

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Visual Sudoku Solver
Jméno autora:	Tomáš Kadlec
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra kybernetiky
Vedoucí práce:	Ing. Vojtěch Franc, Ph.D.
Pracoviště vedoucího práce:	Katedra kybernetiky

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Jedná se o náročnější zadání. V první fázi musel student pochopit a implementovat poměrně komplikovanou metodu pro učení markovských klasifikátorů. V druhé fázi musel tuto metodu efektivně spojit s učením neuronových sítí.	
Splnění zadání	splněno
<i>Posudte, 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>	
Zadání bylo splněno.	
Aktivita a samostatnost při zpracování práce	A - výborně
<i>Posudte, zda byl student během řešení aktivní, zda dodržoval dohodnuté termíny, jestli své řešení průběžně konzultoval a zda byl na konzultace dostatečně připraven. Posudte schopnost studenta samostatně tvůrčí práce.</i>	
Student pravidelně konzultoval každý týden. Dohodnuté úkoly plnil včas a prokázal schopnost řešit problémy samostatně.	
Odborná úroveň	A - výborně
<i>Posudte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Student implementoval metodu, která významně rozšiřuje složitý algoritmus pro učení obecných markovských klasifikátorů. Řešení vyžadovalo pochopit a aktivně použít znalost z nedávno publikovaných odborných článků. Funkčnost implementované metody experimentálně ověřil a statisticky vyhodnotil její účinnost.	
Formální a jazyková úroveň, rozsah práce	A - výborně
<i>Posudte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posudte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Práce je psaná dobrou angličtinou. Text je stručný a logicky strukturovaný. Typografická úroveň je dobrá.	
Výběr zdrojů, korektnost citací	A - výborně
<i>Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posudte, zda student využil všechny relevantní zdroje.</i>	

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 převážně pracoval s literaturou dodanou vedoucím. Použitá literatura je korektně citována. Z textu je zřejmé co je vlastním přínosem studenta, a které části jsou převzaté.

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.

Experimentálně získané výsledky ukazují, že implementovaná metoda v této aplikaci překonává nejmodernější algoritmy pro učení strukturních klasifikátorů. Práce má publikační potenciál.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm

Jedná se o nadprůměrnou bakalářskou práci jejíž výstupy mají publikační potenciál.

Datum:

Podpis:

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Visual Sudoku Solver
Jméno autora:	Tomáš Kadlec
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Oponent práce:	Ing. Jan Čech, Ph.D.
Pracoviště oponenta práce:	VRG, katedra kybernetiky, FEL ČVUT v Praze

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	mimořádně náročné
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadání práce hodnotím jako náročné. Vyžaduje totiž pochopení pokročilých teoretických konceptů (Structured output classifier, Markov network, MaxSum problem, LP relaxation, etc.) a zároveň praktickou dovednost vše propojit, implementovat (PyTorch), otestovat, vyhodnotit.	

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>	
Zadání bylo přesně splněno.	

Zvolený postup řešení	vynikající
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Postup řešení je správný, správnost byla prokázána mnoha experimenty.	

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>	
Odborná úroveň práce je vysoká. Metoda je netriviální, její popis je sice stručný, ale dostatečně formální. Experimenty jsou detailní, průkazné a přesvědčivé. Metoda významně překonává všechny referenční metody.	

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce	B - velmi dobře
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Práce je psaná velmi dobrou angličtinou, jazyk je technický, formální. Typografická úroveň je dobrá. Mírná kritika směřuje k možné přílišné stručnosti výkladu metody. Práce není dobře čitelná samostatně bez nahlédnutí do původních článků vedoucího práce, které jsou ovšem odkázané.	

Výběr zdrojů, korektnost citací	A - výborně
<i>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.</i>	
Bez výhrad.	

Další komentáře a hodnocení	
<i>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.</i>	
Práce navazuje na článek vedoucího práce „V. Franc, A.Yermakov. Learning Maximum Margin Markov Networks from examples with missing labels. ACML 2021“, kde je jako jeden z experimentů demonstrováno vizuální sudoku, ale s RBF-	

kernel feature extractorem. Metoda v posuzované práci tyto features nahrazuje konvoluční sítí, která se učí současně se strukturním klasifikátorem. Výsledek je výrazně lepší, než původní experiment. Spojení konvoluční sítě a strukturního klasifikátoru považuji za velice přínosné a originální.

Drobné připomínky:

- Argmax v rovnici (3.4) má být nejspíš Argmin, jinak by problém nebyl nutně konvexní.
- Definice hran na str. 12 není jednoznačná, pokud není dané přiřazení vrcholů (ale pochopil jsem, že má jít o řádky, sloupce a 3x3 okolí).
- Str. 16: „Figure 4.3... confirmation that learned weights are the same“. Úplně identické váhy (tzn. unární a binární potenciály) nejsou, spíše jsou velmi podobné.
- V textu a v Tab. 4.3 se používá Accuracy [%], zatímco ve Fig. 4.9 je použito 0/1 error [%], což je trochu matoucí.

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.

Práce dosahuje nadprůměrné kvality a svědčí o studentově odborné kompetenci.

Otázka k obhajobě:

- Automatické natrénování sudoku solveru navíc z částečných řešení (dokonce s ručně psaným vstupem) je impresivní. Ovšem úloha byla podstatně zjednodušena tím, že graf sousednosti (underlying graph) byl předepsán. Bylo by možné úlohu vyřešit v plné obecnosti, tzn. graf sousednosti by byl plně propojený (fully connected)?

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

Datum: 30.5.2022

Podpis: