



**Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně**  
**Fakulta logistiky a krizového řízení**

**Užití vybraných metod umělé inteligence  
pro robotické bezpilotní systémy**

Michal Sekanina

---

Bakalářská práce  
2018



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta logistiky a krizového řízení

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta logistiky a krizového řízení  
Ústav krizového řízení  
akademický rok: 2017/2018

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michal Sekanina**  
Osobní číslo: **L15342**  
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Ovládání rizik**  
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Užití vybraných metod umělé inteligence pro robotické bezpilotní prostředky**

Zásady pro vypracování:

1. Analyzujte informační zdroje světa.
2. Analyzujte současný stav řešení zadané problematiky.
3. Vypracujte systémové vyjádření modelu.
4. Zpracujte výsledky modelování a návrhy pro praxi.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] MAŘÍK, Vladimír, Olga ŠTĚPÁNKOVÁ a Jiří LAŽANSKÝ. Umělá inteligence. Praha: Academia, 2013. ISBN 978-80-200-2276-9.

[2] POKORNÝ, Miroslav. Umělá inteligence v modelování a řízení. Praha: BEN – technická literatura, 1996. ISBN 80-901984-4-9.

[3] PRYSZCZ, Marian. Možnosti využití bezpilotních prostředků pro civilní účely: Practical utilization of unmanned aerial vehicles for civil use : zkrácená verze Ph.D. Thesis. V Brně: Vysoké učení technické, c2007. ISBN 978-80-214-3552-0.

Další odborná literatura dle doporučení vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Jiří Dvořák, DrSc.**  
Ústav krizového řízení

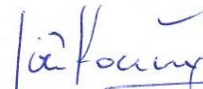
Datum zadání bakalářské práce: **3. listopadu 2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. května 2018**

V Uherském Hradišti dne 15. listopadu 2017



doc. RNDr. Jiří Dostál, CSc.  
děkan



Ing. et Ing. Jiří Konečný, Ph.D.  
ředitel ústavu

## PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ / DIPLOMOVÉ PRÁCE

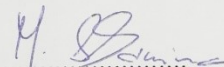
Beru na vědomí, že:

- odevzdáním bakalářské/diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby<sup>1)</sup>;
- bakalářská/diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou/diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3<sup>2)</sup>;
- podle § 60<sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60<sup>3)</sup> odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou/diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské/diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské/diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské/diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se bakalářská práce skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

### Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské/diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

V Uherském Hradišti ..... 14. 5. 2018 .....



.....  
podpis studenta

<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47b Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělčně zveřejňuje bakalářské, diplomové, disertační a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledků obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy. Vysoká škola disertační práce nezveřejňuje, byla-li již zveřejněna jiným způsobem.

(2) Bakalářské, diplomové, disertační a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlédnutí veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

(4) Vysoká škola může odložit zveřejnění bakalářské, diplomové, disertační a rigorózní práce nebo jejich části, a to po dobu trvání překážky pro zveřejnění, nejdéle však na dobu 3 let. Informace o odložení zveřejnění musí být spolu s odůvodněním zveřejněna na stejném místě, kde jsou zveřejňovány bakalářské, diplomové, disertační a rigorózní práce, již se týká odklad zveřejnění podle věty první, jeden výtisk práce k uchování ministerstvu.

2) zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní vnitřní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

3) zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlíží k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Cílem bakalářské práce je analýza vybraných metod umělé inteligence pro použití v bezpilotním robotickém prostředku. Práce se skládá ze dvou částí – teoretické a praktické. V teoretické části popisují východiska pro pochopení umělé inteligence jako takové, jednotlivé metody umělé inteligence a jejich použití. Současně se zabývám složením robotického systému obecně. V praktické části práce jsem navrhl model vlastního bezpilotního robotického prostředku, který zde popisují.

Klíčová slova: umělá inteligence, robot, dron, bezpilotní prostředek

## **ABSTRACT**

The aim of the bachelor thesis is to analyze selected methods of artificial intelligence for use in unmanned robotic device. The thesis consists of two parts - theoretical and practical. The theoretical part describes the starting points for understanding artificial intelligence as such, individual methods of artificial intelligence and their use. At the same time I deal with the composition of the robotic system in general. In the practical part of the thesis I designed a model of my own unmanned robotic device, which I describe here.

Keywords: artificial intelligence, robot, dron, Unmanned vehicle

## PODĚKOVÁNÍ

Děkuji prof. Ing. Jiřímu Dvořákovi, DrSc., za odborné vedení bakalářské práce, poskytování cenných rad, pomoc a čas, které mi při zpracování věnoval.

# OBSAH

<b>ÚVOD .....</b>	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>10</b>
<b>1 TEORETICKÁ VÝCHODISKA .....</b>	<b>11</b>
1.1 TEORIE SYSTÉMŮ .....	11
1.1.1 Základní pojmy teorie systémů .....	11
1.1.2 Definice systému .....	12
1.1.3 Chování systému .....	13
1.1.4 Podobnost systémů .....	14
1.2 TEORIE KYBERNETICKÝCH SYSTÉMŮ .....	15
1.3 TEORIE INFORMACE .....	16
1.3.1 Základní pojmy teorie informace .....	16
1.3.2 Přenos informace .....	16
1.4 TEORIE MODELŮ A MODELOVÁNÍ .....	19
1.4.1 Obecná teorie modelování .....	19
1.4.2 Modely konvenční .....	19
1.4.3 Nekonvenční modely .....	20
1.4.4 Semikvalitativní modely .....	21
1.5 TEORIE UMĚLÉ INTELIGENCE .....	22
1.5.1 Inteligence .....	22
1.5.2 Definice umělé inteligence .....	22
<b>2 METODY ŘEŠENÍ .....</b>	<b>24</b>
2.1 UMĚLÉ NEURONOVÉ SÍTĚ .....	24
2.2 FUZZY LOGIKA .....	26
2.3 EVOLUČNÍ ALGORITMY .....	27
2.4 EXPERTNÍ SYSTÉMY .....	27
<b>3 TVORBA MODELU ROBOTICKÉHO BEZPILOTNÍHO SYSTÉMU .....</b>	<b>29</b>
3.1 SKLADBA ROBOTICKÉHO SYSTÉMU .....	29
3.1.1 Senzorický systém .....	29
3.1.2 Kognitivní systém .....	29
3.1.3 Aktuátory .....	30
3.2 SYMBOLICKÝ MODEL .....	32
3.3 MATEMATICKÝ MODEL .....	32
<b>4 DÍLČÍ ZÁVĚR .....</b>	<b>34</b>
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>35</b>
<b>5 ANALÝZA VYBRANÉHO BEZPILOTNÍHO PROSTŘEDKU .....</b>	<b>36</b>
5.1 MODEL .....	37
5.2 MOŽNOSTI MODELOVÁNÍ BEZPILOTNÍHO ROBOTICKÉHO SYSTÉMU .....	37
5.2.1 Formulace problému .....	37
5.2.2 Základní návrh modelu .....	38
5.2.3 Budování modelu .....	39
5.2.4 Simulace .....	43
5.2.5 Sumarizace výsledků .....	46

5.3	APLIKOVANÁ ČÁST KYBERNETICKÉ BEZPEČNOSTI.....	46
5.4	NÁVRHY A DOPORUČENÍ PRO PRAXI .....	47
5.4.1	Rozdělení bezpilotních prostředků .....	47
5.4.2	Rádiový provoz .....	48
5.4.3	Ochrana osobních údajů.....	48
5.5	DÍLČÍ ZÁVĚR .....	49
	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>50</b>
	<b>CITOVANÁ LITERATURA .....</b>	<b>51</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>55</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>56</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>57</b>
	<b>REJSTŘÍK .....</b>	<b>58</b>



## ÚVOD

Téma bakalářské práce Užití vybraných metod umělé inteligence jsem si zvolil díky svému zájmu o umělou inteligenci a převážně o tu část oboru, která se zabývá bezpilotními prostředky.

Práci jsem rozdělil tradičně do dvou částí. V teoretické části jsem považoval za důležité obecně charakterizovat umělou inteligenci a na ni navazující obory, mezi něž řadíme teorie systémů, teorie kybernetických systémů, teorie informace, teorie modelů a modelování a teorie umělé inteligence. V kapitole Metody řešení jsem uvedl základní metody umělé inteligence, které se aktuálně používají, včetně jejich výhod a užití. Poslední kapitola teoretické části popisuje teoretické možnosti tvorby robotického systému, jeho skladbu a možnosti jeho modelování.

V praktické části jsem se zaměřil na tvorbu vlastního modelu robotického bezpilotního prostředku. Za důležité jsem též považoval neopomenout problematiku kybernetické bezpečnosti plánovaného prostředku a stručně popsat nejdůležitější zákonná doporučení pro praxi.

Předkládaná bakalářská práce si neklade za cíl objasnit celou problematiku umělé inteligence ani problematiku tvorby modelu bezpilotního prostředku, spíše se pokouší naznačit možnosti využití metod umělé inteligence a bezpilotních robotických prostředků v civilním sektoru. Jsem přesvědčen, že tento obor a systémy mají do budoucna velký potenciál.

## I. TEORETICKÁ ČÁST

## 1 TEORETICKÁ VÝCHODISKA

Již dávné řecké mýty obsahují zmínku o mechanických lidech, kteří replikují lidské chování. První výpočetní zařízení byla vnímána jako logické stroje a byla navržena tak, aby reprodukovala lidské rysy, kterými jsou paměť a základní aritmetické dovednosti. Pokus vytvořit umělý mozek inženýři vnímali a stále vnímají jako svůj primární úkol.

Informace uvedené v této kapitole a podkapitolách jsem čerpal z [1] a [2].

### 1.1 Teorie systémů

Pojem systém je poměrně frekventovaným slovem. Je často používán ve formulacích jako „musíme to řešit systémově“, „to není systémové řešení“, „to vyžaduje systémové řešení“, „problém se bude řešit později, protože to vyžaduje systémové řešení“ apod. Slovo je často používáno, ale nesprávně, spíše ve smyslu systematickosti, tedy uspořádanosti.

Svět, který nás obklopuje (objektivní realita), tvoří objekty, jež na sebe navzájem působí. Toto působení probíhá v čase a prostoru a má různý charakter (společenský, fyzikální, mechanický, biochemický). Existují objekty, jejichž vzájemné působení je složité a jejich společné působení navenek se projevuje jako působení celku na jiný objekt. Takové celky zpravidla uvažujeme jako samostatné objekty.

Definováním prvků objektu, jejich vlastností, jakož i jejich vzájemných vztahů „zavádíme na objekt systém“. To znamená, že si všímáme pouze těch prvků, vlastností a vztahů, které nás na daném objektu při jeho studiu zajímají.

Systémem rozumíme obecně soubor prvků, mezi nimiž existují vzájemné vztahy a jako celek má určité vztahy ke svému okolí.

#### 1.1.1 Základní pojmy teorie systémů

Každý systém je charakterizován dvěma základními vlastnostmi:

1. chováním systému, charakterizujícím jeho vnější vztahy k okolí; chování systému je závislost mezi podněty okolí systému působícími na jeho vstup a příslušnými odezvami objevujícími se na jeho výstupu;
2. strukturou systému, charakterizující jeho vnitřní funkční vztahy; strukturou systému rozumíme jednak způsob organizace vzájemných vazeb mezi prvky systému a jednak chování těchto prvků.

Obě tyto vlastnosti systému jsou ve velmi úzkém vztahu, který lze charakterizovat způsobem, že určité struktury odpovídá jednoznačně určité chování a naopak, že určitému chování odpovídá třída struktur definovaná tímto chováním.

Při definování systému dochází k tzv. redukci, která spočívá v eliminaci nebo agregaci. Při eliminaci neuvažujeme některé prvky nebo vztahy, naproti tomu při agregaci některé prvky nebo vazby slučujeme.

Snížením rozlišovací úrovně dosáhneme spojováním prvků vyššího řádu – nadsystému. Právě tak každý prvek systému může být systémem nižšího řádu – podsystémem. Tato vlastnost souvisí s rozlišovací úrovní.

Snížením rozlišovací úrovně dosáhneme spojováním prvků do systémů. Tento proces nazýváme *integrací*. Za systém s nejnižší rozlišovací úrovní považujeme takový, u kterého nerozlišujeme žádné prvky, tj. zkoumáme ho jako celek.

Zvýšení rozlišovací úrovně dosáhneme rozkladem systému na jednodušší prvky. Tento proces nazýváme *diferenciací*. Systém s nejvyšší rozlišovací úrovní je takový, který je rozložen na nejjednodušší, dále již z funkčního hlediska nerozložitelné prvky, u kterého můžeme poznat všechny jeho vnitřní vazby.

