

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Interpretace pozitivní detekce statisticky nezvládnutého stavu při statistické regulaci procesů
Jméno autora:	Ondřej Misař
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra kybernetiky
Vedoucí práce:	Ing. Martin Macaš
Pracoviště vedoucího práce:	CIIRC

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
<p>Detekci statisticky nezvládnutého stavu jsme měli poměrně důkladně prozkoumanou. Aby mohla být nasazena v reálném světě, bylo nutné zvýšit její důvěryhodnost a akceptovatelnost z pohledu uživatelů. K tomu významně přispívá interpretovatelnost výsledků detekce, která zde znamená odhad toho, které vstupní proměnné nejvíce způsobují pozitivní detekci podezřelého stavu procesu. Interpretace je problémem nejen metod strojového učení, ale většiny vícerozměrných metod statistické ho řízení procesů. Zadání bylo pro bakalářskou práci náročnější. Aby student mohl pracovat na interpretaci detekce statisticky nezvládnutého stavu, musel nejprve implementovat a pochopit samotnou detekci. Složitější byla i experimentální činnost, hlavně návrh evaluace a porovnání metod.</p>	
Splnění zadání	splněno
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
<p>Student provedl poměrně důkladnou rešerši, na jejímž základě vybral a implementoval některé metody. Dále vygeneroval syntetická data a na nich metody porovnal pomocí vhodně navržených kritérií. Tím byly všechny body zadání splněny.</p>	
Zvolený postup řešení	vynikající
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
<p>Pro porovnání byly správně vybrány tři velmi různorodé metody interpretace. První byla analytická metoda, která je původně navržena pro jeden konkrétní interpretovaný model detekce podezřelého stavu a není nezávislá na interpretovaném modelu. Další dvě vybrané metody se interpretovat učí. Jedna globálně pomocí učení neuronové sítě, jedna učí lokální vysvětlitelný model.</p> <p>Student velmi záhy zjistil, že porovnání metod není jednoduché. Nelze hodnotit pouze to, zda metody vrátí nebo nevrátí přesnou množinu posunutých znaků kvality, ale je nutné vzít v úvahu, jak hodně se odhadnutá množina posunutých znaků liší od skutečnosti. Interpretace tedy predikuje podmnožinu posunutých znaků, čímž se evaluace poměrně komplikuje. Student se zde inspiroval konceptem sensitivity a specificity, který na tento problém aplikoval, čímž byl schopen vyhodnotit, zda daná metoda má spíše tendenci některé skutečně posunuté znaky opomínat anebo naopak vrací znaky, které posunuté nejsou. Tato evaluace je podle mě správná.</p>	

Odborná úroveň**A - výborně**

Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.

Interpretace je něčím, s čím se student během svého studia nesetkal. To kompenzoval důkladnou rešerší a nalezením a pochopením několika metod. Model detekce stavů procesu založený na klasifikaci do jedné třídy student také nastudoval a velmi dobře pochopil i problematiku reálného řízení procesu obrábění motorových hlav, které posloužilo jako motivační use-case, v kterém je interpretace nutná. K odborné stránce nemám jako vedoucí žádné výhrady.

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce**B - velmi dobře**

Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.

Práce je psána velmi dobrou angličtinou. Prostor pro zlepšení je vždy, nicméně jazykově je práce na nadprůměrné úrovni. Musím zde také vyzdvihnout poměrně velkou náročnost popisu některých částí (např. evaluačních kritérií nebo popis generování experimentálních dat) pro studenta bakalářského studia. Pro nezainteresovaného čtenáře, popis někdy nemusí být zcela jasný a čtenářsky „přátelský“, ale jen málo lidí by ho podle mě zvládlo lépe. Rozsah práce je naprosto vyhovující. Popis je nicméně úplný. Popis metody MYT v sekci 3.2 by podle mě měl být jasnější. Celá kapitola 5 popisující hlavní závěry a budoucí práci by mohla být delší a propracovanější.

Výběr zdrojů, korektnost citací**A - výborně**

Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.

Student provedl důkladnou rešerší a vybrané články korektně citoval. Převzaté obrázky doplnil komentářem „převzato z ...“ a citací. Citační zvyklosti a normy byly podle mě dodrženy.

Další komentáře a hodnocení

Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.

Součástí práce bylo generování syntetických dat, tedy hodnot znaků kvality, ze kterých jsou detekovány podezřelé stavy procesu. Zde jsem si vědom toho, že generovaná data jsou statická, jsou značně zjednodušena, neobsahují časový kontext a autokorelované proměnné, které se v reálu většinou vyskytují. Generování realističtějších dat je ale poměrně složité a přesahovalo by předpokládanou obtížnost bakalářské práce.

Nejzajímavějším přínosem práce je použití metody LIME. Student použil metodu LIME na interpretaci pozitivní detekce statisticky nezvládnutého stavu, což je stanovení podmnožiny znaků, které jsou za pozitivní detekci zodpovědné. V literatuře jsem tuto aplikaci LIME zatím nenalezl. Podstatnou nevýhodou metody oproti interpretaci pomocí neuronové sítě se ukázala být nutnost předem znát velikost takové podmnožiny, tedy u kolika znaků došlo ke změně. Tuto znalost ovšem v našem případě nemáme. Proto student navrhl jednoduchou heuristiku, která ale dle experimentální analýzy opomíjí některé znaky kvality, které jsou posunuté. V nerealistickém případě, že metoda LIME disponuje znalostí počtu posunutých znaků, je tato metoda srovnatelná s neuronovou sítí nebo ji dokonce překonává. Stanovení počtu znaků kvality, které mohou za pozitivní detekci podezřelého výrobního procesu student tedy správně navrhl jako téma pro budoucí zkoumání. Interpretace pomocí neuronové sítě se zdá být nejlepší a nejrobustnější. Výsledek práce je celkově velmi přínosný.

Student prokázal velkou samostatnost a schopnost rychle pochopit zadání a aktivně hledat řešení. Přestože práce je dle

mého názoru publikovatelná například v konferenčním sborníku, student ji zatím nepublikoval, což je škoda.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.

Student prokázal schopnost rychle se zorientovat v zadané problematice, aktivně a efektivně komunikovat řešené problémy a pracovat v týmu. Jeho práce přinesla cenné poznatky, ale upozornila na další otázky, které je potřeba v budoucnu zodpovědět. Někdy až přílišná stručnost na úkor srozumitelnosti je kompenzována dobrými citacemi zdrojů, v kterých jsou detailní popisy. Zadání práce a popis celého problému byly pro bakalářskou práci poměrně náročné a student se toho zhostil nadprůměrně dobře.

Proto předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **A - výborně**.

Datum: 5.6.2022

Podpis:

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Interpretace pozitivní detekce statisticky nezvládnutého stavu při statistické regulaci procesů
Jméno autora:	Ondřej Mísař
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra kybernetiky
Oponent práce:	Doc. Ing. Petr Kadera, Ph.D.
Pracoviště oponenta práce:	CIIRC

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	průměrně náročné
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Cílem práce bylo prozkoumat metody pro nalezení příznaků, které mohou za pozitivní detekci out-of-control stavu procesu výroby. Zadání pokrývá řešerši, vygenerování testovacích dat, návrh a implementaci metod interpretace a jejich porovnání. Jedná se podle mě o průměrně náročné zadání.	

Splnění zadání	splněno
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
Všechny body zadání byly splněny.	

Zvolený postup řešení	správný
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Postup je správný. Protože student provedl řešerši, očekával bych více referencí.	

Odborná úroveň	A - výborně
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Na bakalářskou práci je odborná úroveň vysoká. Je vidět, že student ví, o čem píše a práce mu zřejmě přinesla mnoho nových poznatků. Řešený problém je poměrně zajímavý také v kontextu akceptovatelnosti nasazených AI řešení, která je často ovlivněna vysvětlitelností odezvy metod umělé inteligence. Pro porovnání byly vybrány značně různorodé metody interpretace. Porovnání je pak provedeno pečlivě a výsledek je důvěryhodný.	

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce	B - velmi dobře
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Typografická úroveň práce je na vysoké úrovni. Práce je psána anglicky. Je srozumitelná s výjimkou několika málo částí. V kapitole 4.4 anebo v kapitole 5 bych očekával rozsáhlejší diskuzi k výsledkům.	

Výběr zdrojů, korektnost citací

A - výborně

Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.

Práce obsahuje 19 referencí na nové i starší články. Reference jsou velice relevantní. Citování je správné. Jak jsem již zmínil, vzhledem k tomu, že cílem byla i rešerše bych předpokládal mírně větší počet referencí z novější doby.

Další komentáře a hodnocení

Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.

Výsledkem práce je podle mě velmi dobře zpracované porovnání tří metod interpretace klasifikace do jedné třídy. Líbí se mi, že na práci je vidět studentova invence. Student se například nespokojil se špatným výsledkem neuronové sítě v tabulce 4.7, ale v tabulce 4.8 ukázal, že stačí zvětšit trénovací dataset a neuronová síť začne fungovat lépe. Jiný příklad studentovi invence je návrh trochu nestandardního použití sensitivity a specificity pro porovnání metod. Je vidět, že student nad svou prací a jejími výsledky přemýšlel a nejednalo se o pouhé slepé plnění zadání.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Celkově bych předloženou bakalářskou práci hodnotil jako velice nadprůměrnou. Popis některých metod je méně srozumitelný. Práci ale bylo pro mě zajímavé číst, protože popisuje aktuální téma, s kterým se u praktických průmyslových projektů stále častěji setkávám. Výsledek práce je velice přínosný.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **A - výborně**.

Otázky:

1. Zajímá mě, proč student do porovnání nezahrnul jednoduchou metodu interpretace založenou na změně skóre klasifikátoru při eliminaci vlivu dané proměnné (např. nahrazením průměrem). Vstup, jehož eliminace vede na největší změnu skóre směrem k normalitě je pak označen za nejvíce zodpovědný za pozitivní výstup klasifikátoru.
2. Předpokládám, že ideální by bylo operátorovi sdělit rovnou příčinu detekovaného problematického stavu neboli diagnózu. Práce uvažuje trochu jiný scénář. Při integraci popsaného systému ve výrobě bude detekován out-of-control stav procesu. Poté bude spuštěna interpretace a operátorovi bude sděleno: Stav procesu je podezřelý, protože tato množina charakteristik kvality nabývá takových a takových hodnot. Bude operátor ve výrobě rozumět tomuto výstupu?

Datum: 7.6.2022

Podpis: