

Hodnocení vedoucího diplomové práce

Bc. Lada Zadranská Time Series Forecasting Using Deep Neural Networks

Diplomová práce Bc. Lady Zadranské pochází z oblasti výzkumných aktivit oddělení medicínské informatiky na Katedře informatiky a výpočetní techniky. Účelem práce bylo jednak objektivně posoudit schopnosti hlubokých neuronových sítí (DNN) predikovat vývoj časové řady a jednak ověřit, zda by tuto predikci mohla zlepšit injekce nějaké nelokální informace, vyjádřitelné nad danou časovou řadou, do příslušné neuronové sítě.

Autorka si zvolila pro psaní práce anglický jazyk, neboť existoval předpoklad, že by (díky silnému matematickému zázemí autorky) mohl vzniknout velmi kvalitní vědecký text, dále využitelný jako podklad odborného článku v časopisu nebo na konferenci. Tento předpoklad bohužel nakonec nebyl docela naplněn.

I přesto se ale autorce podařilo dosáhnout použitelných závěrů ohledně využití injekce nelokálních měr, avšak ve výrazně omezenějším rozsahu a hloubce, než se očekávalo.

Autorka je nepochybně velmi inteligentní studentka disponující všemi nezbytnými předpoklady pro odbornou a vědeckou práci, ovšem v tomto případě značně podcenila časovou náročnost zadání a také si patrně neuvědomila, že bude třeba připravit řadu experimentů s různými architekturami DNN, které nebudou právě zábavné.

K práci zpočátku přistupovala s velkým nadšením a příkladně odpovědně. Postupem času, jak se řešené problémy stávaly složitější, její aktivita počala stagnovat až k téměř katastrofickému stavu, který se jí naštěstí podařilo nakonec zvládnout. Nicméně z pohledu vedoucího práce se jednalo (i z dále uvedených důvodů) o skutečně nejhorší možný scénář. Nastíněný průběh řešení zadání je o to smutnější, že autorka nepochybně disponuje potenciálem k jeho perfektnímu zvládnutí...

Spolupráci autorky s vedoucím práce nelze hodnotit jednoduše jedním či dvěma slovy: Na počátku byla zadáním nadšena a sama aktivně přicházela s řadou podnětů a nápadů, docházela na konzultace pravidelně, velmi dobře připravena, živě se zajímala o problematiku DNN a upřímně se snažila pochopit principy nasazení DNN v úloze predikce časových řad. Bohužel ale s postupem času, když už se jednalo o práce spíše mechanické (testy různých variant architektury baseline prediktoru) či vyžadující nastudování např. nějaké nepříliš kvalitní dokumentace k modelům DNN, autorčino nadšení opadalo a tomu příslušně se pak také prodlužovaly intervaly mezi konzultacemi a také chuť autorky do práce.

V několika případech byla autorka vedoucím upozorněna, že zvolený přístup není vhodný, a přesto na něm vytrvale lpěla, nebo prováděla jen nepodstatné změny, které nemohly vést k žádoucí úpravě, kterou vedoucí požadoval. Tímto způsobem pak vyčerpala značné množství vyhrazeného času, takže dokončení práce už probíhalo hekticky, doslova volným pádem. Průvodní text práce díky tomu nebyl dostatečně a včas konzultován, vedoucí měl k dispozici sotva polovinu definitivního textu.

Práce je původní. Autorka použila frameworky TensorFlow a jeho nadstavbu Keras, což jsou dnes v předmětné oblasti de facto technologické standardy a jejich použití je naprosto vhodné a žádoucí.

Zdrojový kód programů k experimentům s prediktory je původním dílem autorky – jen základy modelů architektur DNN převzala z odborné literatury a následně je modifikovala, což je v takovém případě běžně užívaný postup (a vlastně jediný možný).

Citace v textu i bibliografie na konci práce jsou provedené v souladu s požadavky. Uvedené zdroje literatury (68) jsou dostatečné a relevantní. Většinou jde o články publikované na významných oborových konferencích, přičemž jejich výběr považuji za naprosto adekvátní, dále dokumentace k použitým nástrojům a také několik knih z oblasti predikce časových řad či statistiky.