### 1.1.2 Definice systému

Systém rozumíme množinu

$$S = \{A, W, K, Q\},$$

A - množina prvků systému S, tj.  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_p\}$ ,

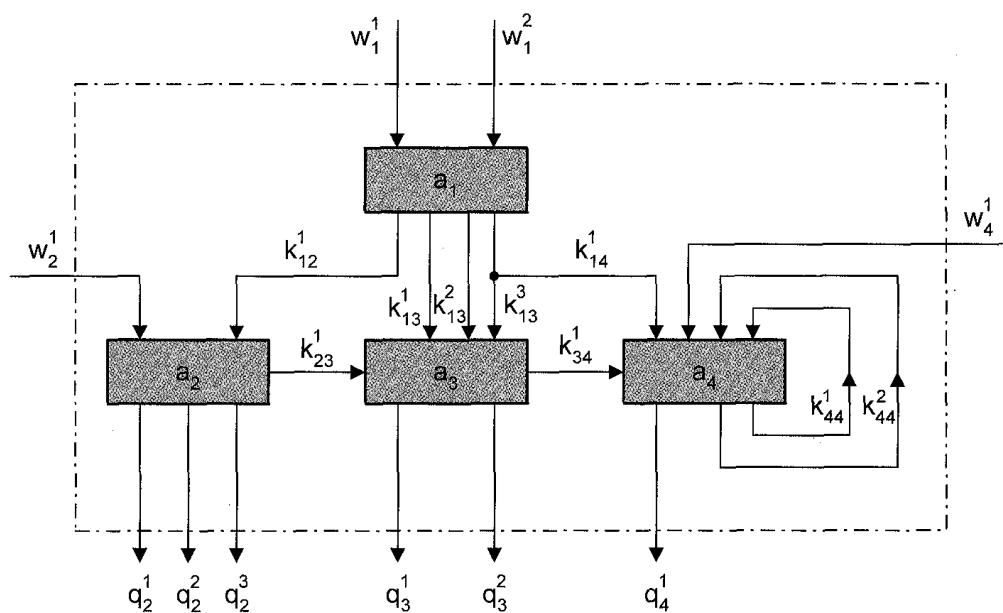
W - množina vstupních veličin  $w_j$ ,  $W = \{w_1, w_2, \dots, w_m\}$

Q - množina výstupních veličin  $q_h$ ,  $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}$

K - množina vazebních závislostí  $k_{sr}$  výstupních a vstupních veličin prvků systému.

Indexem  $s$  je značen výstupní prvek a indexem  $r$  vstupní prvek vazební závislosti.

Jestliže množiny W i Q jsou prázdnými množinami, jde o absolutně uzavřený systém. V ostatních případech jde o relativně uzavřený systém, což vyjadřuje, že systém jako celek komunikuje se svým okolím prostřednictvím vstupů a výstupů. Příklad obecného vyjádření systému s prvky systému, vstupními a výstupními veličinami i vazebními závislostmi mezi prvky systému je znázorněn níže na obrázku č. 1.



Obr. č. 1: Model systému

Zdroj: [1]

### 1.1.3 Chování systému

Chování systému je způsob reakce systému na podněty z okolí, respektive způsob realizace cílů.

Podle tvaru operátoru transformace jsou systémy *lineární* a systémy *nelineární*. Dále operátor transformace může být *deterministický* nebo *stochastický*.

**Deterministický operátor** odpovídá determinovanému chování systému, kdy jsou všechny skutečnosti známy a chování daného systému vyplývá jednoznačně z jeho struktury. Deterministické chování systému je jednoznačně dáno jeho strukturou a vlastnostmi a dá se předpovědět budoucí stav systému.

**Stochastický operátor** odpovídá nahodilému chování systému. Nahodilé chování se pak vyjadřuje pouze statisticky a to i tehdy, je-li známa struktura uvažovaného systému. Operátor transformace je pravděpodobnostní funkcí. Nutno poznamenat, že stochastické chování mnohých systémů se začne jevit jako determinované, jestliže se při jejich zkoumání zvýší rozlišovací úroveň. Stochastický systém odpovídá nahodilému chování systému. Zde chování vyjadřujeme pouze s určitou pravděpodobností pomocí statistických funkcí.

#### 1.1.4 Podobnost systémů

Systémy mohou být si podobné ve struktuře a v chování. Systémy podobné ve struktuře mohou být:

- **homomorfni** – kde ke každému prvku jednoho systému lze jednoznačně přiřadit prvek druhého systému a současně každému vztahu mezi prvky jednoho systému je jednoznačně přiřazen vztah mezi odpovídajícími prvky druhého systému.

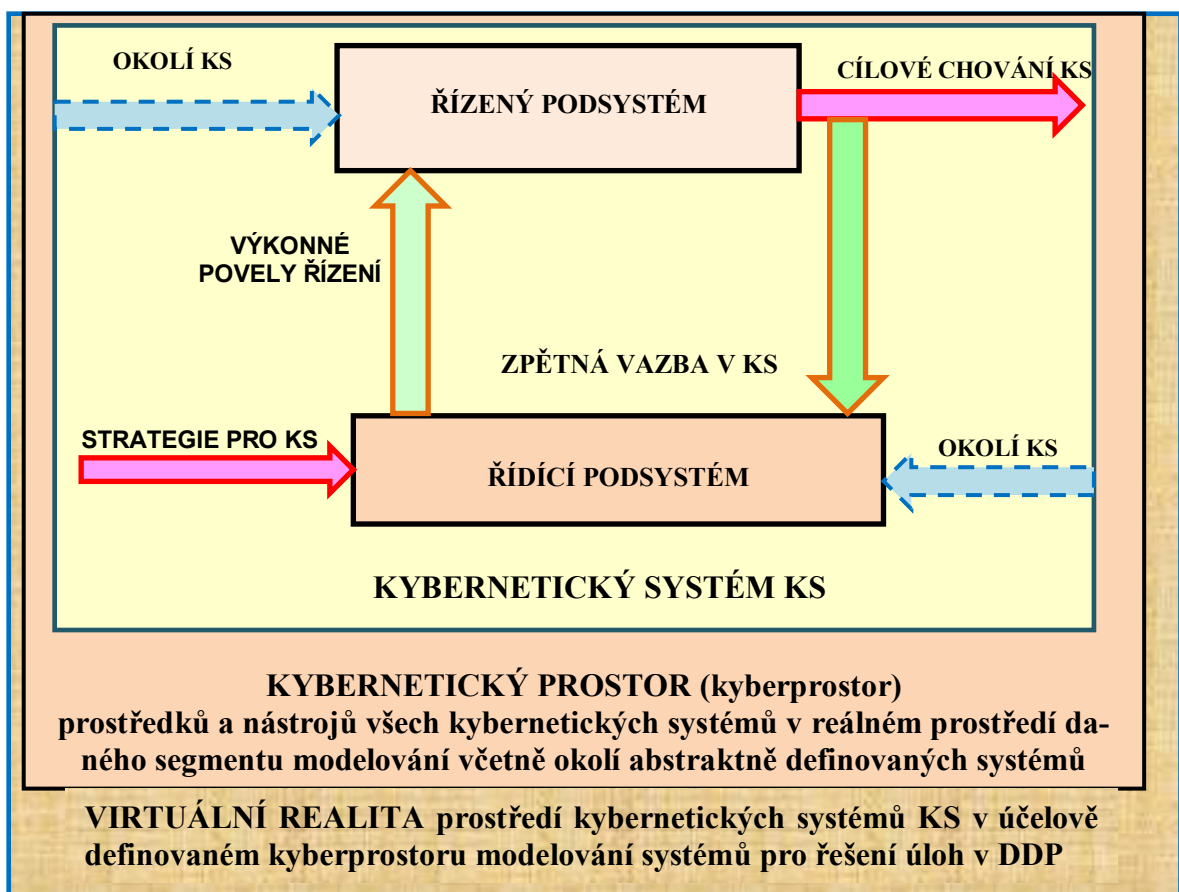
- **izomorfni** - pokud výše uvedené platí i při vzájemné záměně systémů. Systémy jsou si podobné v chování, jestliže stejné podněty vyvolají u obou systémů stejné reakce.

Jsou-li dva systémy podobné ve struktuře, jsou si rovněž podobné i v chování, ale neplatí to naopak.

## 1.2 Teorie kybernetických systémů

Systémový pohled na svět se stává nyní základem pro vše v živých a neživých organismech. Dále rozvíjí specifické pohledy na svět s použitím systémové integrace a také vytváří zcela nové progresivní pohledy na informační a komunikační techniky a technologie s cílem poznávání světa s řízením objektů v kybernetice a využíváním v praxi technické kybernetiky jako prostředí pro moderní chápání systémového pojetí řízení v prostředí moderních disciplín a dalších teoretických přístupů k novým prostředím tvorby modelů a modelování s prostředky matematiky, fyziky a novými přístupy v dalších oblastech, například v kvantové fyzice, bionice, mechatronice apod. Kybernetický systém v prostředí kybernetického prostoru znázorňuje obrázek č. 2.

Informace uvedené v této kapitole a podkapitolách jsem čerpal z [3].



Obr. č. 2: *Kybernetický systém.*

*Zdroj: prof. Ing. Jiří Dvořák, CSc., dle přednášek.*

### 1.3 Teorie informace

Spojení teorie pravděpodobnosti, lineární algebry, matematické statistiky a elektrotechniky dalo vzniknout nové vědní disciplíně, tzv. teorii informace. Teorie informace se zabývá měřením, přenosem, kódováním, následným zpracováním a ukládáním informací. Informace je brána z hlediska kvantitativního.

Informace uvedené v této kapitole a podkapitolách jsem čerpal z [4] a [5].

#### 1.3.1 Základní pojmy teorie informace

Teorie informace tvoří část obecné kybernetiky. Slovo informace pochází z latiny a znamená „uvádět ve tvar“. Samotný pojem informace je velmi široký a téměř nelze definovat, natož že by existovala přesná definice pojmu. Jediné, co u informace lze určit, je míra informace, tzn., je-li informace větší či menší. Informace má abstraktní charakter, ale je vždy spojena s fyzikálním jevem, který ji přenáší (signálem).

Výše jsme si relativně definovali, co je informace. Dále si musíme definovat další pojmy. Jakoukoliv posloupnost prvků budeme nazývat *zpráva*. Zprávou tedy bude například text telegramu, program pro počítač, ale také záznam teploty provedený registračním teploměrem. Rozložitelné prvky ve zprávě budeme nazývat *symboly*. Většinou to jsou písmena abecedy, ale u výpočetní techniky to jsou symboly logická hodnota 0 a 1. Pokud symbolům přiřazujeme nějaká grafická znázornění, říkáme jim *znaky*, například písmena, číslice nebo ideogramy.

V teorii informace se zabýváme syntaktickým obsahem. Tento nám vyjadřuje kvantitativní míru informace v jednotkách zvaných bit. Jeden bit je informace, kterou nese zpráva o stavu systému, který může nabývat pouze dvou hodnot, které jsou stejně pravděpodobné. Takže informaci o velikosti jeden bit nese např. zpráva o výsledku hodu korunou. Pravděpodobnost, že padne pana je  $\frac{1}{2}$  a tudíž množství informace, kterou nese zpráva: „Padla pana“ je 1 bit. Ve výpočetní technice nabývá bit (Binary digit) pouze dvou hodnot, a to logická hodnota 0 a 1, tzv. dvojkovou číslici.

#### 1.3.2 Přenos informace

V praxi získáváme informace o systému přímo jen málokdy. Ve většině případů se jedná o tzv. zprostředkované podání informace o systému, kdy informaci o systému X získáme pozorováním systému Y, který je se systémem X nějak spojen. Nejjednodušším příkladem



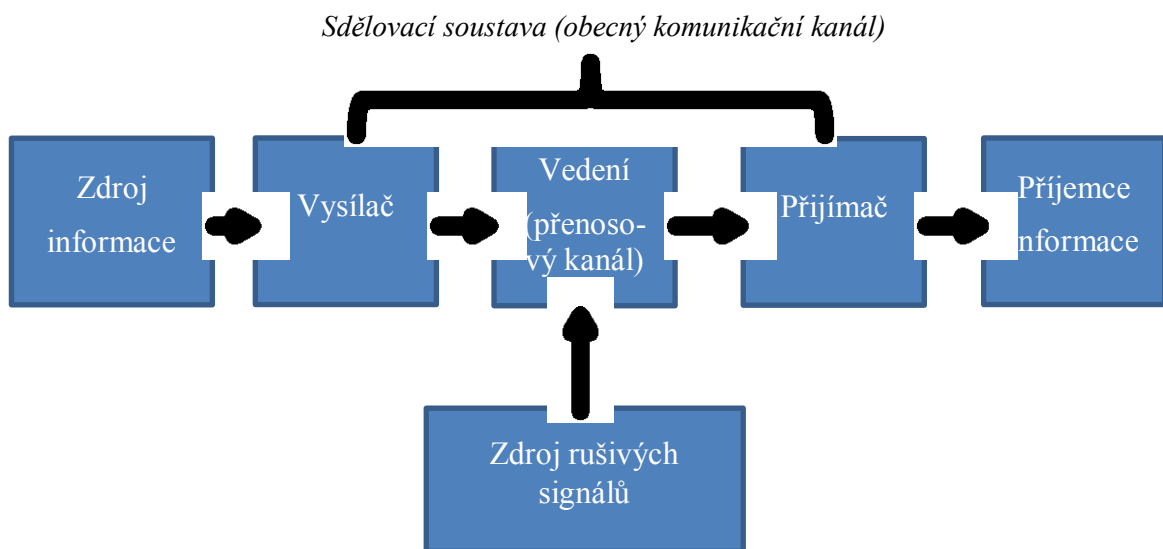
je, že systém X je tvořen textem telegramu, který je podán na poště ve Zlíně a systém Y je tvořen textem přijatého telegramu na poště v Uherském Hradišti.

