

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Odhad délky života pacienta po úspěšné transplantaci ledviny pomocí metod strojového učení
Jméno autora:	Kyrylo Stadniuk
Typ práce:	bakalářská práce
Fakulta:	Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská (FJFI)
Katedra:	Katedra matematiky
Vedoucí práce:	Ing. Tomáš Kouřim
Pracoviště vedoucího práce:	Mild Blue s.r.o., Plzeňská 27

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání a motivace k jeho vypsání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce a krátké průvodní slovo k motivaci pro zadání práce.</i>	
Zadání vychází z mé odborné praxe, kdy ve společnosti Mild Blue zajišťujeme správu a vývoj nástroje pro mezinárodní výměnu ledvin. Student Stadniuk si vybral oblast týkající se predikce délky přežití pacienta po úspěšné transplantaci, a to v rozsahu a hloubce, které hodnotím jako velmi náročné.	
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>	
Student splnil všechny body zadání. Odchýlil se od něj pouze tím, že místo integrace do nástroje TX Matching vyvinul aplikaci vlastní. Tento postup v práci dostatečně zdůvodnil tím, že vzhledem k odlišné povaze řešeného problému by byla integrace v tuto chvíli nadbytečná. S tímto zdůvodněním se ztotožňuji.	
Aktivita a samostatnost při zpracování práce	průměrná
<i>Posuďte, zda byl student během řešení aktivní, zda dodržoval dohodnuté termíny, jestli své řešení průběžně konzultoval a zda byl na konzultace dostatečně připraven. Posuďte schopnost studenta samostatně tvůrčí práce.</i>	
Student byl přiměřeně aktivní, řešení konzultoval a průběžně si vyžadoval zpětnou vazbu na hotové části práce. Úroveň samostatnosti hodnotím pozitivně, student mohl vyhledávat více proaktivně zpětnou vazbu.	
Odborná úroveň	podprůměrná
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Student se dokázal dobře zorientovat v různých existujících softwarových nástrojích, které úspěšně implementoval. Z textu práce je však zřejmé, že ne vždy zcela pochopil teoretické základy daných nástrojů a příslušnou matematickou teorii. Velký problém dělá studentovi též jasně a srozumitelně formulovat své myšlenky a správně strukturovat text. Některé pasáže práce jsou zbytečně obširné, opakující se či v daném kontextu zcela nadbytečné. Naopak v mnohých částech zůstávají „bílá místa“, kde je potřeba značná znalost dané problematiky, aby čtenář zvládl sledovat všechny autorovy myšlenky. Úroveň práce odpovídá úrovni slabší bakalářské práce.	
Formální a jazyková úroveň	průměrná
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Práce je napsaná v anglickém jazyce na průměrné úrovni. Práce není zcela bez chyb, ale jedná se spíše o drobné překlepy a nepřesnosti, jejichž množství je adekvátní rozsahu práce. Některé pasáže jsou pak zbytečně kostrbaté a obtížně čitelné.	
Výběr zdrojů, korektnost citací	průměrné

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 ve své práci cituje celkem 75 zdrojů z oblasti strojového učení, matematiky, statistiky a medicíny. Uvedené zdroje považují co do množství i kvality za dostatečné. Student použil pouze 2 z doporučených zdrojů.

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.

Daná problematika je z matematického i medicínského pohledu velmi složitá, neboť samotné přežívání pacienta je velice komplikovaný proces, který je ovlivněn mnohem více faktory než jen samotnou transplantací. Student v navrhovaném modelu dosáhl výsledky srovnatelné s literaturou, které mohou být inspirací pro další výzkum v oblasti transplantační medicíny.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE

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

Práce svým rozsahem (celkem 100 stran) značně převyšuje rozsah bakalářské práce. Přesto bych ji nemohl hodnotit jako komplexní a ucelené dílo. Některé pasáže by šlo jistě zkrátit, jiné jsou naopak příliš stručné či zcela chybí. Student se ještě musí naučit pracovat s takto rozsáhlým textem, zlepšit způsob formulování a prezentace svých myšlenek. Pár příkladů:

