté provedení výpočtů pomocí kódu hlavní části programu.

Nejdůležitější části zdrojového kódu jsou obsaženy v části hlavního okna. Z ostatních částí programu jsou předávány pouze parametry pro funkce a výpočty definované v hlavním programovém okně. Struktura zdrojového kódu je definována následujícím pseudokódem:

```
inicializace main
global  n m matice matice_pripadu id vektor_reseni vektor_atribut
metrika_atr atr_citl cesta_pripady tmatice tid tvzdalenost tr v;

if příznaky nenastaveny
    načti základní matici;
    načti vektor řešení;
    nastav atributy vstupního problému na 1;
    prahová vzdálenost = 0.1;
    vypočti vzdálenosti na základě euklidovské metriky;
end;

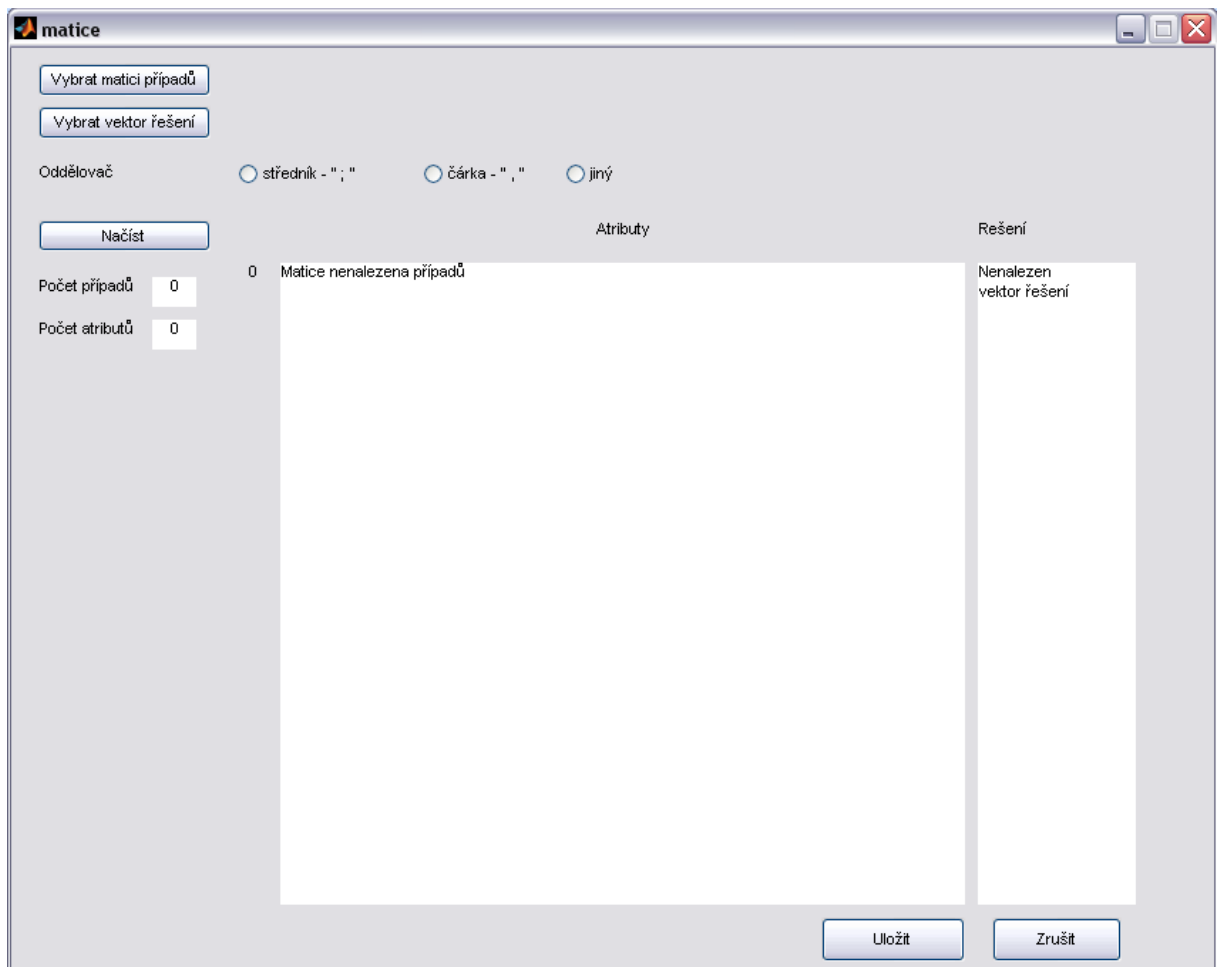
nastavení textových polí na hodnoty matice, vstupního problému,...
...vektoru řešení, vzdáleností a ID;
nastavení posuvníku
    určen minimální krok posuvnou;
    nastaven max a min hodnoty posuvníku podle velikosti matice;
if příznaky nastaveny
    nastav atributy problému zadané uživatelem;
    nastav prahovou vzdálenost;
switch volba metriky
case Euklidovská
    výpočet vzdáleností;
    normování vzdáleností(i);
    nastav textové pole s vzdálenostmi a informační textové pole;
case čtverec euklidovské
    výpočet vzdáleností;
    normování vzdáleností(i);
    nastav textové pole s vzdálenostmi a informační textové pole;
```

```

case Manhattanská
    výpočet vzdáleností;
    normování vzdáleností(i);
    nastav textové pole s vzdálenostmi a informační textové pole;
case Čebyševova
    výpočet vzdáleností;
    normování vzdáleností(i);
    nastav textové pole s vzdálenostmi a informační textové pole;
case Minkowského
    výpočet vzdáleností;
    normování vzdáleností(i);
    nastav textové pole s vzdálenostmi a informační textové pole;
end;
definice funkcí pro volání okna na načtení matice, výběr metriky,...
...nastavení prahové vzdálenosti, nastavení vstupního problému...
...a doporučení řešení;
definice funkce na mazání řádků textových polí při pohybu slider;
end;

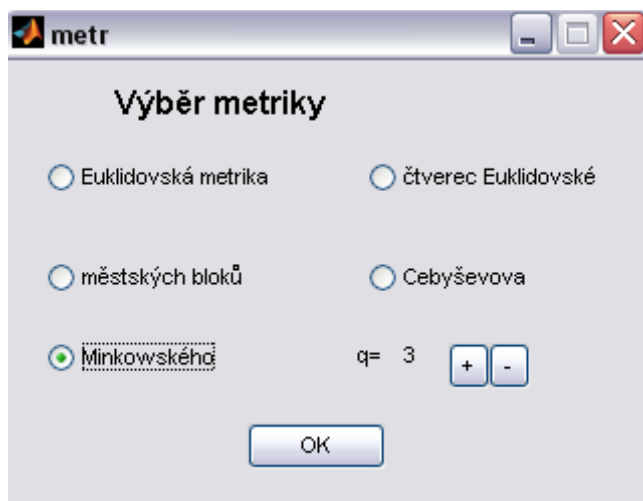
```