Při přenosu informace na systémy a přenosovou soustavu působí rušivé elementy. Jako jsou ztráta informace vlivem zaokrouhlování jednotlivých systémů nebo v jemnosti rozlišování stavů a chybami při přenosu mezi systémy, což může být zkreslení signálů v kanále při přenosu zprávy.

Kanálem rozumíme souhrn prostředků k přenosu signálu od zdroje k příjemci. Jedním z takových kanálů pro přenos informací je tzv. diskrétní kanál, který se používá pro přenos diskrétních zpráv.

Schopnost kanálu přenášet informaci se popisuje veličinou nazývanou propustnost kanálu nebo taky kapacita kanálu. Myslí se tím maximální množství kanálu, které je kanál schopen v průměru přenést jedním prvkem nebo za jednotku času.

Jelikož vlastnosti kanálu nelze měnit, kapacita je pevně dána, je úkolem teorie informace určení nejekonomičtějšího kódování informace tak, aby daná informace mohla být co nejrychleji přenesena přes spojovací kanál (viz obr. č. 3). Pro přenos se ještě stále používají signály analogové (spojité spektrum). Tyto signály jsou sice převáděny do digitální podoby, pro zpracování výpočetní technikou, ale jejich přenos se z části realizuje pomocí spojitých kanálů, například pomocí fázové nebo frekvenční modulace. Pro naše využití, tedy využití pro ICT, se používá ve většině případů diskrétních kanálů (diskrétní spektrum).



Obr. č. 3: Komunikační kanál

Zdroj: [4]

U některých způsobů kódování je potřeba více symbolů k přenesení stejné informace stejným přenosovým kanálem než u jiného způsobu kódování. Teorie informace tedy hledá takový kód, který bude mít největší entropii, tzn., že bude mít nejmenší počet symbolů na dané množství informace v přenášené zprávě. Pokud najdeme takový kód, bude se naše zpráva po přenosovém kanále pohybovat nejkratší dobu. Nejvýhodnější způsob kódování by byl takový, kde by byl výskyt jednotlivých symbolů se stejnou pravděpodobností. Ale zároveň nám tato podmínka nezaručí, že takový kód bude mít minimální redundanci (nadbytečnost).

## 1.4 Teorie modelů a modelování

Model je velmi důležitý pojem v kybernetice a dnes už nejen v kybernetice, ale v široké škále dalších lidských činností. Co si pod pojmem model představit, naznačí klasická definice.

Jsou dány dva objekty  $X$  a  $Y$  a pozorovatel. Objektu  $X$  říkáme, že je modelem objektu  $Y$ , jestliže pozorovatel může použít objekt  $X$  k získání odpovědi na otázky, které se týkají objektu  $Y$ .

Informace uvedené v této kapitole a podkapitolách jsem čerpal z [4] a [6].

### 1.4.1 Obecná teorie modelování

Modelování je proces, v němž se tvoří modely za pomoci konvenčních, nekonvenčních a semikvalitativních přístupů. Model je definován jako zobrazení existujících stránek reálného systému a identifikace je pak proces ztotožnění modelu s objektem. Modelování a identifikace jsou procesy, které se navzájem prolínají.

Na základě předem daných informací o systému, určeném na zvolené rozlišovací úrovni a smyslu užití modelu přímo na objektu zkoumání, odhadneme za pomoci matematicko-fyzikální analýzy strukturu modelu a vhodně volenými experimenty přímo na tomto systému pak, jako druhý krok, odhadujeme metodami identifikace hodnoty jeho parametrů. Cílem modelování a identifikace je vytvořit model, který se co nejvíce podobá a chová jako systém za stejných provozních podmínek.

Zkoumaný systém se nazývá proces a určený systém je nazýván modelem. Slovem objekt je pak pojmenována hmotná část skutečnosti, na které systém definujeme. Definovat systém na objektu z hlediska daného účelu a vytvořit vyhovující model jsou základní úlohy modelování a identifikace.

### 1.4.2 Modely konvenční

Konvenční modely se vyznačují tím, že složité vztahy vyjadřují symbolicky a zachovávají přitom jednoduchost a racionálnost za využití fyzikálního a matematického formálního aparátu. Z toho vyplývá, že model je představován soustavou matematických vztahů, které jednoznačně popisují zkoumaný jev.

Formální aparát je většinou tvořen rovnicemi algebraickými, obyčejnými nebo parciálními, diferenciálními anebo soustavami takových rovnic, dále se využívají vztahy z teorie klasických množin, algebry, teorie pravděpodobnosti, matematické statistiky či logiky. Tato rovnice a vztahy se stávají modelem matematickým pouze tehdy, jsou-li přiřazeny ke zkoumanému procesu nebo jevu.

Tyto konvenční matematicko-statisticko-analytické modely představují modely, které lze sestavit pouze tehdy, jsou-li k dispozici přesné a úplné informace.

Modely, které vykazují takovou formální dokonalost, nejsou většinou adekvátní skutečnosti, a tudíž nelze předpokládat, že dostatečně složitý konvenční model může reprezentovat realitu s libovolnou přesností či adekvátností. Konvenční modely vyžadují velké množství přesných informací, které jsou náročné jak na způsoby objektivního získávání, tak i na svoji kvalitu. Tato skutečnost je zvláště závažná pro modely určené pro práci v informačních nebo řídicích systémech reálného času.

### 1.4.3 Nekonvenční modely

Jsou to modely, kde se nevyužívá numerického znázornění modelu, tzv. nenumerické modely. K těmto modelům přistupujeme tehdy, pokud nechceme nebo neumíme analyticky přesně popsat vztahy mezi proměnnými veličinami popisovaných dějů. V nekonvenčních modelech se využívá kvalitativního uvažování. Místo reálných čísel se oborem hodnot stává konečná a upořádaná množina hodnot. Tato množina hodnot umožňuje kvalitativně charakterizovat aktuální hodnotu kvalitativní proměnné relativně vůči jejím mezním hodnotám.

Čas je v kvalitativním modelu reprezentován uspořádanou množinou symbolů, odpovídajícím významným okamžikům. Kvalitativní průběh proměnné v čase je funkce, která přiřazuje významným okamžikům a intervalům mezi nimi kvalitativní hodnoty.

Nekonvenční (kvalitativní) simulace systému spočívá v odvození kvalitativního průběhu jeho proměnných ze soustavy konfluencí, které systém charakterizují, a kvalitativních hodnot nezávisle proměnných ve zvoleném časovém okamžiku.

V kvalitativním modelu je oborem proměnných množina tří kvalitativních hodnot, a to  $K^+$ ,  $K_0$  a  $K^-$ , tzn. kvalitativní hodnota proměnné  $X$  může být pozitivní, negativní nebo nulová.

#### 1.4.4 Semikvalitativní modely

Semikvalitativní model leží někde mezi modelem konvenčním a modelem nekonvenčním (kvalitativním) a představuje kompromis mezi přesností a jednoduchostí, tudíž si bere výhody obou modelů a eliminuje nevýhody obou předchozích modelů.

Při užití nekonvenčního modelu se používají tři kvalitativní hodnoty, u semikvalitativního modelu se využívají intervaly.

Parametry tripletů semikvalitativního modelu pak mohou nabývat číselných hodnot, určených semikvalitativními intervaly, a to kladnými, zápornými nebo nulovými intervaly. Každý interval tvoří jednodimenzionální interval na ose a je definován se svojí horní a dolní hranicí. Nulový interval je vždy reprezentován deterministickou hodnotou 0.

## 1.5 Teorie umělé inteligence

Příchodem počítačů a jejich dalším zdokonalováním se rozšířila škála problémů, které umíme pomocí výpočetní techniky řešit. Počítače některými svými schopnostmi předčily očekávání svých tvůrců, a tak se nyní používají i v úlohách, jejichž řešení bylo dříve doménou pouze lidské inteligence. Nově vzniklá disciplína, která se touto problematikou zabývá, zkoumá a řeší aplikace, se nazývá umělá inteligence.

Informace uvedené v této kapitole a podkapitolách jsem čerpal z [4], [6], [7] a [8].

### 1.5.1 Intelligence

Definicí, co to vlastně inteligence je, je mnoho a doposud nedošlo ke sjednocení názorů.

1. *"Intelligence je schopnost zpracovávat informace, tedy všechny dojmy, které člověk vnímá."* (J. P. Guilford, dlouholetý prezident Americké psychologické společnosti)
2. *"Intelligence je všeobecná schopnost individua vědomě orientovat vlastní myšlení na nové požadavky, je to všeobecná duchovní schopnost přizpůsobit se novým životním úkolům a podmínkám."* (Němec William Stern)
3. *"Intelligence je vnitřně členitá a zároveň globální schopnost individua účelně jednat, rozumně myslet a efektivně se vyrovnávat se svým okolím."* (Američan David Wechsler)
4. *"Intelligence je souhrn vjemových, psychomotorických a intelektových schopností."* (neznámý autor)

Přestože inteligence je vrozená schopnost, lze ji rozvíjet získáváním zkušeností a vystavováním se řešení různých situací, jejichž řešení inteligenci vyžaduje.

### 1.5.2 Definice umělé inteligence

Pojem umělá inteligence je dnes široce skloňován ve všech pádech. Začíná se i pozvolna aplikovat do prvních strojů, a to nejen do robotů, jak si většina z nás představí díky sci-fi filmům, ale i do přístrojů, které denně využíváme. Za všechny jmenuji třeba takový digitální fotoaparát, který vyfotí, až nebo když se focení lidé usmějí. Je zajímavé, že, i když se umělá inteligence aplikuje, stále není přesně známo, co to vlastně taková inteligence je!

Do dnešních dní bylo publikováno mnoho teorií umělé inteligence. Níže uvedu jedny z prvních definic.

- Umělá inteligence je označení uměle vytvořeného jevu, který dostatečně přesvědčivě připomíná přirozený fenomén lidské inteligence.
- Umělá inteligence označuje tu oblast poznávání skutečnosti, která se zaobírá hledáním hranic a možnosti symbolické, znakové reprezentace poznatku a procesu jejich nabývání, udržování a využívání.
- Umělá inteligence se zabývá problematikou postupu zpracování poznatku – osvojováním a způsobem použití poznatku při řešení problému.

Další definice jsou víceméně variace výše uvedených definic.

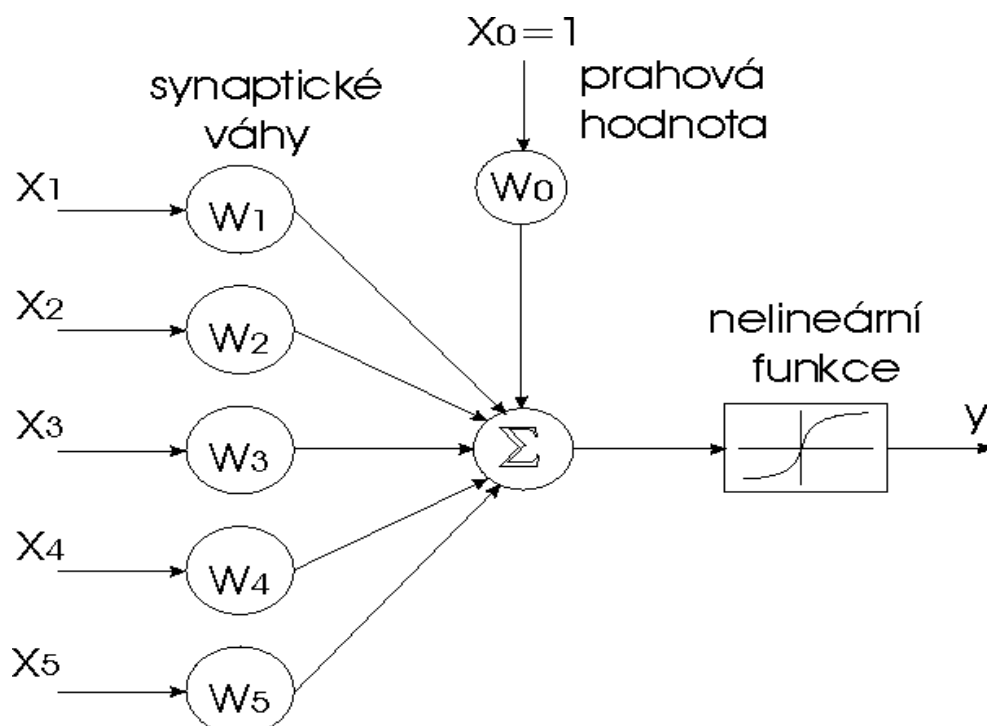
## 2 METODY ŘEŠENÍ

Dnes existuje několik metod (technik), které se používají ke konstrukci inteligentních systémů. Jsou to metody, které se inspirovali jak u lidského mozku (neuronové sítě), tak například v přírodě (evoluční algoritmy). Vždy se ale jedná o velmi složité matematické algoritmy, jejichž vysvětlení přesahuje rozsah této práce. V následujících kapitolách si proto jen ve stručnosti představíme některé z metod.

