

## Zápis z obhajoby disertační práce

konané dne 30.10.2020

na ČVUT Fakultě strojní v Praze od 10:00 hodin

disertant

**Ing. Peter Mark Beneš**

na téma: „**Higher Order Neural Unit Adaptive Control and Stability Analysis for Industrial System Applications**“

Studijní program Strojní inženýrství, obor Technická kybernetika

Začátek záznamu: dne 30. 10. 2020 v 10:03 hodin

### Stručné zhodnocení průběhu obhajoby:

Předseda komise prof. Náhlík zahájil obhajobu ověřením totožnosti disertanta pomocí studentské karty. Dále představil všechny členy komise a předal slovo školiteli doktoranda doc. Bukovskému. Po krátkém představení disertanta a jeho vědecko-výzkumných a pedagogických činností, doc. Bukovský seznámil komisi se svým posudkem.

Obhajoba dále pokračovala prezentací disertační práce. Prezentaci disertant zahájil představením problematiky adaptivního řízení s využitím neuronových jednotek vyššího řádu v průmyslových aplikacích a analýzy stability těchto řešení. Po obecném úvodu, zhodnocení současného stavu poznání, disertant představil čtyři cíle disertační práce: 1) stavový popis a analýzu stability neuronových jednotek, 2) dekompozici architektury diskretních neuronových jednotek jako adaptivní model v rámci systému řízení, 3) návrh původní metodiky analýzy stability této třídy systémů řízení, a 4) experimentální ověření teoreticky navržených postupů. V další, nosné části prezentace, se disertant věnoval řešení stanovených cílů. Po formální definici nelineárních jednotek a jejich aplikaci v adaptivních strukturách řízení, disertant věnoval zvýšenou pozornost sestavení stavového modelu jednotek, včetně linearizace výsledného řešení. K analýze stability byly dále uvedeny podmínky pro “bounded input and output” stabilitu jednotek. Stavový popis v diskretním čase je založen na transformovaném kanonickém tvaru, který umožňuje následnou analýzu “input to state” stability systému. Následně byl prezentován hlavní teoretický výsledek práce, kterým je původní podmínka stability uzavřené regulační smyčky s adaptivní neuronovou jednotkou. Následně disertant detailně představil validaci teoretických výsledků na řízení experimentální soustavy kladkového stavu s podvozkem kolejového vozidla. Prezentované výsledky experimentů potvrzují dosažení stanoveného typu stability. Na závěr prezentace disertant shrnul dosažené výsledky.

V další části obhajoby oponenti seznámili komisi se svými posudky.

**prof. Čelikovský** shrnul obsah svého obsáhlého posudku a zaměřil se na plnění jednotlivých cílů práce. Zmínil dílčí výhrady k přehledu současné problematiky, čtivosti práce a další výhrady spíše formálního charakteru. Z teoretického hlediska práce nepřináší zásadní poznatky pro obor nelineárních systémů řízení. Jednoznačný přínos je ale ve stanovení původní metodiky analýzy stability průmyslových systémů řízení s nelineárními neuronovými jednotkami. Ocenil též experimentální validaci dosažených výsledků. Na závěr deklaroval doporučující stanovisko k obhajobě práce. Prof. Čelikovský dále požádal disertanta o vyjádření ke kritickým poznámkám v posudku.

**Dr. Honc** v komentáři ke svému posudku shrnul stanovené cíle práce a jejich postupné plnění. Zdůraznil vhodnost a správnost disertantem zvolených postupů a vyzvedl praktické zaměření práce. Označil práci jako velice kvalitní a doporučil ji k obhajobě.

Dr. Honc se konkrétně dotázal na zkušenosti s kvalitou procesu adaptace při dosažení rovnovážného stavu.

**prof. Pitel'** zdůraznil hlavní dosažený výsledek, kterým je stanovení formalizmu založeném na stavovém popisu pro stanovení stability systémů řízení s neuronovými jednotkami. Jak po formální stránce, tak i z pohledu přínosu k poznání, lze práci označit jako velmi kvalitní. Významným aspektem je experimentální validace dosažených výsledků. Taktéž doporučil práci k obhajobě.

Prof. Piteř položil čtyři konkrétní dotazy týkající se

- 1) hodnoty parametru polynomiální nelinearity  $r$
- 2) detailnějšího popisu Obr. 9
- 3) významu schématu na Obr. 15
- 4) významu PI regulátoru v regulační smyčce na Obr. 28

Disertant obsáhle a erudovaně zodpověděl všechny položené dotazy oponentů.

Další posudky nepřišly.

### Dotazy a připomínky:

V části obhajoby věnované obecné diskusi byly položeny následující dotazy:

prof. Valášek – jaké jsou výhody aplikace nelineárních algoritmů v řízení lineárních systémů.

prof. Vyhlídal – jsou navržené architektury s neuronovými jednotkami přímo aplikovatelné v průmyslových systémech řízení, nebo je nutné dořešit další návrhové aspekty.

- jsou dané přístupy aplikovatelné i pro řízení systémů s distribuovanými parametry a systémy s dopravním zpožděním
- porovnejte architektury řízení s HONU jednotkami s klasickými strukturami neuronových sítí.

doc. Bukovský – dokáže navržené principy aplikovat inženýr bez hlubších znalostí této konkrétní problematiky

doc. Novák – jaké jsou výpočetní požadavky aplikace nelineárních jednotek v řízení v porovnání s klasickými algoritmy řízení

I v této části disertant obsáhle a erudovaně zodpověděl všechny položené dotazy členů komise.

Komise se v **závěrečné diskusi** shodla na vysoké kvalitě dosažených výsledků, které byly vhodně prezentovány v práci a představeny během obhajoby. Vědecké přínosy práce jsou nesporné, disertant prokázal schopnost samostatné teoretické a tvůrčí činnosti a schopnost obhájit výsledky své práce. Prezentované výsledky jsou původní a plně využitelné ve společenské praxi.

Výsledek tajného hlasování:

počet hlasujících 9, počet hlasů pro 9, hlasů proti 0.

Konec záznamu: dne 30. 10. 2020 v 12:24 hodin

prof. Ing. Jan Náhlík, CSc.  
předseda komise

Obhajoba skončila v 12:30 hodin