

## Oponentský posudek na bakalářskou práci:

### Radioactive regions detection

Autor: Jan Charvát, ČVUT,  
Faculty of Electrical Engineering, Department of Cybernetics

Oponent: Ing. Jiří Hůlka  
Státní ústav radiační ochrany v.v.i.,  
140 00 Praha, Bartoškova 28

Bakalářská práce předložená k oponentuře je specifickou aplikací robotiky pro třídění radioaktivních odpadů.

Cíle práce byly formulovány takto:

1. Seznámení s problémem radioaktivního odpadu a jeho třídění
2. Analýza radioaktivních vlastností radioaktivního odpadu
3. Analýza vlastností detektorů ionizujícího záření ve vztahu k vybranému radioaktivnímu odpadu
4. Návrh uspořádání systému detekce hot-spot v radioaktivním odpadu
5. Závěr.

Cíle práce byly pro bakalářskou práci formulovány poměrně ambiciózně, bakalářská práce je zaměřena do aktuální oblasti současného výzkumu.

Bakalářská práce je členěna do 3 částí, a do celkem 11 kapitol (+ dodatek), a je velmi přehledná.

K jednotlivým částem:

Část I – „Situace“

V první části je detailně popsána situace, kterou je třeba řešit. Autor věcně správně nadefinoval řešený problém, vznik, možnosti jeho nápravy a současný stav řešení. Provedl velmi pečlivou analýzu vlastností radionuklidů, které se teoreticky mohou (na základě prvkového rozboru materiálů) nacházet jak v materiálu MAGNOX (zbytky pokrytí paliva), tak na jeho povrchu v důsledku kontaminace při zpracování vyhořelého paliva za účelem získání v něm obsaženého plutonia. Rovněž tak byla detailně provedena analýza radionuklidů, které se mohou v důsledku neutronové aktivace nacházet v materiálu prítlačných pružin, které je nutno od ostatních částí pokrytí paliva oddělit a jejich identifikace je hlavním úkolem projektu. Je vysvětleno, které radionuklidy je možné očekávat, jaké záření emitují, jaké jsou jejich možnosti detekce prostřednictvím záření gama, i jaké jsou měrné i celkové aktivity jednotlivých složek odpadu, což je důležité z hlediska návrhu systému detekce „hot-spot“.

Drobné poznámky:

- str. 1 místo slova „casing“ je podle mého názoru obvyklejší používání slova „cladding“
- str 21 v kapitole 4 „Surface contamination“ by patrně stálo za to pro čtenáře stručně vyložit i původ ostatních radionuklidů zde uvedených
- doporučuji uvážit, že i tzv. „beta zářič“ Sr-90 (uvedený na str.21) je (se svým dceřiným produktem Y-90) zdrojem tzv. brzdného záření, což může ovlivnit detekci gama detektory.

## Část II – „Detektory“

V druhé části práce je stručný, ale z hlediska obsahu práce dostatečný přehled detektorů použitelných pro potřeby identifikace. V jednotlivých kapitolách jsou popsány principy hlavních používaných typů detektorů ionizujícího záření (ionizační detektory, scintilační a polovodičové). Z textu je vidět, že autor do podstaty jevů detekce ionizujícího záření a do principů jednotlivých skupin detektorů pronikl. Autor se soustředil na potenciálně vhodný scintilační detektor NaI(Tl), kterému věnoval evidentně úmyslně větší pozornost (str.33) z toho důvodu, že jej nakonec vybral jako nejperspektivnější. Správně zmínil také nové a slibné možnosti polovodičových detektorů (zejména CdTe a CdZnTe detektory) i jejich stávající nevýhody. Popsání detektorů pro účely této práce považuji za zcela dostatečné.

Poznámka : Pokud by autor pokračoval v budoucnosti v této oblasti, doporučuji se věnovat navíc i některým dalším a složitějším otázkám : meze měření z hlediska dávkového příkonu (tzv. „mrtvé doby“) vs. rozlišovací schopnost detektoru ve složitějších spektrech gama záření pro jednotlivé typy detektorů, a naopak i otázky minimálně detekovatelných aktivit na radiačním pozadí. Za další výzkum by stále i analýza použití moderních pixelových nebo stripových detektorů vhodných k robotické aplikaci (díky rozměrům a detekčním vlastnostem) a dále zcela nové oblasti gama-kamer (zejména nová a slibná tzv. Comptonovská kamera pro identifikaci hot-spot). Tato témata samozřejmě významně přesahují možnosti a rámeček bakalářské práce.

## Část III – „Simulace“

V třetí části jsou popsány možnosti uspořádání detektorů pro optimální identifikaci „hot spot“ (jednoduché detektory, seřazení detektorů do linií nebo matic, detektor umístěný přímo na manipulátoru nebo pod testovaným materiálem), dále otázky kolimace a zmíněny jsou i gama kamery. Je dobře diskutována otázka výhod a nevýhod jednotlivých uspořádání.

Poznámky:

- Za podrobnější výklad by stál princip zmíněné gama kamery (8.5.)

- K závěrečnému hodnocení provedeného autorem (8.6): ano na stávající úrovni lze pragmaticky zcela souhlasit, nicméně do budoucna doporučuji uvážit i další nové technologie (viz poznámka výše).

V kapitolách 9 a 10 je vlastní teoretická práce autora – pilotní odvození (a to analytickým způsobem) počtů detekovaných impulsů resp. deponované energie v detektoru v závislosti na geometrii. Tato část prokazuje dobré matematické zázemí autora i jeho zájem o hlubší proniknutí do fyzikální podstaty problematiky detekce radioaktivních materiálů v složitém a kontaminovaném pozadí, to je třeba ocenit. V kapitole 10 jsou výsledky simulací vyplývající ze zmíněného.

V závěru (kapitola 11) autor shrnuje vlastní názor na celou problematiku vč. opatření, samozřejmě některé otázky např. možnost snížení kontaminace (MAGNOX) omytím, jsou patrně diskutabilní. Celkově autor hodnotí střízlivě výsledky své bakalářské práce.

### **Závěrečné hodnocení**

Na autorově práci oceňuji samostatný přístup a vhled k řešení problematiky oddělení vysoceaktivních částí (přítlačných pružin) z demontovaných palivových elementů MAGNOX, nacházejících se ve směsi (útržků) původního pokrytí po odstranění jaderného paliva. Práce je psána přehledně se zřejmým zájmem.

Konstatuji, že bakalářská práce pana Jana Charváta „Radioactive regions detection“ splnila cíle, které byly zadány, je zdařilá z hlediska metodiky zpracování, má přínos pro oblast využití robotiky pro třídění radioaktivních odpadů a je aktuální z hlediska současného výzkumu i v mezinárodním kontextu.

Na základě výše zmíněného doporučuji, aby práce byla přijata a hodnocena dle klasifikace jako A tj. „výborně“ .

V Praze dne 11.6.2017

Ing. Jiří Hůlka  
náměstek pro výzkum a vývoj  
Státní ústav radiální ochrany v.v.i  
Praha 4