Po spuštění je první možností programu volba jiné matice případů a řešení. Předpokladem je, oddělené uložení matice případů a vektoru řešení ve dvou zvláštních souborech. Pro oba soubory jsou podporované typy *.csv a *.txt nezávisle na sobě. Jedinou podmínkou je, aby si odpovídal řádek ze souboru matice k řádku souboru řešení. Oddělovač mezi atributy v souboru s maticí případů je možné nastavit jakýkoliv. Je zajištěno, že musí být nastaveny obě adresy a oddělovač aby bylo možné načíst soubory. Pokud nedojde k úspěšnému načtení, není zobrazeno tlačítko Uložit. Uspořádání okna na načítání matice je zobrazeno na obrázku 8.



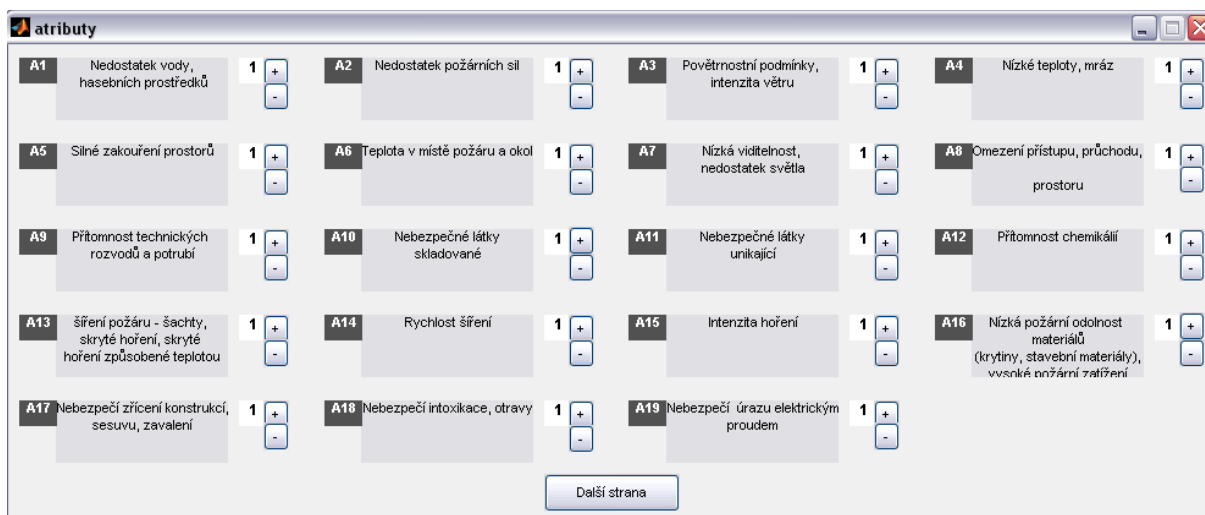
Obrázek 8 - Okno pro zadávání jiné matice případů a řešení; zdroj: autor

Dalším krokem je výběr metriky. Výběr je realizován pomocí přepínače umožňujícímu zvolit pouze jednu metriku. Při výběru Minkowského metriky dojde k zobrazení tlačítek pro nastavení hodnoty exponentu a odmocniny funkce. Výběr je potvrzen pomocí tlačítka OK. Vzhled okna je na obrázku 9.



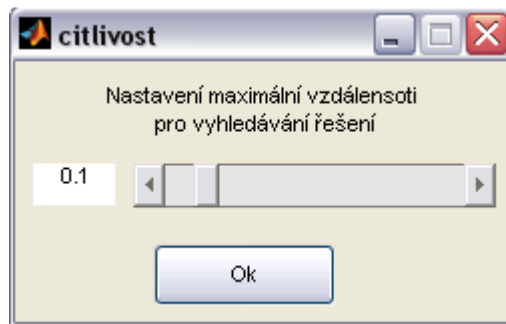
Obrázek 9 - Okno pro výběr metody výpočtu vzdálenosti; zdroj: autor

Definice vstupního případu je možná po stisknutí tlačítka Nastavení atributů. Vyvolané okno obsahuje první polovinu atributů. U každého atributu nachází označení a název atributu. Tlačítka + a – se nastavují hodnoty od 0 do 3 podle intenzity, s jakou daný činitel v případě působí. Tlačítkem Další strana je vyvoláno okno s druhou polovinou atributů. Nastavení je potvrzeno tlačítkem Uložit nastavení. Poté dojde k vyvolání hlavního okna a automatickému přepočítání vzdáleností k nově nastavenému případu. Uspořádání okna je zachyceno na obrázku 10.



Obrázek 10 - Okno pro zadání atributů řešené situace; zdroj: autor

Další možností je nastavení parametru určujícího maximální vzdálenost případů z báze od vstupního případu. Jelikož vzdálenost jednotlivých řešení od vstupního případu je v intervalu $\langle 0,1 \rangle$ je rozmezí atributu ve stejném rozsahu. V textovém poli je zobrazena hodnota atributu. Do textového pole není možné hodnotu zadat a nastavení parametru je umožněno pouze polohy posuvníku. Potvrzení výběru se provede stisknutím tlačítka OK. Vzhled okna je zobrazen na obrázku 11.



Obrázek 11 - Okno pro zadávání prahové vzdálenosti; zdroj: autor

Po nastavení požadovaných parametrů a vstupního případu je posledním krokem vyhledání řešení. Stisknutím tlačítka Doporučit řešení dojde k vyhledávání případů splňující podmínku vzdálenosti nepřesahující prahovou vzdálenost. Zobrazení všech vyhovujících řešení je realizováno jako seznam, vedle kterého je zobrazena vzdálenost jednotlivých řešení a identifikační číslo případu resp. řešení v bázi. Důležitou funkcí pro údržbu báze je možnost přidat nové řešení. Tím jsou zajištěny poslední dva kroky 4RE cyklu. Pokud je uživatel spokojen s navrženými řešeními, žádnou další úpravu ani přidání případu do báze neprovádí. Při nevyhovujícím návrhu řešení je možné navrhnout řešení nové a uložit v bázi případů. Během přidávání nového případu je provedena kontrola a zobrazeno varování v případě kdy se v bázi nachází shodný případ se vstupním problémem. Vzhled okna je zachycen na obrázku 12.



