

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Automatic Segmentation of Cell Structures from Electron Microscope Images (Automatická segmentace buněčných struktur ze snímků elektronového mikroskopu)
Jméno autora:	Bc. Markéta Kvašová
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra radioelektroniky
Vedoucí práce:	Ing. Karel Fliegel, Ph.D.
Pracoviště vedoucího práce:	FEL ČVUT v Praze, Katedra radioelektroniky

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadání této diplomové práce vychází ze spolupráce s UiT The Arctic University of Norway. Zadavatelem, externím vedoucím a konzultantem této práce je Ing. Jakub Pospíšil, Ph.D. Práce se dle zadání měla soustředit na specifický typ jaterních sinusoidálních endoteliálních buněk LSEC (liver sinusoidal endothelial cell) a jejich důležitou filtrační funkci. Segmentace LSEC buněk a jejich fenestrací doposud probíhá poloautomaticky, což je velmi časově náročné. Cílem práce bylo podat přehled současného stavu výzkumu v této oblasti a zejména implementovat nástroje, které umožní nahradit manuální segmentaci buněčných struktur ze snímku získaných z elektronového mikroskopu (EM) plně automatickou. Funkčnost realizovaného řešení měla být ověřena na dostupné testovací databázi snímků. Vzhledem k tomu, že je tato problematika relativně nová a publikovaných funkčních řešení není mnoho, lze zadání považovat za náročnější.	

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>	
Výše shrnuté zadání práce bylo splněno v plném rozsahu a výborné kvalitě zpracování. Práce představuje novou metodu segmentace snímků jaterních sinusoidálních endoteliálních buněk LSEC pořízených elektronovým mikroskopem. Byly použity neuronové sítě v kombinaci s klasickými metodami zpracování obrazu. Účinnost metod byla ověřena.	

Aktivita a samostatnost při zpracování práce	A - výborně
<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 samostatné tvůrčí práce.</i>	
Studentka pracovala na úvodní analýze zadaného problému již v rámci předcházejícího projektu. Po celou dobu řešení projektu i navazující diplomové práce byla velmi aktivní, postup řešení průběžně diskutovala s vedoucím i externím zadavatelem/konzultantem na společných videokonferenčních konzultacích. Dodržovala dohodnuté termíny a na konzultace byla vždy perfektně připravena. Studentka prokázala schopnost samostatné tvůrčí práce.	

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>	
Předložená práce je provedena s výbornou odbornou úrovní. Studentka využila znalostí získaných studiem a z relevantních vědeckých publikací v této oblasti. Zároveň byla využita data a podklady z praxe poskytnuté externím zadavatelem. Segmentované objekty jsou fenestrace na LSEC buňkách a získané segmentační masky se používají k analýze fenestrací. Kombinací neuronových sítí a klasických metod zpracování obrazu bylo trénování provedeno na 14 snímcích a vyhodnoceno na 22 snímcích z elektronového mikroskopu. Účinnost navržené metody byla porovnána s poloautomatickou metodou pomocí referenčních masek. Bylo také provedeno statistické vyhodnocení segmentovaných fenestrací, včetně korelace hlavních vlastností mezi referencí a oběma metodami. Je zde vhodné také zmínit, že diplomantka musela na	

základě podkladů od externího zadavatele, vzhledem k omezené dostupnosti referenčních dat, více jak polovinu těchto snímků sama připravit. V práci jsou diskutovány výhody a nevýhody zkoumaných přístupů.

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

B - velmi dobře

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

Text diplomové práce je připraven v angličtině a obsahuje jen zanedbatelné množství překlepů a gramatických nedostatků. Pro sazbu textu byl použit profesionální systém a tím je dána i vysoká typografická kvalita výsledného dokumentu. Použitý formální zápis je v odborné komunitě obvyklý a správný. Velmi kvalitně jsou připraveny ilustrační obrázky, grafy a schémata. Vlastní text práce je zpracován na přibližně 40 stranách, což je spíše menší rozsah a v některých částech by si popis zasloužil podrobnější rozpracování. Navržené metody a postupy jsou však i na tomto rozsahu velmi srozumitelně popsány a dokumentovány. Elektronické přílohy obsahují všechny potřebné implementace a další materiály.

Výběr zdrojů, korektnost citací

A - výborně

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. 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.

Vzhledem k aktuálnosti problematiky studentka pracovala zejména s nejnovějšími odbornými články z časopisů, sborníků mezinárodních konferencí a dalších volně dostupných zdrojů. Seznam použité literatury uvádí 37 vhodně zvolených pramenů. Z velké části jsou také použity volně dostupné zdroje z oblasti různých nástrojů používaných v této oblasti. Podle mého názoru jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny a použité prameny důsledně citovány.

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.

Hlavním výstupem této práce je vlastní metoda pro automatickou segmentaci jaterních sinusoidálních endoteliálních buněk LSEC ve snímcích z elektronového mikroskopu. Navržené nástroje využívají efektivní kombinace konvenčních přístupů předzpracování obrazu a moderních metod založených na strojovém učení. Tento přístup vykazuje velmi dobrou účinnost a lze očekávat, že bude možno připravené nástroje dále rozvíjet a nasadit ve spolupracující výzkumné laboratoři na UiT The Arctic University of Norway. Realizované metody jsou velmi dobře dokumentovány, zveřejněny pro další rozvoj na GitHub a také na fakulním datovém úložišti Google Drive. Implementace v Python lze spustit v rámci Google Colab a na GitHub je popsán také postup, jak tyto kódy spustit lokálně. Studentka se úspěšně podílela na řešení projektu SGS ČVUT. Výsledky prezentované v této práci budou využity pro přípravu publikace v odborném časopise a konferenci ve spolupráci s externím zadavatelem/konzultantem a členy týmu laboratoře na UiT The Arctic University of Norway.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE

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

Podle mého názoru je předložená diplomová práce kvalitní a splňuje všechny požadavky kladené na závěrečné práce tohoto typu. Studentka pracovala samostatně, konzultovala pravidelně s vedoucím práce a externím zadavatelem. Výsledky dosažené v této práci lze považovat za vynikající. Domnívám se, že tato práce bude tvořit solidní základ pro navazující projekty.

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

Datum: 17.6.2024

Podpis: Ing. Karel Fliegel, Ph.D.