Informace uvedené v této kapitole a podkapitolách jsem čerpal z [6], [9].

### 2.1 Umělé neuronové sítě

Umělé neuronové sítě byly vytvořeny napodobením jednoduchého modelu neuronu. První matematický model neuronu vytvořil McCulloch a Pitts v roce 1943 a tento model se pro běžné aplikace používá dodnes. Tento model se skládá ze tří hlavních částí, a to vstupů, výstupu a funkční části. Funguje jako černá skříňka s několika vstupy, jedním výstupem a uvnitř je funkční část, která určuje, jak bude daný neuron na vstupní podněty reagovat (viz obr. č. 4).



Obr. č. 4: Umělý neuron

Zdroj: [9]



Všechny typy neuronových sítí jsou složeny z výše popsaných umělých neuronů (perceptor), ale mohou obsahovat různé funkční části, spojení mezi sebou a adaptivní – učící algoritmus. To vše pak určuje, o jakou síť se jedná. Neuronové sítě dělíme podle několika kritérií, které určují jejich další použití:

- Podle počtu vrstev:
  - o jednovrstvé,
  - o vícevrstvé (v dnešní době nejvíce užívané).
- Podle typu algoritmu učení:
  - o s učitelem,
  - o bez učitele.
- Podle stylu učení:
  - o deterministické,
  - o stochastické.

Neuronové sítě se využívají v široké škále aplikací. Nejčastěji se používají při napodobování jakékoliv lidské činnosti. Jedna z takových činností je rozeznávání. Mozek musí stále rozpoznávat objekty vnímané čidly (smysly) a tyto objekty pak zpracovat, vyhodnotit a zařadit. Poté mozek vydá příslušný povel na zpracované podněty. Umělá neuronová síť tento postup převzala a v dnešní době se používá například na rozeznávání písma, které je již velmi nečitelné. Umělá neuronová síť si ale s touto překážkou dokáže dobře poradit.

Z toho vyplývá, že využití neuronových sítí je opravdu široké a jeho význam se zvětšuje. Níže uvedu ještě několik dalších příkladů užití neuronových sítí:

- identifikace radarových či sonarových signálů (vojenské aplikace),
- predikce chování (předpověď chování burzy, řízení systémů na základě událostí, které teprve přijdou),
- klasifikaci (rozhodování bez přítomnosti člověka),
- optimalizaci (hledání vhodné trajektorie robota),
- rekonstrukci poškozených signálů.

Základní rozdíly mezi neuronovou sítí a počítačem ilustruje tabulka 1.

Neuronová síť	Počítač
Je určena nastavováním vah, prahů a struktury	Je programován instrukcemi (if, then, go to,...)
Paměťové a výkonové prvky tvoří homogenní celek	Proces a paměť pro něj jsou separovány
Paralelismus	Sekvenčnost
Tolerují odchylky od originálních informací	Netolerují odchylky
Samoorganizace během učení	Neměnnost programu

Tabulka 1: Rozdíl mezi PC a neuronovou sítí

Zdroj: [7]

## 2.2 Fuzzy logika

Fuzzy logika je další algoritmus umělé inteligence. Nám nejbližší binární logika je jen okrajovým případem fuzzy logiky. Podle binární logiky může být daná věc zařazena jen do dvou tříd, a to 0 a 1, což je takové černobílé zařazení. V případě zařazení fuzzy logiky je situace docela jiná. U binární logiky je stupeň příslušnosti 0 a 1, nic víc a nic míň. U fuzzy logiky je stupeň příslušnosti různý. Tento stupeň příslušnosti určuje, jak moc konkrétní objekt patří do dané třídy. Ve fuzzy logice může funkce příslušnosti nabývat hodnot na intervalu 0 až 1. Díky tomu se stala fuzzy logika mohutným nástrojem pro simulování základních inteligentních pochodů.

Tato metoda dokáže napodobovat lidské uvažování a rozhodování. Využívá se v oblasti lingvistiky, psychologie, sociologie, což jsou obory klasické matematice velmi vzdálené. Mnoho lidských aktivit je založeno na logickém myšlení, které dělíme na logické operace, jež se dají simulovat pomocí fuzzy logiky. Logické operace jsou podobné operacím typu součet a součin. Na základě těchto operací je pak stroj vybavený fuzzy logikou schopen provádět usuzování a rozhodování, jenž se v mnohém podobá lidskému. Používá se zde tzv. If-Then pravidlo (př.: jestliže je zima, pak si dám bundu).

V současné době existuje mnoho aplikací fuzzy logiky. Fuzzy logika se využívá v moderních automatických pračkách nebo v řídicích jednotkách automobilů. V automobilech dosáhla výborných výsledků při aplikaci do parkovacích automatů. Ačkoliv se fuzzy logika stále vyvíjí, má i svá omezení, třeba v oblastech akustických informací.

Fuzzy logika je a bude vedle neuronových sítí jeden z pilířů umělé inteligence, který sehraje významnou roli ve vzniku systému se skutečnou všestrannou inteligencí.

### 2.3 Evoluční algoritmy

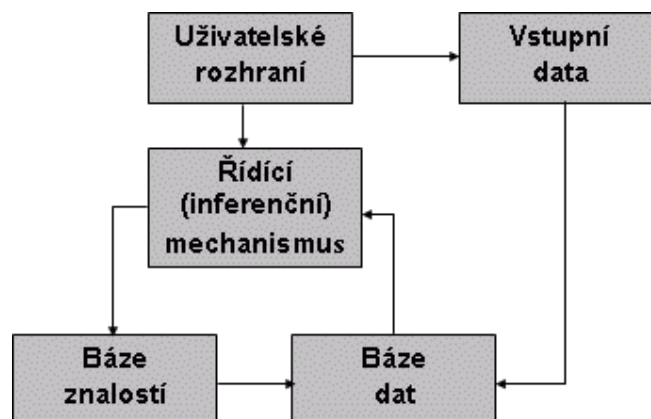
Evoluční algoritmy jsou odvozeny podle evolučních procesů probíhajících po miliony let v přírodě. Formulování přírodních evolučních zákonů zabralo Darwinovi několik let studia a cestování po světě. A tyto zákony daly koncem 20. století vzniknout tzv. evolučním algoritmům. Princip evolučních algoritmů v umělé inteligenci spočívá v tom, že se cyklicky tvoří generace nových jedinců a z nich přežijí jen ti nejlepší, vítězové. Tyto principy byly převedeny do matematické podoby a používají se na řešení mnohých problémů. Dlouhou dobu existoval jen jeden druh evolučních algoritmů, a to tzv. genetické algoritmy.

V poslední době se objevil nový typ, a to diferenciální evoluce, který je mnohem jednodušší pro zpracování na počítačích. Dalšími výhodami diferenciální evoluce jsou rychlost (i pro více rozměrů), spolehlivost a výsledkem řešení je to jedno nejlepší řešení. Její využití se nachází v optimalizaci systémů a procesů nebo pro hledání optimální cesty robota.

### 2.4 Expertní systémy

Expertní systémy jsou počítačové aplikace, které mají za úkol poskytovat expertní rady, rozhodnutí nebo doporučit řešení v dané situaci. Musí být navrženy tak, aby mohly zpracovávat nenumerné a neurčité informace. Expertní systémy se skládají ze dvou základních modulů, z řídicího mechanismu a báze znalostí (viz obr. č. 5). Tyto moduly jsou na sobě víceméně nezávislé. Znalostní modul poskytuje podklady pro rozhodnutí řídicího modulu.

Oproti lidskému expertovi má expertní systém několik výhod, mezi něž patří dostupnost, cena, časová flexibilita, spolehlivost a rychlost.



Obr. č. 5: Hlavní komponenty expertního systému

Zdroj: [6]

Expertní systémy mají široké pole působnosti, využívají se v medicíně, geologii, chemii, zemědělství, právu, ale i v matematice a jiných oblastech.

Problémy, které jsou vhodné pro řešení za pomoci expertních systémů:

- interpretace (rozpoznávání situace z údajů, které je popisují),
- predikce (odvození očekávaných důsledků dané situace),
- diagnostika (učení stavu systému z pozorovatelných projevů jeho chování),
- konstruování (výběr a sestavení objektů do funkčního celku při omezujících podmínkách),
- plánování (sestavení posloupnosti akcí za účelem dosažení cíle),
- monitorování (sledování a porovnávání údajů odpovídajících určité situaci za účelem zjišťování a následného odstranění odchylek od očekávané situace),
- ladění a opravování (výběr, sestavení a uskutečnění posloupnosti akcí odstraňující odchylky nebo chybové stavy),
- učení (diagnostika, ladění a upravování vědomostí studenta),
- řízení (interpretace, predikce, monitorování a oprava chování systému).

### 3 TVORBA MODELU ROBOTICKÉHO BEZPILOTNÍHO SYSTÉMU

Model je zjednodušená forma zobrazení podstatných rysů zkoumaného úseku reality. Model je sestaven podle určitých pravidel, která dovolují napodobit chování a vlastnosti zobrazené reality. Model nám slouží k jednoduššímu pochopení reálných dějů, objektů či procesů.

Informace uvedené v této kapitole a podkapitolách jsem čerpal z [10] a [11].

#### 3.1 Skladba robotického systému

Robotický bezpilotní prostředek se skládá ze základní struktury a jejich vzájemnými vazbami.

Základní struktura:

- senzorický systém,
- kognitivní systém,
- aktuátory.

##### 3.1.1 Senzorický systém

Zde jsou zahrnuty veškeré technické nástroje (senzory), jež snímají a zpracovávají údaje z okolního prostředí. Sensory poskytují nejen údaje z okolního prostředí robotického prostředku, ale i tzv. interní údaje o jednotlivých systémech robota. Jsou to například údaje o vzdálenostech jednotlivých objektů, údaje o akceleraci a rychlosti, údaje o poloze z GPS, anebo o teplotě a zatížení pohonné jednotky.

##### 3.1.2 Kognitivní systém

Je hlavní částí realizující inteligentní chování robotického systému a je sestaveno z několika komponent, kterými jsou:

1. Systém pro porozumění a interpretaci senzorických dat – úkolem tohoto systému je vnímat informace získané ze senzorů o okolním prostředí tak, jako by je vnímal živý organismus. V praxi jde obvykle o proces předzpracování, segmentaci a klasifikaci senzorických dat. Výstupem je symbolická reprezentace počitků ze senzorů. Interpretační část dále zajišťuje aktualizaci dat existujícího modelu prostředí ze senzorů.

2. Interní model prostředí – zde se shromažďují informace získané o okolním prostředí (zkušenosti). Robot dokáže využít minulé zkušenosti při řešení úloh, nebo v některých případech může zahrnovat i metody řešení jednotlivých úloh.
3. Plánovač – tato část kognitivního systému je zodpovědná za návrh cílově orientovaného chování, tedy za vytvoření posloupnosti akcí, které zajistí, že robot splní úlohu a dojde k požadovanému cíli. Plánování činností je prováděno na základě znalostí z interního modelu prostředí.
4. Realizátor plánů – má za úkol detailně rozpracovat posloupnost jednotlivých činností do formy, jež je vhodná pro řízení aktuátorů robota. Současně zajišťuje bezkolizní průběh činností, a to ověřováním změn v prostředí v průběhu vykonávaných činností.
5. Komunikační systém – zprostředkovává kontakt s nadřazeným operátorem (pilotem). Jeho hlavním úkolem je zadávání cílů nebo kooperace s dalšími inteligentními robotickými prostředky.

Výstupem kognitivního systému jsou posloupnosti řídicích příkazů pro pohonný systém robotického prostředku (tzv. aktuátory).

### 3.1.3 Aktuátory

Aktuátory (viz obr. č. 6) zajišťují fyzické působení robotického prostředku na okolní prostředí za účelem pohybu nebo manipulace s objekty. Pro náš robotický bezpilotní prostředek jde v zásadě o dva směry.



