

ZPRACOVÁNÍ ZNALOSTÍ PŘI ROBOTICKÉM ODMINOVÁNÍ

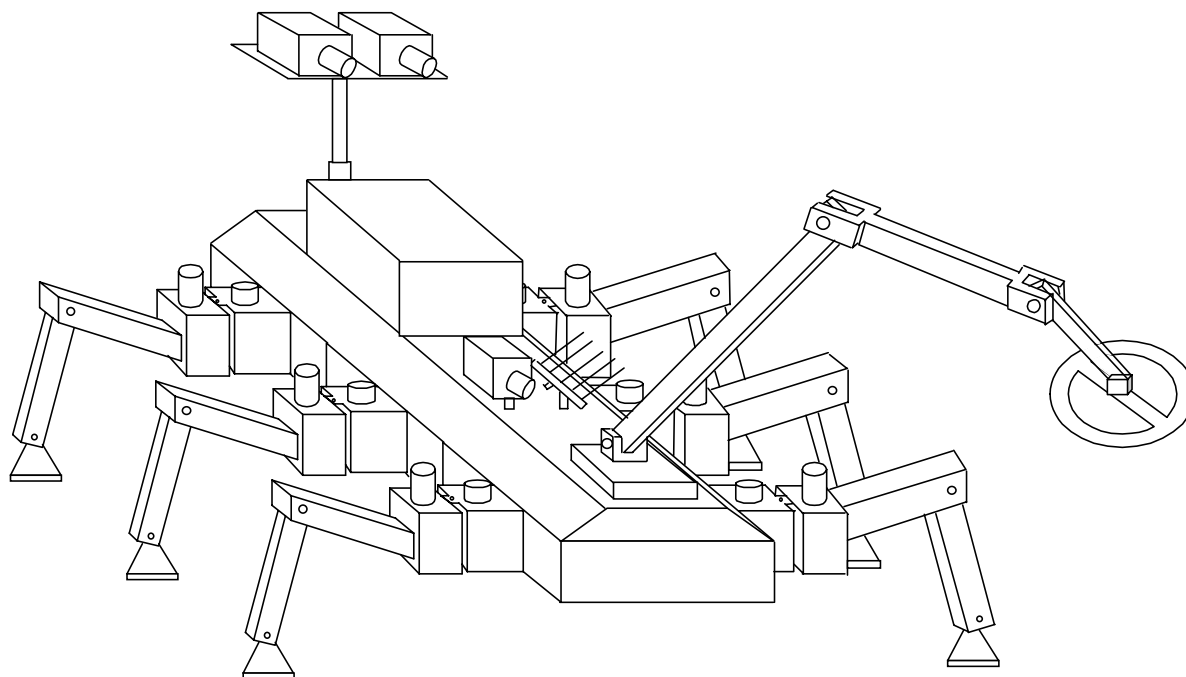
Ing. Jiří Kacer

Katedra technické kybernetiky a vojenské robotiky

Úvod

Odvěká snaha lidstva o co nejefektivnější a nejzákeřnější likvidaci nebo přinejmenším vyřazení protivníka z boje je provázána protiopatřeními reagujícími na nejnovější trendy v tomto úsilí. Odminování patří mezi činnosti, které mohou být vykonávány jak v nejtěžších bojích, tak ještě mnoho let po válce. Bohužel, druhá z uvedených možností je mnohem častější a v současnosti, díky neustále pokračujícímu zaminovávání území, nabývá na významu

Ještě donedávna však bylo veškeré úsilí odpůrců min téměř k ničemu, protože např. jenom v roce 1993 bylo odstraněno 80,000 min, ale 2,5 milionu jich bylo položeno. Je třeba dodat, že náklady na obou stranách byly přibližně stejné.



Obr. 1 Návrh krácejícího odminovacího robota KOR

Odminování je možné vykonávat několika způsoby. Z nich byl pro naše potřeby zvolen odminovací robot. Jeho výhodou bude především ochrana životů a zdraví lidí, kteří

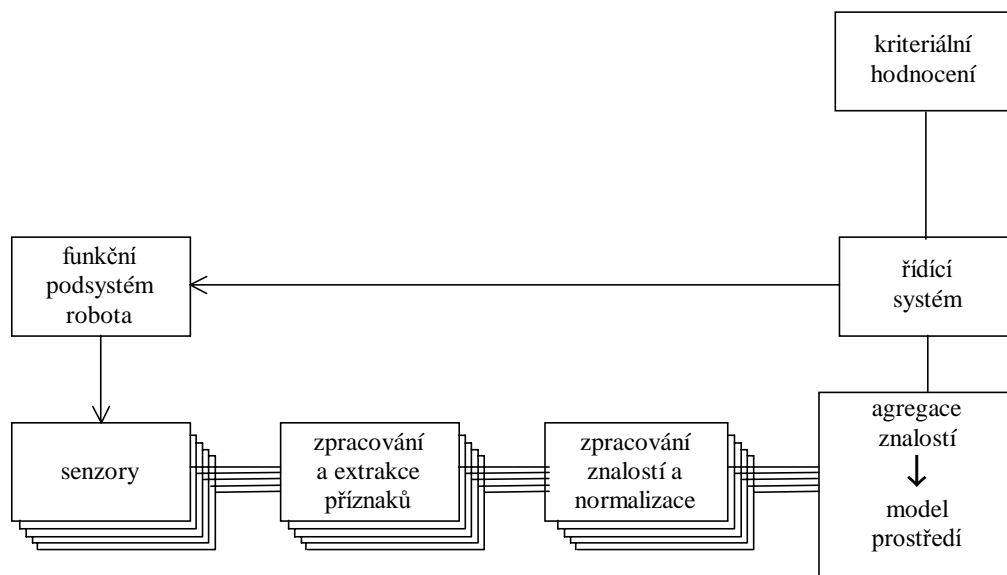
odminování vykonávají¹, úspora nákladů, času, autonomnost, volný pohyb robota v terénu a možnost jednoduché výměny poničených nebo vadných částí. současný návrh kráčejiho odminovacího robota KOR je vidět na Obr. 1.

Senzorová fúze

Byl navržen senzorický systém, který má splňovat podmínky maximální detekce veškerých v zemi uložených pěchotních a protitankových min. Jelikož žádný ze současných senzorů nemá takové vlastnosti, aby byl schopen detekovat všechny druhy min, bylo nutno navrhnout systém spolupracujících senzorů – sensorovou fúzi. Pro detekci min byla navržena následující kombinace senzorů:

- detektor kovů
- zemí pronikající radar (GPR)
- bodec
- infrakamera
- ultrazvukový senzor

Kritériem jejich výběru byly jak vlastnosti senzoru z hlediska spolehlivosti detekce min, tak z hlediska parametrů senzorů, jako jsou rozměry, hmotnost, příkon a v neposlední řadě také jejich cena.



Obr. 2 Blokové schéma sensorové fúze

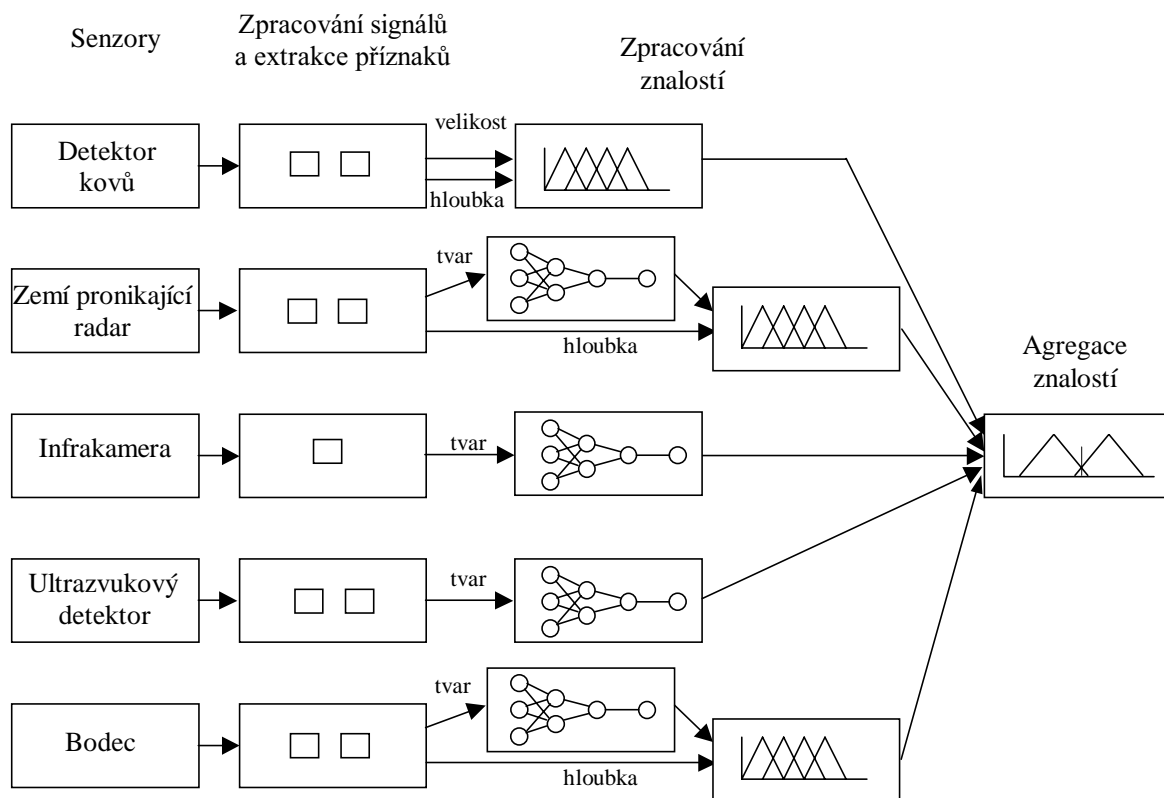
¹ Ze statistik vyplývá, že na každých 1000 člověkem odstraněných min připadá jeden pyrotechnický specialista „vyřazený“ (mrtvý, zmrzačený, nebo těžce zraněný) z další práce na odminování.