Obrázek 12 - Okno s doporučenými postupy; zdroj: autor

4.3 Shrnutí

Metoda CBR, jak byla použita v [20], naráží na problematiku s popsáním mimořádných událostí v momentě přijetí zprávy nebo na místě. Mnohé vlastnosti jsou zjištěny až v průběhu likvidace anebo po dokončení likvidace MU. Aplikací metody do fáze zpětného vyhodnocení rozhodování velitele nebo při odborné přípravě jednotek HZS je tento problém odstraněn.

Při zpětném vyhodnocení rozhodování velitele zásahu může rozmanitost jednotlivých MU způsobit problém s definicí MU pomocí omezené množiny atributů. Důsledkem může být nalezení nevhodného řešení metodou CBR, například kvůli nutnosti zvolit vyšší prahovou vzdálenost pro hledání podobných případů. Případy použité pro model v této práci vycházejí z metodických listů. Takto zachycené události v bázi mají charakter typových případů a při výskytu specifické úlohy dochází k velké nepodobnosti. Řešením problému s rozmanitostí MU by mohlo být využití dokumentace obsahující záznamy ze zásahů jednotek HZS. Zvláštnosti některých případů by byly zachyceny do báze. Pro tuto práci byly ale zprávy ze zásahů nedostupné z důvodu ochrany osobních údajů. Sběr dat do báze případů pro praktické využití by musela provádět osoba, která má k této dokumentaci přístup. Pro využití při vzdělávání je odstraněn i problém se specifičností každé MU. Při odborné přípravě nevádí

určitá obecnost nebo typovost úloh, které budou zadávány a které jsou obsaženy v bázi případů.

V modelu se využívá k určení vzdálenosti resp. podobnosti metriky Euklidovské, čtverce Euklidovské, Mannhattanské, Čebyševovi a Minkowského. Pro použití s daty reprezentovanými výše daným způsobem nejsou však všechny tyto metriky vhodné. V realizaci programu jsou, však dostupné pro případ, kdy by byla zvolena jiná matice případů. Nevhodná je především metrika Čebyševova, která klade důraz na extrémní odchylky. Výběrem jedné maximální odchylky dochází k ignorování ostatních atributů. V modelu však díky danému rozsahu hodnot atributů nedochází k výrazným odchylkám a tato metrika vede k velkému zkreslení výsledků.

Pro praktické použití by byla nutná implementace do jiného programového prostředí, které není zatíženo licencí Univerzity Pardubice. Dále doplnění o rozhraní pro zkoušející, které nebude umožňovat možnosti správy a úpravy báze. Matici případů by bylo nutné rozšířit na všechny kapitoly Bojového řádu jednotek. Vybraná kapitola v této práci je využita pro důkaz použitelnosti metody CBR.

5 Závěr

Dynamický rozvoj společnosti sebou přináší nutnost rychlého rozhodování. Především v managementu a řídicích pozicích. Obzvláště důležité je správné rozhodování při řešení situací, kdy se jedná bezprostředně o lidské životy. Z těchto důvodů je kladen důraz na odbornou připravenost a správnost rozhodování při postupu jednotek IZS. Jelikož hlavní částí IZS je HZS a velení je v kompetenci velitele jednotek HZS, je práce zaměřena právě na jejich odbornou připravenost.

S vývojem informačních a komunikačních technologií dochází ke stále častějšímu nasazení umělé inteligence a nástrojů pro podporu rozhodování do rozhodovacího procesu. Příkladem může být právě aplikace metody případového usuzování jako nástroje pro podporu rozhodování v krizovém řízení.

První část práce je zaměřena na definici základních pojmů oblasti krizového řízení ČR a legislativní vymezení. Dále je popsán způsob vzdělávání v oblasti krizového řízení, a jak se na něm podílí MV. Následně je charakterizován obsah znalostí a úroveň odborné připravenosti jednotek HZS.