Obr. č. 6: Ilustrativní příklad aktuátoru

Zdroj: [11]

První směr používá k udržení se ve vzduchu křídla. Jeho pohonná jednotka může být buď vrtulová (pro menší prostředky vhodnější), nebo může být použito proudového motoru (vhodnější pro větší bezpilotní prostředky). Mezi výhody patří delší doba letu, operace i ve větších výškách a pokrytí většího území. Nevýhodou je neschopnost vydržet na místě a pomalejší otáčení. Příklad využití tohoto typu znázorňuje obr. č. 7.



Obr. č. 7: *MQ – 1 Predator – Unmanned Aerial Combat Vehicle*

Zdroj: [12]

Druhý směr nevyužívá křidel, ale jen vrtulí (v různém množství) k udržení se ve vzduchu a k pohybu. Hlavními výhodami tohoto směru jsou možnost zůstat ve visu na jednom místě a rychlejší reakce na změnu směru letu (a to ve všech směrech). K nevýhodám řadíme kratší dobu letu, nižší dostupnost a složitější ovládání. Příkladem takového využití může být např. dron znázorněný na obr. č. 8.



Obr. č. 8: *BRUS - dron Vojenského technického ústavu*

Zdroj: [13]

### 3.2 Symbolický model

Je na fyzikální formě nezávislý. Může být vyjádřen graficky pomocí symbolů, nebo může být popsán slovy.

Mezi nejdůležitější symbolické modely patří matematický model (popisu matematického modelu věnuji kapitolu 3.3).

Při grafickém znázornění modelu může být užito blokové schéma nebo vývojové diagramy. Symboly ve vývojovém diagramu jsou jednotlivé značky, které mají přesně definovaný význam a pro upřesnění se do nich vpisují slovní operace.

Slovní popis modelu nám pomocí textu pomůže pochopit celý průběh děje a jednotlivých činností. Většinou bývá kombinován s grafickým znázorněním.

### 3.3 Matematický model

Matematický model je abstraktní model využívající matematického zápisu k popisu chování systému.

Matematický model se využívá v širokém spektru různých oborů, pronikl do přírodních, technických, ekonomických a též sociálních věd a stal se důležitým pomocníkem při simulacích systémů, analýzách a prognózách chování různých procesů a jevů.

Matematický model poskytuje srozumitelný popis všech důležitých faktorů dané situace a umožňuje odhalit podstatné vztahy mezi prvky systému.

Výhody užití matematického modelu:

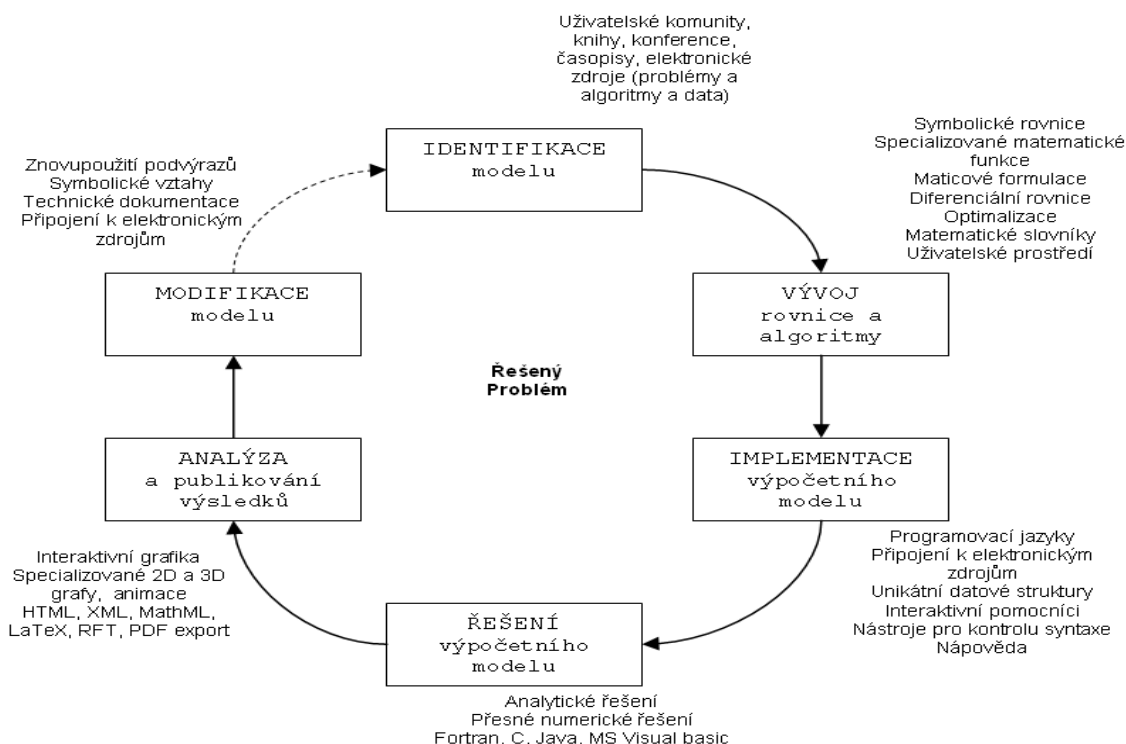
- dokáže zjistit informace o chování systému, které nejdou zjistit ani z originálního systému, nebo je to nemožné;
- urychluje zjištění procesů, které v reálném systému probíhají pozvolna a dlouhodobě;
- dává přehledná a stručná zobrazení objektivní reality;
- umožňuje testování mnoha variant a jejich propočet;
- identifikuje vznik chybného poznání objektivní reality.

Matematické modelování si nyní neumíme představit bez využití ICT. Požadavky na matematické výpočty, na jejich přesnost, vizualizaci a interaktivní komunikaci vedly k vytvoření komplexních programových systémů. Jako příklad uvedu TI-Nspire od firmy



Texas Instruments (<http://www.derive.com>), Maple od Maplesoft (<http://www.maplesoft.com>) či Mathematica od Wolfram Reasearch, Inc. (<http://www.wolfram.com>).

Postup matematického modelování s využitím ICT sestává z několika kroků. Jedná se o neustálý interaktivní proces s četnými zpětnými vazbami, který se několikrát opakuje, což ukazuje obr. č. 9.



Obr. č. 9: Matematické modelování s využitím ICT

Zdroj: [14]

## 4 DÍLČÍ ZÁVĚR

V teoretické části práce jsem se postupně zabýval teoretickými východisky, až jsem se dostal po problematiku umělé inteligence.

Umělá inteligence je velmi široký pojem. V dnešní době jsou metody umělé inteligence spolu natolik provázány, že není možné říci, že se implementuje do systému jen jedna konkrétní metoda. Většinou se jedná o kombinaci minimálně dvou metod (například program AlphaGo, který využívá techniky strojového učení a neuronových sítí). A i přesto je to stále „jen“ *slabá umělá inteligence*. To znamená, že je zaměřena pouze na úzký okruh zájmů, v případě AlphaGo na hru Go.

Slabá umělá inteligence se používá i při konstrukci bezpilotních prostředků. Některé bezpilotní prostředky jsou natolik inteligentní, že dokáží při ztrátě signálu od operátora nalézt buď poslední místo, kde ještě signál byl, nebo se vrátit na místo vzletu a případně i dosednout na dokovací stanici. Pokud by ale tato dokovací stanice byla zasypana listím, už tento prostředek nenapadne možnost svými rotory toto listí odfouknout a poté na ni přistát. Zjednodušeně řečeno, tyto prostředky nedokáží „překročit svůj stín“.

Toto vše by mohla vyřešit tzv. „*silná umělá inteligence*“, též označovaná jako „*obecná umělá inteligence*“. Pak ale vyvstává otázka, zda-li by si nemohla říci, že lidstvo je tu zbytečné...

## II. PRAKTICKÁ ČÁST

## 5 ANALÝZA VYBRANÉHO BEZPILOTNÍHO PROSTŘEDKU

V praktické části mé bakalářské práce jsem se chtěl zaměřit na analýzu vybraného bezpilotního létajícího prostředku (UAV). Jelikož jsem při hlubším bádání zjistil, že je téměř nemožné získat informace, které by bylo možné použít pro analýzu bezpilotního létajícího prostředku.

Důvodů je hned několik. Jelikož jsem voják z povolání, chtěl jsem se zaměřit na vojenské bezpilotní prostředky (jako je např. prostředek na obr. č. 10). Zde jsem narazil na první překážku, protože všechny bezpilotní prostředky v AČR jsou tajné. Zjistit lze maximálně základní takticko-technická data. Poté jsem se chtěl zaměřit na bezpilotní prostředky v civilním sektoru a zde nastal podobný problém. Žádná firma neposkytne své informace o použitých metodách umělé inteligence, jelikož se jedná o firemní „know how“.

Z těchto důvodů jsem se zaměřil na řešení problému za použití bezpilotního robotického systému, jenž využívá ke své činnosti nejen obsluhy, ale i umělé inteligence.

Tudíž se v dalších kapitolách zaměřím na návrh vlastního modelu bezpilotního robotického prostředku, a to pro civilní použití v bezpečnostních službách.

Informace uvedené v této kapitole a podkapitolách jsem čerpal z [10], [15], [16], [17] a [18].



Obr. č. 10: *X-47B – neviditelný bezpilotní letoun*

Zdroj: [19]

## 5.1 Model

Při realizaci robotického bezpilotního prostředku je v první řadě nutné si ujasnit, k čemu takový prostředek bude využíván, co by měl umět, v jakých podmínkách bude používán, jak dlouho by měl vydržet ve vzduchu a v jaké operační výšce. Dále je třeba si ujasnit, co by měl umět bez zásahu pilota, jak by se měl zachovat při ztrátě spojení s řízením letu a o čem by se měl rozhodovat samostatně bez zásahu do řízení.

Všechny tyto požadavky by se měly promítnout do tvorby modelu robotického bezpilotního prostředku.

## 5.2 Možnosti modelování bezpilotního robotického systému

V této kapitole se zabývám modelováním bezpilotního robotického systému a možným využitím bezpilotního prostředku k ochraně a kontrole rozsáhlejšího soukromého objektu.

### 5.2.1 Formulace problému

Dnešní moderní doba a její technologická vyspělost umožňuje využití bezpilotních robotických systémů i v civilním sektoru. Robotické bezpilotní prostředky už nejsou doménou velkých armád, jelikož jejich vývoj a pořízení není tak nákladné jako v minulosti. Příkladem využití inteligentních bezpilotních prostředků v soukromém sektoru je kontrola a ochrana soukromých pozemků, areálů a staveb.

Představte si, že máte rozsáhlý areál s několika budovami. Pro kontrolu areálu a budov využíváte soukromou bezpečnostní agenturu. Jeden z pracovníků agentury sedí v kontrolní místnosti, kontroluje kamery a senzory (většinou PIR čidla). Ve chvíli, kdy uvidí nějaký pohyb nebo pohyb zaznamenají senzory, musí na místo vyslat mobilní jednotku (většinou vozidlo s dvoučlennou hlídkou). Této hlídce nějakou dobu trvá, než vyjedou, najdou inkriminované místo a pak začnou provádět kontrolu.

U mého návrhu na inkriminované místo vyšle operátor místo hlídky nejprve bezpilotní prostředek a až po jeho zjištění operátor posoudí situaci a rozhodne, zda na místo zavolá policii, či zda se jedná o planý poplach. Přínosem využívání takového prostředku je úspora času, rychlejší a adekvátnější reakce na vzniklou situaci a důslednější kontrola a ochrana majetku za současného snížení mzdových nákladů.