Na Obr. 2 je vidět blokové schéma sensorové fúze, následného zpracování a vyhodnocení znalostí získaných od sensorů. Nad celým systémem je kritériální hodnocení, které zabezpečuje dodržení potřebné spolehlivosti prohledávání terénu, které musí být vyšší než 99 procent. Řídící systém pomocí získaného modelu prostředí ovládá funkční podsystém robota KOR. Tím je zabezpečena možnost opakovaného měření při nedostatečném množství znalostí o dané oblasti terénu.

Důležitým hlediskem při výběru sensorů je také dynamická výměna informací mezi nimi. Dynamické použití informací se může projevit několika možnými způsoby, které mohou být rozděleny na soutěžní, doplňkové nebo spolupracující působení informace. Vhodnost využití těchto informací bude ukázáno v následujících případech.

1. **Soutěžní informace.** Vzájemné působení těchto informací se vyskytuje tehdy, jestliže dva nebo více sensorů dodává informace ze stejné oblasti pozorování a se stejným počtem stupňů volnosti. Aby bylo dosaženo shodného rozhodnutí, musí být prostor názorů konvexní; jinak musí být rozdíly v názorech řešeny za pomoci následných informací. Sensory mohou popisovat zcela rozdílné geometrické vlastnosti, ale při transformaci do společného popisu se přesto mohou stát vzájemně soutěžními informacemi.
2. **Doplňková informace.** Vyskytuje se tehdy, jestliže dva nebo více informačních zdrojů dodává rozdílné informace o stejné geometrické vlastnosti při rozdílném počtu stupňů volnosti. V tomto případě je spojená informace složená z informací pocházejících z rozdílných, navzájem se nepřekrývajících zdrojů. Doplňková informace může být často považována za jakési „vyplnění trhlin“ pozorování jiného senzoru.
3. **Spolupracující informace.** Vstupuje v platnost tehdy, když jeden senzor spoléhá na informace druhého senzoru více, než na informace vlastní. Zvláštní důležitost potom připadá použití jednoho senzoru jako iniciátora dalších pozorování senzoru druhého (např. iniciace pozorování taktilního senzoru po předchozí vizuální prohlídce).

Na Obr. 3 je uvedeno schéma sensorického systému pro detekci min. Informace od sensorů je zpracována a převedena na znalosti o hloubce, velikosti a tvaru detekovaného předmětu. Tyto znalosti dále postupují k dalšímu zpracování. To je prováděno pomocí neuronových sítí a fuzzy množin. Výstupy ode všech sensorů jsou vedeny do bloku agregace znalostí. Na jeho výstupu získáme hodnotu charakterizující přítomnost miny.



