

# Posudek oponenta diplomové práce

Autor práce: **Bc. Ondřej CARVAN**

Název práce: **Separace elektronického odpadu za použití miniaturních magnetických robotů**

## Splnění zadání

splněno

## Zhodnocení odborné úrovně práce

Práce je motivována zajímavým problémem separace elektronických součástek. Student v ní ukázal, že umí řešit technické úlohy různé povahy od návrhu a výroby mechanických součástek, přes trénování neuronových sítí a návrh řídicích algoritmů až po provádění experimentů. Také srozumitelně a čtivě popsal současný stav nakládání s elektronickým odpadem a systémy pro magnetickou manipulaci vyvinuté na svém pracovišti.

K práci mám následující připomínky:

1. Popis problému – úloha, kterou má prezentovaný systém v budoucnu řešit, je specifikovaná jen relativně obecně. Hodilo by se vytvořit modelové scénáře, tedy například kolik bude kusů a druhů součástek ve směsi, kolik se jich bude separovat a jaká má být propustnost. Bez toho je těžké vyhodnotit, jestli je navržený koncept vůbec vhodný.

2. Nasazení mikrorobotů – z práce není zřejmé, jaká má být výhoda nasazení magnetických mikrorobotů pro separaci součástek. Pokud by to měla být paralelní manipulace, tak je důležité vzít v úvahu omezení použité platformy – roboti musí být na oddělených segmentech, případně je třeba je „zamykat“, tedy nejde o plnou paralelní manipulaci. Vystrkování součástek z plochy do stran bude navíc tím náročnější, čím bude součástek víc a čím větší bude manipulační plocha. To povede k prodloužení cest a okraje plochy budou více vytěžované, a tedy limitující propustnost.

3. Jiné přístupy k manipulaci – bylo by dobré diskutovat srovnání prezentovaného systému s jinými metodami manipulace. Má navržená strategie smysl ve srovnání například s tím, když by součástky jely na pásu a byly by selektivně vysouvány do jednotlivých košů? Pro třídění z plochy se dá uvažovat o pick-and-place mechanismu, který bude rychlý a nebude potřeba řešit plánování cest, vyhýbání se kolizím atd.

4. Matematický model – nevím, jaký byl význam matematického modelu. Přímá úměra mezi počtem magnetů a silou se pravděpodobně dala očekávat.

5. Plánování separačních trajektorií – plánování využívá existující algoritmus pro přiblížení robota k součástce. Následuje jednoduchá strategie, která pomocí dvou přímočarých pohybů posune součástku nejdříve na úroveň separačního koše a pak ji do něj posune. Tato strategie nicméně selže, jakmile bude v cestě jiná součástka. To vede k tomu, že systém umí separovat součástky, které jsou vlastně už vhodně separovány.

6. Projekce – aby se dala zhodnotit využitelnost zkoumaného konceptu, tak by bylo vhodné udělat nějaké projekce / analýzy, jak se budou navržené části systému chovat při podmínkách blízkých skutečnému nasazení. Chápu, že fyzické experimenty byly omezeny dostupnou platformou, ale bylo by užitečné provést například simulace separace většího množství součástek.

7. Vyhodnocení spolehlivosti – separace je v práci demonstrována na jediném experimentu, kdy jsou součástky prakticky u svých destinací. Bylo by dobré provést sérii pokusů s náhodným rozložením součástek, aby se prověřilo chování a spolehlivost navrženého systému.

## Zhodnocení formální úrovně a práce s literaturou

Formální úroveň

Práce je dobře strukturovaná a text je srozumitelný a čtivý. Oceňuji edukativní úvod do problematiky třídění elektronického odpadu. Obrázky jsou kvalitně zpracované. V práci jsem si všiml drobných nedostatků. Například jako symbol pro násobení se v práci používá písmenko  $x$ . Greedy algoritmus se do češtiny překládá jako hladový, nikoli jako Greedyho.

Práce s literaturou

Student se v práci odkazuje na různé relevantní zdroje jako jsou vědecké články, internetové stránky či předchozí absolventské práce. Převzaté části jsou korektně označené.

## Doporučení k obhajobě

Doporučuji k obhajobě

## Dotazy k práci

1. Jaká je hlavní výhoda využití mikrorobotů pro separaci elektroodpadu ve srovnání s jinými metodami třídění (pick-and-place, dopravník s vysouváním)?
2. K čemu byl v kontextu této práce použit matematický model?
3. V práci je na obrázku 19 několik různých uspořádání magnetů v robotovi. Byla tato uspořádání nějak srovnána? Jaký byl výsledek?

V ..... dne .....

-----  
Ing. Jiří Zemánek, Ph.D.