### 5.2.2 Základní návrh modelu

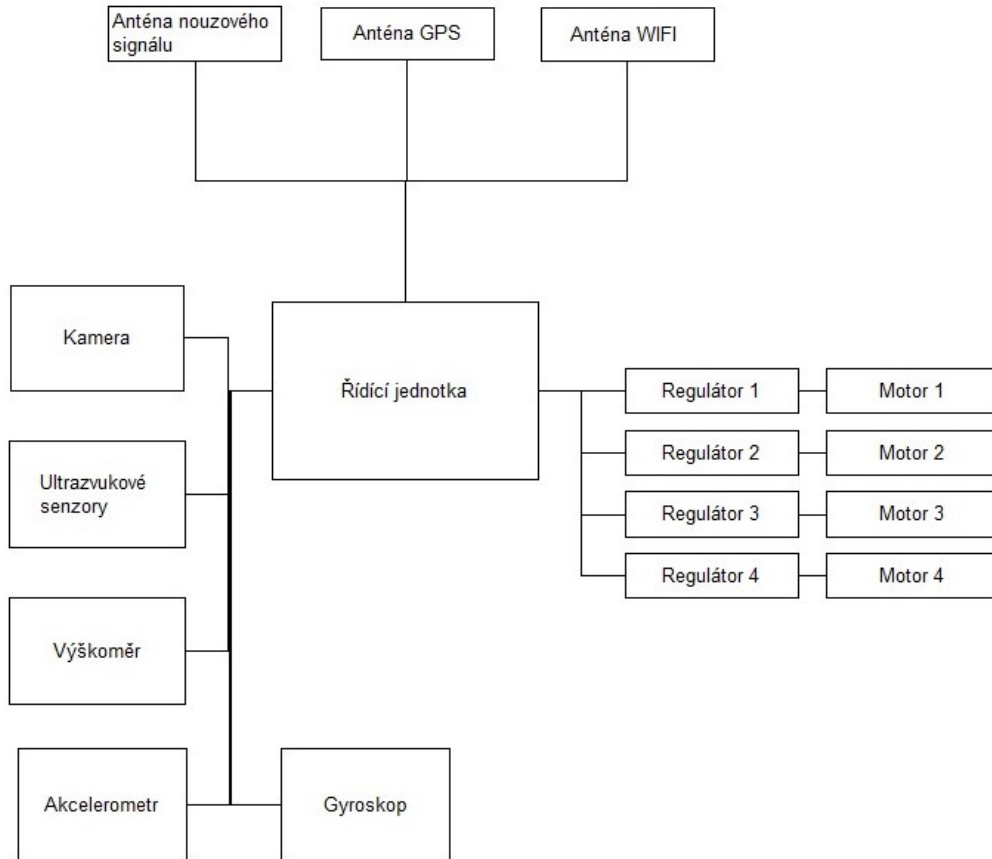
Nejprve jsem si vytýčil, co by měl bezpilotní prostředek umět:

1. pilot by měl být nadřazen všem systémům autonomního řízení, a to v mezích zákona;
2. využívat GPS a přilet na místo dle souřadnic nebo předem určených orientačních bodů;
3. vyhýbat se překážkám;
4. kameru natáčet tak, aby nezachycovala sousední pozemky;
5. neopouštět hranice vlastního pozemku, ani při řízení obsluhou;
6. sledovat cíl;
7. vzlétnout a přistát z dokovací stanice;
8. spolupracovat s více bezpilotními prostředky.

Následně jsem si stanovil základní kritéria pro konstrukci bezpilotního prostředku:

1. čtyři protiběžné rotory;
2. kompaktní rozměry (max. 1000x1000 mm);
3. doba letu minimálně 20 minut;
4. maximální výška letu 100 metrů;
5. doba dobíjení na 90% kapacity baterií maximálně 40 minut;
6. jednoduchá opravitelnost a nahraditelnost poškozených komponentů.

### 5.2.3 Budování modelu

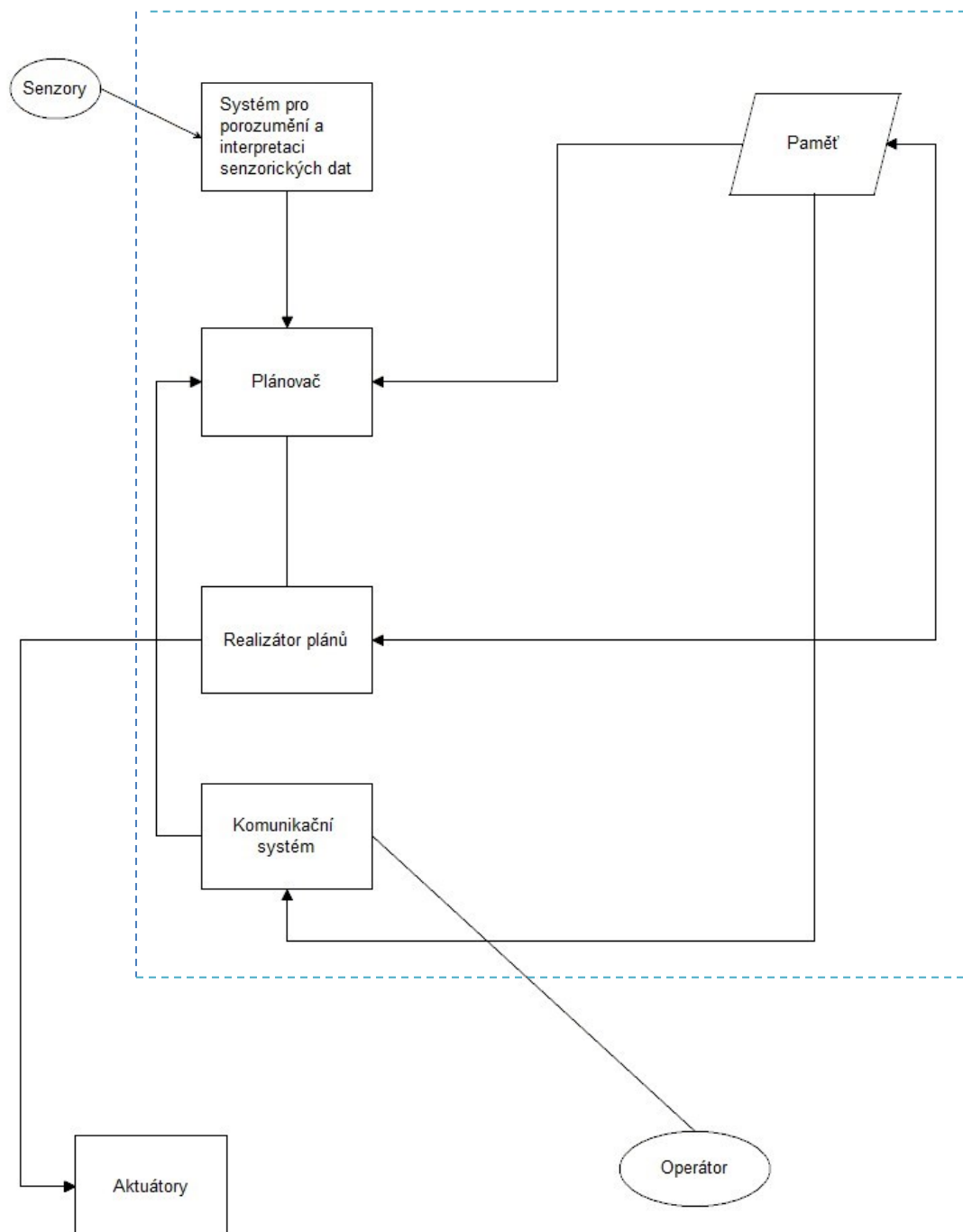


Obr. č. 11: Zjednodušené schéma bezpilotního prostředku

Zdroj: vlastní

Na obrázku číslo 11 je vlastní model bezpilotního prostředku. Pomocí jednoduchého blokového schématu jsem navrhl možnou základní skladbu jednotlivých funkčních systémů bezpilotního prostředku.

Funkční schéma řídicí jednotky zachycuje následující obrázek č. 12. Jsou zde zakresleny jednotlivé hlavní části řídicí jednotky (*popsáno v kapitole 3.1 Skladba robotického systému a v jejích podkapitolách*).



Obr. č. 12: Schéma řídicí jednotky

Zdroj: vlastní



Hlavním úkolem *systemu pro porozumění a interpretaci sensorických dat* je shromažďovat data ze sensorů robotického systému (kamera, výškoměr, data o poloze dle GPS, ultrazvukové senzory atd.) a tyto dále předzpracovat, roztřídit a klasifikovat obdobně jako by to udělal živý organismus. Dalším úkolem je provádět aktualizaci dat, aby další systémy řídicí jednotky měly stále platná data pro správná rozhodnutí. Výstupní data ze systému se posílají dále do Plánovače.

*Plánovač* je zodpovědný za návrh chování robota. Jsou zde vytvářeny posloupnosti akcí na základě úkolů od Operátora a dat získaných ze Systému pro porozumění a interpretaci dat. K plánování činností robotický systém využívá jak výše zmíněných dat, tak i informace z paměti systému, do které se ukládají již dříve provedené úkoly. Systém je tedy schopen využít i dřívějších znalostí.

*Realizátor plánů* detailně rozpracovává provedení jednotlivých akcí do formy, která je vhodná pro řízení motorů robota. Dalším jeho úkolem je zajištění bezkolizního průběhu akcí, při čemž kooperuje s Plánovačem. Společně korigují plány podle aktuálních podmínek, akci vykonají nebo její vykonání na základě vlastního vyhodnocení odmítnou.

Hlavní úkol *komunikačního systému* spočívá v kontaktu s operátorem (pilotem). Od operátora přijímá především úkoly a cíle a operátorovi předává informace o stavu systému (jeho souřadnice, množství energie v bateriích atp.) a záběry z kamery. Přenos informace je popsán v kapitole 1.3 Teorie informace.

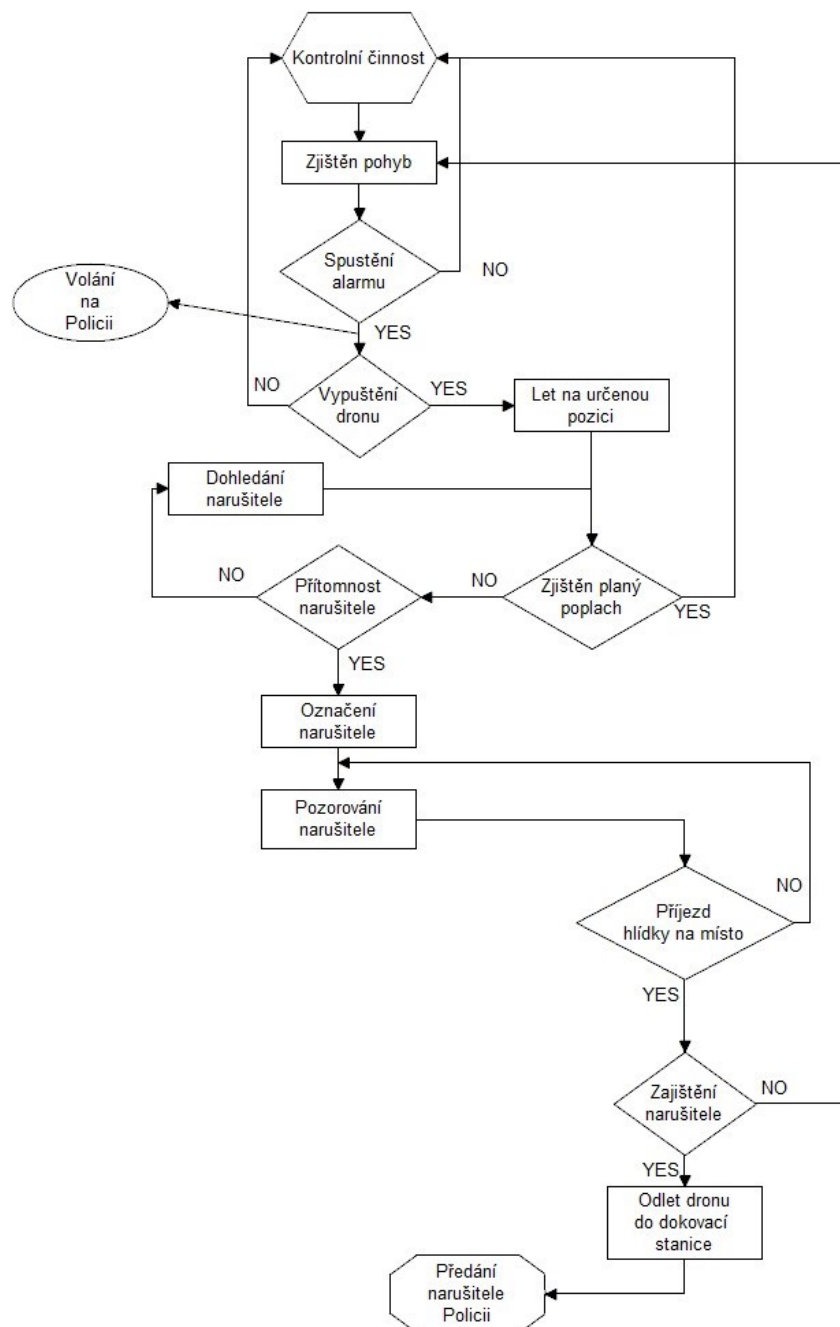
*Paměť* neboli tzv. znalostní báze slouží pro uložení jednotlivých důležitých bodů pro navigaci, mezi něž patří zejména pozice jednotlivých sensorů (např. PIR sensorů) a dále již provedené úkoly, podle kterých se může při podobných situacích zachovat (využití zkušeností). Informace z paměti využívá plánovač pro zefektivnění a tudíž i zrychlení provedení úkolu. Operátor může do paměti doplnit informace (např. informace o souřadnicích). Ve svém modelu bych chtěl využít také schopnost paměti zapisovat kompletní průběh celého úkolu, který by si operátor následně mohl stáhnout pro další potřebu (např. v trestním řízení).