Obr. 3 Schéma senzorkého systému pro detekci min

Jelikož hrozí nebezpečí výbuchu miny, budou senzory nasazovány postupně, a to v následujícím pořadí:

1. detektor kovů
2. zemí pronikající radar (GPR)
3. bodec
4. infrakamera
5. ultrazvukový senzor

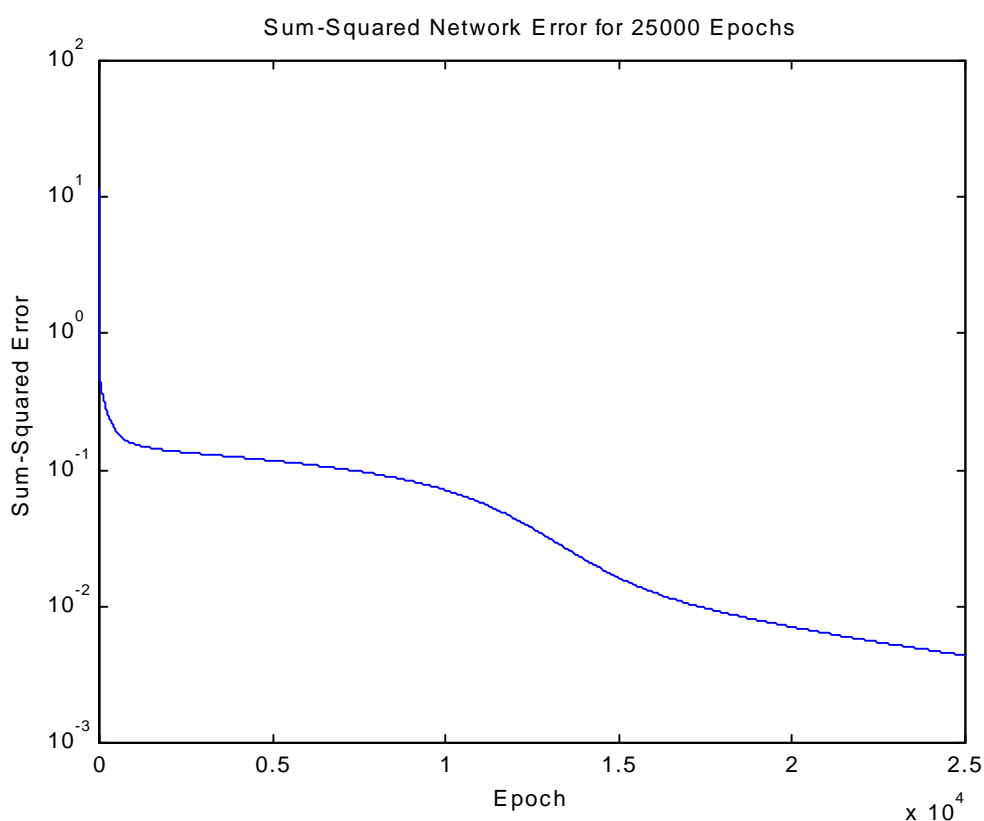
Toto pořadí je ovlivněno dobou potřebnou pro zpracování a vyhodnocení informací jednotlivým senzorem a zároveň pravděpodobností detekce daného senzoru.

Simulace fúze senzorů – program „SenFuz“

Program SenFuz je vytvořen v programovém prostředí MATLAB. Ke svým výpočtům využívá jak možnosti fuzzy logiky v tomto programovém prostředí a umělé neuronové sítě z Neural Network Toolbox, tak možnosti jeho prostředí SIMULINK.

Matematické modely senzorů testují postupně přítomnost min v předem vygenerované mapě terénu. Signály získané ze senzorů jsou zpracovány a postupují dle druhu senzoru k dalšímu zpracování (viz Obr. 3).

Všechny tři neuronové sítě ve schématu uvedené jsou totožné, čtyřvrstvé, mají tedy dvě skryté vrstvy. Jsou určeny k vyhodnocení tvaru zjištěného předmětu. Jako učební vzory byly použity různé velikosti kruhu a elipsy a jejich deformace až do úrovně 80%. Z těchto tvarů byly vypočteny vzdálenosti od těžiště k okraji po 45 stupních, čímž vzniklo 8 vstupních vzorů pro každý tvar. Vstupní vrstva má 8 neuronů. První skrytá vrstva používá jako přenosovou funkci hyperbolickou tangenciální sigmoidu. Druhá skrytá vrstva používá lineární přenosovou funkci. Ve výstupní vrstvě je jeden neuron, na jehož výstupu získáme hodnotu míry výskytu miny.



Obr. 4 Průběh sumy kvadrátů odchylek neuronové sítě pro jednotlivé vzory po epochách.