Autorka implementovala plně funkční prediktor časových řad na bázi hlubokých rekurentních neuronových sítí typu LSTM a ten velmi pečlivě otestovala na časových řadách z ekonomické sféry (vývoj cen zlata a jiných komodit, vývoj kurzů měn), z medicíny (EKG) a také na syntetických řadách, načež korektně určila objektivní přesnost predikce. Následně doplnila tento základní (baseline) prediktor mechanismem injekce nelokální míry vypočítané nad časovou řadou a ověřila, zda tato injekce vede ke zvýšení přesnosti predikce. Ač se původní očekávání nenaplnilo a přesnost

prediktoru se významně nezvýšila, jedná se o kvalitní (tzv. „tvrdý“, podpořený dobře provedeným výpočtem statistické významnosti), a tedy hodnotný výsledek.

Zápis zdrojového kódu (ač v případě tohoto typu výzkumných prací to nepovažuji za zásadní) je přehledný a srozumitelný, ve shodě s běžnými praktickými požadavky a zvyklostmi.

Textová část díla je velmi rozsáhlá – má včetně příloh 96 stran. Autorka psala text anglicky a její angličtinu lze označit jako velmi dobrou. Je sice v některých pasážích poznamenána nevhodnou aplikací gramatických struktur autorčina rodného jazyka (např. v podstatě české užití větné interpunkce, struktura souvětí začínající vedlejší větou způsobovou, příslovečná určení na začátcích vět, užití členů, atp.), ale děje se tak v míře nikoliv zásadní, neztěžující pochopení či čtivost textu. Tok autorčiných myšlenek je textem dobře zachycen a lze bez problémů sledovat.

Počet gramatických chyb je úměrný rozsahu práce a použití cizího jazyka. Překlepy, hrubé gramatické chyby či zásadní odchylky od typografických zvyklostí se v textu prakticky nevyskytují. Části 2.2 a 2.3 nejsou – s ohledem na vykládanou matematickou teorii – zcela konzistentní, mj. např. proto, že není zavedeno značení.

Grafická úroveň dokumentu je jinak velmi dobrá, je vysázen v L^AT_EXu a působí harmonickým dojmem. Struktura textu odpovídá typu a rozsahu práce. Práce je dobře logicky strukturovaná a poměr jednotlivých částí je vyvážený, až na kapitolu 7 („Side-channel injection“), která je z pohledu zadání práce *naprosto zásadní* a přitom jí autorka věnovala pouhé 2 strany – to je opravdu nedostatečné!

Text je vhodně doplněn obrázky, grafy, schématy a vzorci, které jej žádoucím způsobem obohacují a jsou vysázené v odpovídající kvalitě.

Využitelnost dosažených výsledků je diskutabilní. Za závěrů autorky se zdá být možné usoudit, že injekce nelokální informace do neuronové sítě nemá žádný vliv na úspěšnost predikce, ovšem diskuse jak k nasazení techniky, tak k dosaženým výsledkům je jen velmi stručná.

Závěry uvedené v 10. kapitole jsou autorkou formulovány poněkud nepřesvědčivě a matematik (a zejména pak zkušený statistik) by je patrně dokázal zpochybnit. Zejména výroky v části 10.2 nejsou dostatečně podloženy a označil bych je spíše za spekulativní (ač jde samozřejmě o spekulaci veskrze expertní).

Práce nicméně může velmi dobře sloužit jako základ dalších experimentů v oblasti predikce časových řad technikami umělé inteligence a jako takový je její přínos nezpochybnitelný.

Všechny body zadání byly s výše uvedenými výhradami splněny.

Při nejlepší dobré vůli ovšem nemohu práci označit jinak než jako poněkud problematickou, a také proto ji **doporučuji k obhajobě** a hodnotím klasifikačním stupněm

„dobře“.

Ing. ~~Kamil~~ Ekštejn, Ph.D.
KIV FAV ZČU

V Plzni dne 27. srpna 2019