Druhá část práce obsahuje oblasti umělé inteligence a definici strojového učení. Jako vybrané metody strojového jsou charakterizovány neuronové sítě, genetické algoritmy, metody shlukování, rozhodovací stromy, metody založené na Bayesově větě a systémy založené na rozhodovacích pravidlech. Důraz je kladen na metody založené na usuzování, mezi které je řazena i metoda případového usuzování. Byl vymezen základní princip metody a charakterizovány různé přístupy k jednotlivým fázím cyklu 4RE.

Třetí částí práce je vlastní návrh modelu a implementace do prostředí MATLAB. Pro aplikaci metody případového usuzování, vychází tato práce z modelu rozhodování velitele zásahu. Dále byl určen model pro použití metody při vzdělávání nebo pro zpětné vyhodnocování správného rozhodování jednotek PO. Následně je popsána implementace do prostředí MATLAB a postup práce s nástrojem.

Během práce jsem narazil na problém při sběru dat pro bázi případů. Báze je sestavena na základě metodických listů bojového řádu jednotek. Důsledkem je jistá typovost a obecnost případů v bázi vyplývajících z charakteru metodických listů. Zůstává tedy problém s vyhledáním řešení pro MU, které jsou svým způsobem nějak specifické nebo jedná-li se

o MU kombinující více typových vlastností. Řešením by mohlo být doplnění báze o případy vycházející ze skutečných MU. Přístup ke zprávám HZS však nebyl pro tuto práci umožněn.

Cílem práce bylo analyzovat možnost aplikace metody CBR v krizovém managementu. Tento cíl byl splněn návrhem modelu pro použití metody CBR jako nástroje pro návrh řešení MU a využití pro porovnání s řešením velitele zásahu při zpětném vyhodnocení nebo při zkoušení odborné způsobilosti. Realizace byla provedena v prostředí MATLAB. Návrhem pro další práci je využití fuzzy množin pro určení podobnosti případů nebo nahrazení popisu případů numerickými hodnotami za komplexní strukturované proměnné, které by umožnili lepší definici případů.

Použitá literatura

- [1] BERKA , Petr. *Inteligentí systémy*. [s.l.] : [s.n.], 2008. 195 s.
- [2] *Distance Metrics Overview* [online]. 2004 [cit. 2009-08-14]. Dostupný z WWW: <http://www.improvedoutcomes.com/docs/WebSiteDocs/Clustering/Clustering_Parameters/Distance_Metrics_Overview.htm>.
- [3] *Documentatiton for MathWorks Products* [online]. 1994-2009 [cit. 2009-08-14]. Dostupný z WWW: <<http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/techdoc/matlab.html>>.
- [4] DVOŘÁK, Jiří. *Expertní systémy*. [s.l.] : [s.n.], 2004. 92 s.
- [5] FISHER, Robert. *Distance metrics* [online]. 2003 [cit. 2009-08-14]. Dostupný z WWW: <<http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/metric.htm>>.
- [6] *Hasičský záchranný sbor České republiky* [online]. 2008 [cit. 2009-08-14]. Dostupný z WWW: <<http://www.hzscr.cz/>>.
- [7] HNÍKOVÁ, Eva. Počítače čtou lidské emoce. *Lidové noviny*. 1.8.2009, č. 178, s. 8. Dostupný z WWW: <http://www.lidovky.cz/pocitace-ctou-lidske-emoce-dcv-/ln_noviny.asp?c=A090801_000086_ln_noviny_sko&klic=232727&mes=090801_0>.
- [8] KARBAN, Pavel. *Výpočty a simulace v programech MATLAB a Simulink*. Brno : [s.n.], 2006. 220 s.
- [9] *Krizové řízení T-SOFT a.s.* [online]. 2009 [cit. 2009-08-14]. Dostupný z WWW: <<http://www.tsoft.cz/krizove-rizeni>>.
- [10] *Krizové řízení - portál pro podporu krizového a havarijního plánování a řízení* [online]. 2009 [cit. 2009-08-14]. Dostupný z WWW: <<http://www.krizove-rizeni.cz/portal/page/portal/ISKR>>.
- [11] KUBANOVÁ, Jana. *Statistické metody pro ekonomickou a technickou praxi*. 2. vyd. Bratislava : [s.n.], 2004. 249 s.