Z výše popsaného vyplývá, že vybrané metody umělé inteligence, o nichž píšeme v kapitole 2 Metody řešení, se budou implementovat především do systémů plánovacích. Jednou z metod, kterou pro tuto činnost lze použít, jsou Evoluční algoritmy. Tato metoda je vhodná pro plánovací procesy a navádění robota k cíli. Její hlavní výhodou je, že vždy vybere jen jednu nejlepší možnost. Další vhodnou metodou jsou Neuronové sítě, jež dokáží řešit

obdobné problémy. Já jsem si ale pro řešení svého modelu vybral metodu Expertních systémů. Pro můj model se mi tato metoda jeví jako nejvhodnější, neboť dokáže využít nabytých zkušeností uložených ve vlastní databázi a díky tomu i operátor ví, jak se za daných okolností bezpilotní prostředek zachová. Dalším jejím pozitivem je i možnost naučit prostředek některé úkony ručně a následně uložit do databáze.

### 5.2.4 Simulace

Ve fázi simulace je důležité implementovat navržený model a otestovat scénáře a další parametry systému. Postupuje se od základních konceptů, a pokud fungují, implementují se další detaily.



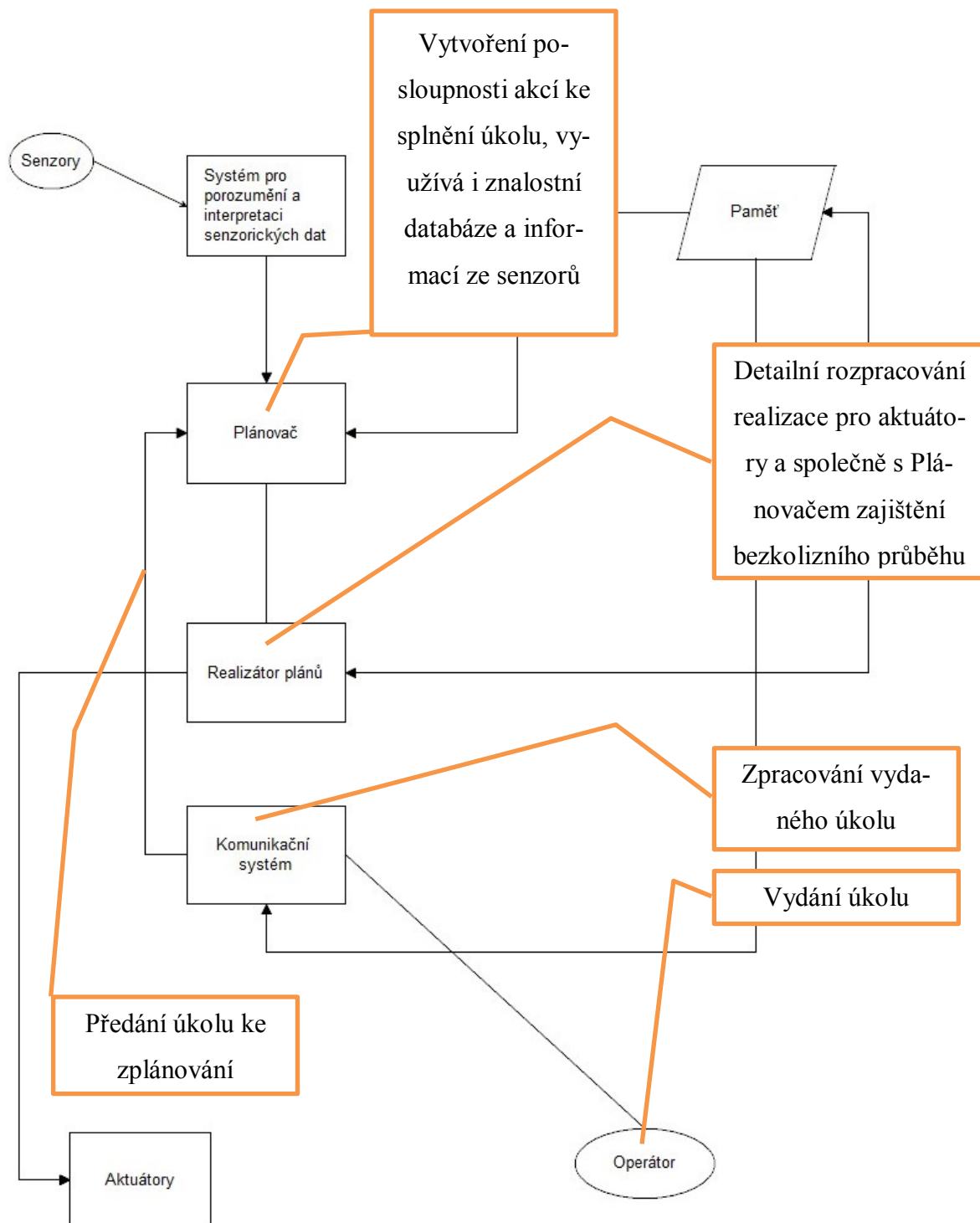
Obr. č. 13: Schéma simulačního algoritmu při narušení objektu

Zdroj: vlastní

Na obrázku výše (obr. č. 13) je znázorněna kontrolní činnost bezpečnostní služby a její postup při zjištění pohybu senzorem v objektu, tedy možné narušení objektu pachatelem.

Při této činnosti jsou do úvahy vzaty i možnosti, kdy je zjištěn pohyb, ale pachatel není v objektu nalezen, tedy senzor (PIR čidlo) spustilo tzv. planý poplach. Tento může být spuštěn zvířetem, větrem či poruchou čidla.

Proto je výhodnější na dané místo nejdříve vyslat bezpilotní prostředek a až po identifikaci problému vyslat hlídku (třeba rovnou i PČR). Než se na inkriminované místo dostaví hlídka, je bezpilotní prostředek schopen zůstat na pozici, dohledávat možného pachatele nebo jej pozorovat a odesílat informace o jeho aktuální pozici.



Obr. č. 14: Přijetí úkolu

Zdroj: vlastní

Na obr. č. 14 je znázorněna posloupnost činností řídicí jednotky po přijetí úkolu od operátora.

Úkol přijímá Komunikační systém, který jej předzpracuje a poté posílá Plánovači. Plánovač na základě informací z vlastních sensorů, Znalostní databáze (Paměti) a podle úkolu naplánuje posloupnost akcí potřebných ke splnění daného úkolu. Přitom se využívá jedna z metod umělé inteligence, která společně s Realizátorem plánů (může být součástí plánovače) zajistí bezkolizní průběh plnění úkolu. Plánovač i Realizátor plánů musí být po celou dobu plnění úkolu schopni reagovat na nenadálé situace možnou změnou úkolu od operátora nebo také pomocí informací získaných z vlastních sensorů (a podle těchto informací dále měnit průběh akce).

Jelikož mohou nastat nenadálé situace, např. selhání motoru, bezpilotní prostředek by na tyto eventuality měl umět adekvátně reagovat, např. vysláním nouzového signálu o poloze a příčině pádu.

Jako možná metoda umělé inteligence pro využití v Plánovači (a Realizátoru plánů) se jeví metoda Expertních systémů.

Samozřejmostí je, že operátor si může přes Komunikační systém vyžádat informace o poloze bezpilotního systému či dřívější informace, které jsou uloženy v paměti systému.

### **5.2.5 Sumarizace výsledků**

Z výsledků simulace vyplývá, že realizace bezpilotního prostředku je podle modelu reálná, přestože by bylo ještě zapotřebí mnoho práce a simulací, než by bezpilotní prostředek pracoval podle představ.

## **5.3 Aplikovaná část kybernetické bezpečnosti**

Nejslabším článkem v oblasti kybernetické bezpečnosti jsou lidé. Řadový zaměstnanec může způsobit bezpečnostní incident s dalekosáhlými následky.

Pro systém, který bude ovládat a řídit zabezpečení objektu, se z hlediska kybernetické bezpečnosti ukazuje jako nejlepší nepřipojit jej k Internetu.

Pro možnou komunikaci mezi členy ostrahy a jejich nadřízenými se jako nejbezpečnější nabízí využití možnosti vybudování Intranetu, tedy vlastní sítě bez možnosti připojení k Internetu. Jako nejvýhodnější se jeví pásma 2,4 a 5 GHz, a to podle normy IEEE 802.11

(Wi-Fi). Jedná se o kmitočty, pro které není třeba individuálního oprávnění k užívání, navíc jsou bezplatné.

Je zřejmé, že toto řešení je možné realizovat pouze za přispění nemalé finanční částky, ale z hlediska možného kyberútoku se tato částka může rychle navrátit.

Dalším opatřením je využití kvalitního šifrování pro bezdrátovou komunikaci s bezpilotním prostředkem. Jelikož tato komunikace a řízení letu je slabou stránkou celého systému jako celku, není žádoucí, aby se kdokoli zmocnil bezpilotního prostředku. Na takové situaci by bylo možné stroj připravit a uložit do paměti varianty řešení (např. odpojení od bezdrátové komunikace a návrat do dokovací stanice).

## 5.4 Návrhy a doporučení pro praxi

Pro možnou aplikaci popisovaného systému do praxe považuji za největší překážku legislativní normy. Legislativa není v žádném případě tak pružná jako pokrok v technologické oblasti. Proto jsem se rozhodl stručně nastínit možná rizika související s uvedením navrhovaného modelu do praxe. Zaměřil jsem se na zákonné rozdělení bezpilotních prostředků, rádiový provoz a ochranu osobních údajů.

Informace uvedené v této kapitole a podkapitolách jsem čerpal z [20], [21] a [22].

### 5.4.1 Rozdělení bezpilotních prostředků

Legislativa rozděluje bezpilotní prostředky do několika kategorií:

1. *Model letadla do 20 kg* – do této kategorie patří pouze bezpilotní prostředky, které se používají pouze k rekreačním účelům, sportovním a soutěžním účelům a nejsou vybaveny zařízením pro automatický let (autopilot), jsou pouze dálkově řízeny na dohled pilota. Pro tyto bezpilotní prostředky platí pouze omezení, kde je lze provozovat.
2. *Bezpilotní letadlo* – je bezpilotní prostředek, který bude využíván pouze k rekreačním, sportovním a soutěžním účelům, ale je již vybaven zařízením pro automatický let. Mohou zde spadat i bezpilotní letadla uvedená v předchozím odstavci, avšak mohou být vybavena autopilotem (autopilot nemusí být v zařízení zapnut, stačí, když bude pouze ve stroji instalován). Na něj se vztahují veškerá ustanovení dle ICAO: *Předpis L2 – Pravidla létání, Doplněk X – Bezpilotní systémy*.

3. *Bezpilotní letadlo – profesionální užití* – jedná se o bezpilotní prostředek, který není určen pro rekreační, sportovní či soutěžní účel. Zde je již třeba povolení k provozování leteckých prací nebo činností pro vlastní potřebu, evidence pilota, evidence letadla, vybavení ID štítkem, vybavení bezpečnostním systémem, pojištění, nutnost hlášení leteckých nehod atd.

#### 5.4.2 Rádiový provoz

Další problematikou, která je legislativně upravena a bez které by navrhovaný model nefungoval, je oblast rádiové komunikace s bezpilotním prostředkem. Tuto problematiku upravuje zákon číslo 127/2005 Sb., elektronických komunikací a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o elektronických komunikacích), ve znění pozdějších předpisů. Na tento zákon navazují další předpisy, a to *Plán přidělení kmitočtových pásem* a *Plán využití rádiového spektra*.

Pro využití rádiové komunikace s bezpilotním prostředkem se jeví jako nejvhodnější využít bezplatných kmitočtů. A jako nejvhodnější se jeví využití kmitočtů pro tzv. Wi-Fi, a to buď 2,4 GHz, anebo 5 GHz podle normy IEEE 802.11. Samozřejmě je nutné dodržet technické požadavky dle §73 výše uvedeného zákona.

#### 5.4.3 Ochrana osobních údajů

Pokud použijeme bezpilotní prostředek vybavený kamerou, fotoaparátem nebo mikrofonem, s čímž v navrhovaném modelu počítám, je třeba dbát na ochranu osobních údajů dle zákona. Pro tuto problematiku vydal Úřad pro ochranu osobních údajů stanovisko č. 1/2013 – Zpracování osobních údajů prostřednictvím záznamu z kamer, kterými jsou vybavena bezpilotní letadla.

Výjimkou jsou bezpilotní prostředky, které záznam z kamer, fotoaparátů či mikrofonů nikde neukládají. Další výjimkou ze zákona je zabezpečení ochrany práv daných osob. Za tuto ochranu práv lze považovat např. hlídání rozsáhlých polí, pozemků či povrchových dolů.

Se všemi nahrávkami se musí nakládat podle zákona o ochraně osobních údajů, zejména je zabezpečit proti zneužití a nahlásit pořizování záběrů Úřadu pro ochranu osobních údajů.



## 5.5 Dílčí závěr

V praktické části jsem se pokusil navrhnout model bezpilotního prostředku. Jedná se o bezpilotní prostředek s možností autonomního letu, který je řízen s využitím umělé inteligence. Metodu umělé inteligence, kterou jsem použil k vytvoření bezpilotního prostředku, jsem navrhl Expertními systémy. Expertní systémy jsou metodou vhodnou pro navádění robotických systémů k cíli, dokáží využít nejen senzorů, ale i tzv. znalostní báze (vytvoření modelu světa, ve kterém se pohybuje).

Na závěr kapitoly jsem také zmínil problematiku ochrany systému před kyberútoky a navrhl doporučení pro praxi za použití platné legislativy.

## ZÁVĚR

V dnešní době se umělá inteligence dotýká široké škály vědních disciplín od ekonomiky, přes sociologii, filozofii, psychologii, matematiku až po robotiku. Neustále se rozvíjí i přesto, že se stále nepodařilo definovat samotnou lidskou inteligenci.

Zkoumání umělé inteligence si od svého vzniku až po současnost prošlo velkým vývojem, jehož součástí byla i období zatracení. Nyní je její zkoumání a využívání na vzestupu a s rozvojem technologií se dostává i do prostředků každodenního užívání. Většina populace vůbec netuší, že jim fotoaparát zaostřuje umělá inteligence nebo že výraz zadaný do vyhledávače je zpracováván opět umělou inteligencí. Ale ani tato neznalost není překážkou při používání těchto věcí.

V současnosti na sebe poutá pozornost užívání malých bezpilotních prostředků nejen v ozbrojených a bezpečnostních sborech, ale především ve sféře civilní. Pokoušel jsem se tuto oblast popsat a navrhnout řešení pro využití umělé inteligence v bezpilotních prostředcích. Při tvorbě modelu bezpilotního prostředku jsem vycházel z aktuálních vědeckých poznatků, praktických potřeb a zákonem stanovených limitů.

Nejen bezpilotní prostředky, ale vše využívající umělou inteligenci má před sebou bezpochyby velkou budoucnost. Lze očekávat ještě větší rozmach této technologie včetně jejího prohloubení a hlubšího pochopení umělé i přirozené lidské inteligence. Věřím, že význam i využití prostředků pracujících s umělou inteligencí bude stále narůstat.

## CITOVANÁ LITERATURA

1. **Balátě, Jaroslav.** *Automatické řízení.* Praha : BEN - technická literatura, 2003. ISBN 80-7300-020-2.
2. **Novák, Jaromír a Prukner, Vítězslav.** *Základy managementu.* Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN 978-80-244-4182-5.
3. **Janková, Martina.** Možnosti systémového prostředí ICT v kyberprostoru podniku. *GRANT journal.* 2015, 1, stránky 51-53.
4. **Kotek, Zdeněk, Petr, Vysoký a Zdeněk, Zdráhal.** *Kybernetika.* Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, n. p., 1990. ISBN 80-03-00584-1.
5. **Vajda, Igor.** *Teorie informace.* Praha : ČVUT, 2004. ISBN 80-01-02986-7.
6. **Pokorný, Miroslav.** *Umělá inteligence v modelování a řízení.* Praha : BEN - technická literatura, 1996. ISBN 80-901984-4-9.
7. **Zelinka, Ivan.** *Umělá inteligence - hrozba nebo naděje.* Praha : BEN - technická literatura, 2003. ISBN 80-7300-068-7.
8. **Intelligence.cz.** *www.intelligence.cz.* [Online] webProvider.cz, 2007. [Citace: 3. 4 2018.] <https://www.intelligence.cz/>.
9. **Molnár, Karol.** Úvod do problematiky umělých neuronových sítí. *Elektrorevue.cz.* [Online] ÚTKO FEI VUT, 22. 2 2000. [Citace: 15. 1 2018.] <http://www.elektrorevue.cz/clanky/00013/index.htm#uvod>.
10. **Mařík, Vladimír, Štěpánková, Olga a Lažanský, Jiří.** *Umělá inteligence (2).* Praha : Academia, 1997. ISBN 80-200-0504-8.
11. **Drone Factory.** *http://www.dronefactory.ch.* [Online] DroneFactory Limited. [Citace: 1. 5 2018.] [http://www.dronefactory.ch/?attachment\\_id=15026](http://www.dronefactory.ch/?attachment_id=15026).
12. **Military-Today.com.** *www.military-today.com.* [Online] ARG 2006 - 2018. [Citace: 20. 3 2018.] [http://www.military-today.com/aircraft/mq1\\_predator.htm](http://www.military-today.com/aircraft/mq1_predator.htm).
13. **OzbrojeneSlozky.cz.** *www.ozbrojeneslozky.cz.* [Online] Ozbrojeneslozky.cz, 2013. [Citace: 20. 3 2018.] <http://www.ozbrojeneslozky.cz/clanek/brus-dron-vojenskeho-technickeho-ustavu-s-uplatnenim-to-bude-mit-tezke>.

14. **Hřebíček, Jiří , Pospíšil, Zdeněk a Urbánek, Jaroslav.** *Úvod do matematického modelování s využitím Maple.* Brno : IBA MU, 2010. ISBN 978-80-7204-691-1.
15. **Mařík, Vladimír, Štěpánková, Olga a Lažanský, Jiří.** *Umělá inteligence.* Praha : Academia, 2013. ISBN 978-80-200-2276-9.
16. **Volná, Eva, a další, a další.** *Umělá inteligence - rozpoznávání vzorů v dynamických datech.* Praha : BEN - technická literatura, 2014. ISBN 978-80-7300-514-6.
17. **Barták, Roman.** *Co je nového v umělé inteligenci.* Praha : Nová beseda, z. s., 2017. ISBN 978-80-906751-2-4.
18. **Pryszcz, Marian.** *Možnosti využití bezpilotní prostředků pro civilní účely.* Brno : Vysoké učení technické, 2007. ISBN 978-80-214-3552-0.
19. **UAS VISION.** *www.uasvision.com.* [Online] A Music Company Ltd. [Citace: 1. 5 2018.] <https://www.uasvision.com/2013/10/29/x-47b-unmanned-aircraft-now-on-display-at-the-national-naval-aviation-museum/>.
20. **Zákon č. 127/2005 Sb. o elektronických komunikacích.** *Zákony pro lidi.* [Online] AION CS, s.r.o. [Citace: 2. 5 2018.] <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2005-127>.
21. **Zákon č. 101/2000 Sb. o ochraně osobních údajů.** *Zákony pro lidi.* [Online] AION CS, s.r.o. [Citace: 2. 5 2018.] <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-101>.
22. **Zákon č. 49/1997 Sb. o civilním letectví.** *Zákony pro lidi.* [Online] AION CS, s.r.o. . [Citace: 2. 5 2018.] <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-49>.

## ANALÝZA INFORMAČNÍCH ZDROJŮ

1. **AUTOMA** - časopis pro automatizační techniku. [www.automa.cz](http://www.automa.cz). [Online] Automa. [Citace: 20. 2 2018.] <http://www.automa.cz>.
2. **UAS VISION**. [www.uasvision.com](http://www.uasvision.com). [Online] A Music Company Ltd. [Citace: 1. 5 2018.] <https://www.uasvision.com>.
3. **Association for the Advancement of Artificial Intelligence**. <http://www.aaai.org>. [Online] Association for the Advancement of Artificial Intelligence, 2014. [Citace: 30. 4 2018.] <http://www.aaai.org/Magazine/magazine.php>.
4. **AI magazine**. [www.ai-magazine.com](http://www.ai-magazine.com). [Online] AI magazine. [Citace: 30. 4 2018.] <https://ai-magazine.com/#/>.
5. **Quanta magazine**. [www.quantamagazine.org](http://www.quantamagazine.org). [Online] Simons Foundation, 2018. [Citace: 30. 4 2018.] <https://www.quantamagazine.org/tag/artificial-intelligence/>.
6. **Mařík, Vladimír, Štěpánková, Olga a Lažanský, Jiří**. Umělá Inteligence (1). Praha: Academia, 1993. ISBN 80-200-0496-3.
7. **Mařík, Vladimír, Štěpánková, Olga a Lažanský, Jiří**. Umělá inteligence (2). Praha: Academia, 1997. ISBN 80-200-0504-8.
8. **Mařík, Vladimír, Štěpánková, Olga a Lažanský, Jiří**. Umělá inteligence (3). Praha: Academia, 1997. ISBN 80-200-0472-6.
9. **Mařík, Vladimír, Štěpánková, Olga a Lažanský, Jiří**. Umělá inteligence (4). Praha: Academia, 2003. ISBN 80-200-1044-0.
10. **Mařík, Vladimír, Štěpánková, Olga a Lažanský, Jiří**. Umělá inteligence (5). Praha: Academia, 2007. ISBN 987-80-200-1470-2.
11. **Mařík, Vladimír, Štěpánková, Olga a Lažanský, Jiří**. Umělá inteligence (6). Praha: Academia, 2013. ISBN 978-80-200-2276-9.
12. **Balátě, Jaroslav**. Automatické řízení. Praha: BEN - technická literatura, 2003. ISBN 80-7300-020-2.
13. **Barták, Roman**. Co je nového v umělé inteligenci. Praha : Nová beseda, z. s., 2017. ISBN 978-80-906751-2-4.

14. **Kotek, Zdeněk, Vysoký, Petr a Zdráhal, Zdeněk.** Kybernetika. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, n. p., 1990. ISBN 80-03-00584-1.
15. **Zelinka, Ivan.** Umělá inteligence - hrozba nebo naděje. Praha: BEN - technická literatura, 2003. ISBN 80-7300-068-7.
16. **Volná, Eva, a další.** Umělá inteligence - rozpoznávání vzorů v dynamických datech. Praha: BEN - technická literatura, 2014. ISBN 978-80-7300-514-6.
17. **Molnár, Karol.** Úvod do problematiky umělých neuronových sítí. Elektrorevue.cz. [Online] ÚTKO FEI VUT, 22. 2 2000. [Citace: 15. 1 2018.] <http://www.elektrorevue.cz/clanky/00013/index.htm#uvod>.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

tzn. to znamená

tzv. tak zvané

ICT Informační a komunikační technologie (z anglického Information and Communication Technologies)

PČR Policie České republiky

IEEE Institut pro elektrotechnické a elektronické inženýrství (z anglického Institute of Electrical and Electronics Engineers)

PIR Pasivní infračervené čidlo

UAV Bezpilotní létající prostředek (z anglického Unmanned Aerial Vehicle)

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. č. 1: <i>Model systému</i> .....	13
Obr. č. 2: <i>Kybernetický systém</i> .....	15
Obr. č. 3: <i>Komunikační kanál</i> .....	17
Obr. č. 4: <i>Umělý neuron</i> .....	24
Obr. č. 5: <i>Hlavní komponenty expertního systému</i> .....	27
Obr. č. 6: <i>Ilustrativní příklad aktuátoru</i> .....	30
Obr. č. 7: <i>MQ – 1 Predator – Unmanned Aerial Combat Vehicle</i> .....	31
Obr. č. 8: <i>BRUS - dron Vojenského technického ústavu</i> .....	31
Obr. č. 9: <i>Matematické modelování s využitím ICT</i> .....	33
Obr. č. 10: <i>X-47B – neviditelný bezpilotní letoun</i> .....	36
Obr. č. 11: <i>Zjednodušené schéma bezpilotního prostředku</i> .....	39
Obr. č. 12: <i>Schéma řídicí jednotky</i> .....	40
Obr. č. 13: <i>Schéma simulačního algoritmu při narušení objektu</i> .....	43
Obr. č. 14: <i>Přijetí úkolu</i> .....	45



## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: <i>Rozdíl mezi PC a neuronovou sítí</i> .....	26
----------------------------------------------------------	----

**REJSTŘÍK**

<b>A</b>		<b>M</b>	
Aktuátor.....	30	Matematický model.....	32
<b>D</b>		Model .....	19, 20, 21, 29, 32, 37
Definice systému .....	12	<b>N</b>	
<b>E</b>		Neuronová síť.....	24
Evoluční algoritmy.....	27	<b>R</b>	
Expertní systémy .....	27	Rádiový provoz.....	48
<b>F</b>		Robot .....	29
Fuzzy logika.....	26	<b>S</b>	
<b>I</b>		Senzor.....	29
Informace.....	16	Systém .....	12
<b>K</b>		<b>T</b>	
Komunikační kanál.....	17	Teorie informace .....	16
Kybernetické systémy.....	15	Teorie modelů.....	19
<b>L</b>		Teorie systémů.....	11
Legislativa .....	47	Teorie umělé inteligence.....	22
		<b>U</b>	
		Umělá inteligence.....	22