Fuzzy logické systémy uvedené na obr. 3 jsou principiálně stejné. Vycházejí ze sugenovského typu fuzzy množin. Za detektor kovů je zařazen fuzzy logický klasifikátor, jehož univerzum tvoří hloubka a velikost zjištěného předmětu. Na univerzu je 5 fuzzy množin, které mají funkci příslušnosti zobecněného zvonu:

$$GBELLMF(X, [A, B, C]) = 1./((1+ABS((X-C)/A))^(2*B)),$$

což je vlastně rozšíření Cauchyho rozdělení. Byla vytvořena fuzzy pravidlová báze a Sugenuv typ fuzzy inferenčního systému. Výstupem z klasifikátoru je hodnota míry výskytu miny.

Druhý fuzzy logický klasifikátor zpracovává znalosti od zemí pronikajícího radaru. Jeho vlastnosti i parametry jsou stejné jako u předešlého fuzzy logického klasifikátoru, liší se pouze vstupy – tvar a hloubka – a tím také trénovací množina.

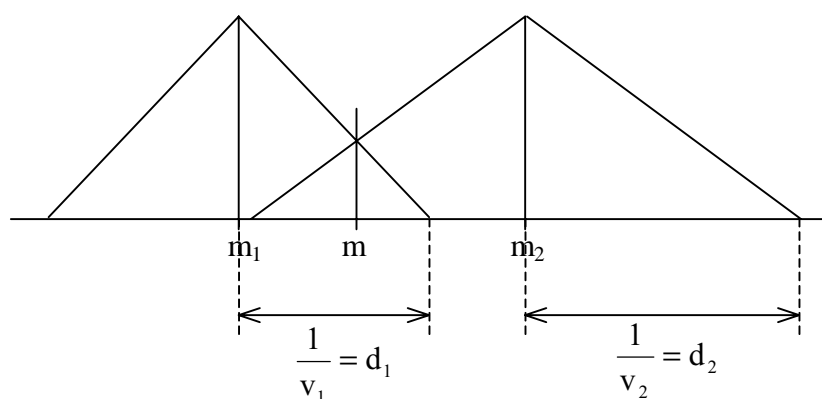
Znalosti od jednotlivých senzorů se agregují v bloku agregace znalostí, kde zároveň dochází k vytváření modelu prostředí s minami. Vstupem jsou:

- míra výskytu miny m
- věrohodnost měření v ,

kde míra výskytu miny je znalost získaná (po zpracování) od senzorů a věrohodnost měření je apriorní údaj o schopnostech senzorů detekovat miny. Tento údaj bude zadán operátorem před započítím měření a vychází z pravděpodobnosti detekce miny senzorem. Na obr. 5.4 je vidět princip agregace znalostí. Na obrázku jsou naznačeny příspěvky od dvou senzorů, jejichž míry výskytu miny jsou m_1 a m_2 , a jejichž věrohodnosti měření jsou v_1 a v_2 . Podle obr. 5.4 platí následující vztahy:

$$m = \frac{d_2}{d_1 + d_2} \cdot m_1 + \frac{d_1}{d_1 + d_2} \cdot m_2$$

$$d = \frac{d_1 d_2}{d_1 + d_2}$$



Obr. 5 Výpočet celkové míry výskytu miny a věrohodnosti měření

Závěr

Navržený senzorický systém je schopen zpracovávat informace ze senzorů detekujících miny. Jeho výhodou je možnost nastavení jednotlivých veličin, jako jsou např. věrohodnost měření nebo pravidlová báze fuzzylogických klasifikátorů. Tím pádem působí systém jako otevřený a schopný práce v různých podmínkách (na poušti mohou být miny uloženy hlouběji, ve vlhkém až mokřím prostředí má ultrazvukový detektor výrazně lepší vlastnosti apod.). V další fázi výzkumu bude kladen důraz na praktickou realizaci, ověření a „nastavení“ systému na reálné podmínky.

Literatura

Neural Network Toolbox, The MathWorks, Inc. 1998

Kacer, J.: Inteligentní senzorický systém odminovacího robota, Doktorská disertační práce, Vojenská akademie v Brně, Brno, 2000.

Jiří Kacer
Vojenská akademie v Brně
K308 – PS 13
Kounicova 65
612 00 Brno

e-mail: Jerry@cs.vabo.cz
tel.: 05/41183558