- [12] LEAKE, David B. *Case-Based Reasoning: Experiences, Lessons, and Future Directions*. [s.l.] : [s.n.], 1996. 525 s. Dostupný z WWW: <<http://www.cs.indiana.edu/~leake/INDEX.html>>.
- [13] LEAKE, David B., WATSON, Ian, LÓPEZ DE MÁNTARAS, Ramon. Retrieval, reuse, revision, and retention in casebased reasoning. In *The Knowledge Engineering Review*. [s.l.] : [s.n.], 2006. s. 215-240. Dostupný z WWW: <<http://www.cs.indiana.edu/~leake/INDEX.html>>.
- [14] Legislativa: Zákon č. 239/2000 Sb. o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů
- [15] Legislativa: Zákon č. 240/2000 Sb. o krizovém řízení (krizový zákon)
- [16] LUGER , George F. *Artificial intelligence: structures and strategies for complex problem solving* . 5th edition. [s.l.] : [s.n.], 2005. 912 s.
- [17] MAŘÍK, Vladimír, et al. *Umělá inteligence 1*. [s.l.] : [s.n.], 1993. 264 s.
- [18] MAŘÍK, Vladimír, et al. *Umělá inteligence 2*. [s.l.] : [s.n.], 1997. 372 s.
- [19] *Ministerstvo vnitra České republiky* [online]. 2008 [cit. 2009-08-14]. Dostupný z WWW: <<http://www.mvcr.cz/>>.
- [20] MOHOUT, Jiří. *Tvorba vzorových případů pro využití metody "case-based reasoning" v krizovém managementu*. [s.l.], 2006. 57 s. Univerzita Pardubice. Diplomová práce. Dostupný z WWW: <<http://hdl.handle.net/10195/26071>>.
- [21] NILSSON , Nils J. *Artificial Intelligence: a new synthesis*. [s.l.] : [s.n.], 1998. 513 s.
- [22] NILSSON, Nils J. *Introduciton to Machine Learning*. [s.l.] : [s.n.], 1996. 212 s.
- [23] POSPÍCHAL, Jiří. *Úvod do teórie neurónových sietí*. [s.l.] : [s.n.], 1997. Evoluční algoritmy a neuronové sítě, s. 237-262.
- [24] PRENTZAS, Jim, HATZILYGEROUDIS, Ioannis. Categorizing approaches combining rule-based and case-based reasoning. In *Expert Systems*. [s.l.] : [s.n.], 2007. s. 97-122.

- [25] ŘEZANKOVÁ, Hana, HÚSEK, Dušan, SNÁŠEL, Václav. *Shluková analýza dat*. 2. rozš. vyd. Příbram : [s.n.], 2009. 218 s.
- [26] VEVERKA, Ivan. *Vybrané kapitoly krizového řízení pro záchranářství*. Praha : [s.n.], 2003. 175 s.
- [27] WATSON, Ian. *Applying Case-Based Reasoning: Techniques for Enterprise Systems*. [s.l.] : [s.n.], 1997. 290 s.
- [28] WIRATUNGA, Nirmalie, CRAW, Susan, MASSIE, Stewart. Index Driven Selective Sampling for CBR. In *Case-Based Reasoning Research and Development*. [s.l.] : [s.n.], 2005. s. 637-651.
- [29] ZAPLATÍLEK, Karel, DOŇAR, Bohuslav. *MATLAB pro začátečníky*. 2. vyd. Praha : [s.n.], 2005. 152 s.

Příloha 2: Stanovisko k diplomové práci

Hasičský záchranný sbor Pardubického kraje

Teplého 1526
530 02 Pardubice

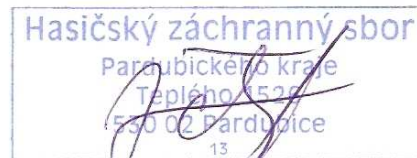
Stanovisko k diplomové práci

Po prostudování Vaší diplomové práce konstatuji, že navrhovaný způsob řešení rozhodovacího procesu ve vybraných situacích při zásazích požárních jednotek najde uplatnění při rozborové a kontrolní činnosti po provedeném zásahu.

Při vlastním rozhodování na místě mimořádné situace není časový prostor pro uplatnění takovýchto metod pro rozhodování.

Metodu případového usuzování lze v praxi účinně použít při provádění odborné přípravy jednotek požární ochrany, ale i jiných složek Integrovaného záchranného systému.

Předpokladem pro správnou funkci navrženého programu je naplnění databáze relevantními daty a poctivá práce s nimi.



mjr. Ing. Vratislav Černovský
vedoucí oddělení IZS a řízení jednotek
HZS Pardubického kraje