- V úvodu kapitoly 2 dělí student strojové učení do 4 kategorií (supervised, semi-supervised, unsupervised, reinforcement learning), ale v dalším se věnuje jen 2 z těchto kategorií (supervised, unsupervised) a zbylé bez komentáře vynechá.
- V kapitole 2.1.4 student zmiňuje velmi stručně kontrolní mechanismy tvorby rozhodovacích stromů aniž by tuto problematiku jakkoliv uvedl či zasadil do kontextu.
- Kapitola 2.5.3: „There are three main non-parametric methods: the Kaplan-Meier (KM) method, the Nelson-Aalen (NA) estimator, and the Life-Table (LT) method. In the next section, we will cover Kaplan-Meier in more detail. The Life-Table method is more convenient than Kaplan-Meier for the estimation of survival curves when data subjects are segmented into distinct time intervals when dealing with an extensive number of subjects or a broad population scope. On the other hand, the Nelson-Aalen method is used to estimate hazard functions.“ Taková formulace je příkladem poněkud neučesaných autorových myšlenek. Sama o sobě je poněkud kostrbatá, navíc o metodě Life-Table se nikde předtím ani potom v práci nehovoří.
- V kapitole 2.5.3.5 student popisuje modifikace Coxova modelu. Uvádí zde problém nemožnosti najít „inverzní matici“. Z textu však není zřejmé, o jakou inverzní matici by se mělo jednat ani jak uvedené metody tento problém odstraňují.
- V praktické části student používá tzv. „Uno`s concordance index“. V teoretické části však na tuto metodu odkazuje jen stručnou větou, zatímco jiný (byť podobný) index představuje ve velkém detailu včetně konkrétního způsobu výpočtu.

Práce také obsahuje několik faktických chyb, ne vždy je jasné, zda pramení z neznalosti problematiky či jen z nepozornosti při psaní. Z mého pohledu nejpalčivější příklad:

- Kapitola 3.4.2: „Moving on to Table 3.3, we see the distribution of categorical Yes / No features. As we can see, the majority of kidney recipients from deceased donors were on dialysis and did not receive blood transfusions.“

Samotná tabulka 3.3 pak ukazuje opačné hodnoty, tedy 22 % pacientů na dialýze a 75 % pacientů s historií krevních transfuzí. Z kontextu (a znalosti dané problematiky) by bylo možné usuzovat, že v tabulce došlo k prohození popisků řádků. Ovšem tabulka má ještě jeden sloupeček, který uvádí, že 93 % dárců mělo diabetes. Z grafiky obrázku 3.10 však plyne, že 66 % dárců nemělo diabetes. Zde tedy ani prohození řádků nepomůže získat konzistentní výsledky.

Součástí práce je též internetová aplikace, která prezentuje část dosažených výsledků. Tuto aplikaci hodnotím pozitivně. Je zatím ve fázi prototypu, ale velmi pěkně demonstruje, že si student dokáže poradit s praktickou implementací získaných výsledků, dokáže pracovat s patřičnými softwarovými nástroji a obecně se pohybovat v prostředí moderních informačních technologií.

Otázky:

Jedním z prezentovaných výstupů je skórovací algoritmus, který by měl lékařům pomoci vybrat vhodný pár pro transplantace. V práci je uvedeno, že tento algoritmus zatím nedokáže zachytit všechny případy, ale že „dokáže zachytit potenciálně velmi špatné transplantace“. Na základě čeho je dovozeno toto tvrzení?

Algoritmus zároveň vychází z modelu, který má jako jeden z příznaků nutných pro výpočet tzv. studený ischemický čas. Jak je v praxi možné zjistit hodnotu tohoto parametru již v době plánování operace?

Ve všech prezentovaných modelech je věk příjemce nejdůležitějším příznakem. V případě Gradient Boosting Survival Analysis na množině živých dárců má však tento příznak (dle prezentovaných výsledků) velmi nízkou důležitost. Čím si to vysvětlujete?

Výsledky predikce na množině živých dárců jsou lepší než u kadaverózních dárců. Toto je zdůvodněno tím, že „u zemřelých dárců je často složitější najít vhodnou shodu“ a že „množina kadaverózních transplantací obsahuje i starší případy, kde ještě nebyla úroveň medicíny tak vysoká“. Jak tyto medicínské aspekty souvisí s přesností modelu?

V kapitole 3 je uvedeno, že v rámci transplantací od živých dárců je bělošská populace zastoupena cca ze 2/3, což je více než je procentuální zastoupení v celé americké populaci. Je to zdůvodněno tím, že „existuje větší množina potenciálních dárců a tím pádem je snazší najít vhodný pár“. Znamená to, že běloši mohou dostat ledvinu jen od bělochů nebo naopak, že ostatní etnicity nemohou dostat ledvinu od bělošského dárce?

Na několika místech v práci je zmíněno, že kompatibilní krevní skupina dárce a příjemce je nezbytná. V kapitole 3 pak autor uvádí, že 1.4 % transplantací od živých dárců bylo s nekompatibilní krevní skupinou. Je tedy ABOi (transplantace s nekompatibilní krevní skupinou) možná? Jak?

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **C - dobře**.

Datum: 20.8.2024

Podpis: