==== DOMENA ====

Data, s ktorymi pracujem v praci vznikli pri procese Rovinneho odvrstvovania, tento proces je finalnym krok pri analyze defektu chyb v cipe a je destruktivny, a teda po odstraneni cip uz nevieme pouzit. Tento process spociva v tom, ze analytic chce najst dovod chyby v cipe. A teda z urcitej plochy vybraneho cipu zacne postupne odstranovat vrstvy pomocou sustredeneho ionoveho luca FIB, a po odstraneni urcitej casti materialu sa FIB zastavi a pomocou rastoveho elektronoveho mikroskopu sa vytvori obrazok aktualnej vrstvy. Nasledne sa znova spusti odvrstvovanie. Pokial sa analytik chce dostat do urcitej vrstvy musi sledovat cely proces podrobne a pred pozadovanou vrstvou vypnut odvrstvovanie. Takyto postup je neefektivnu a narocny. Preto firma tescan, ktora nam poskytla data, pozaduje navrhnutie metody, ktora bude rozpoznavat jednotlive vrstvy v realnom case a system ktory ju implementuje sam bude vediet zastavit nad pozadovanou vrstvou. Cim ulahci pracu analytika.

==== POPIS DAT ====

Polovodicove cipy obsahuju dva typy vrstiev a to

Vrstva kovovych vodicov, ktore predstavuje svelte linky v cipe. Taktiez sa strieda horizontalna a vertikalna orientacia obvodov

Druhy typ vrstvy je prechodova vrstva, ktora obsahuje male kovove prepojanie, ktore elektricky spajaju dve kovove vrstvy.

Tieto vrstvy sa striedaju a teda vieme povedat, ze po vrstve s horizontalne orientovanymi kovovymi obvodmi bude nasledovat prechoda vrstva a po nej vrstva kovovych obvodov s vertikalne orientovanymi vodicmi

==== DATOVE SADY ====

K dispozici som mal dve datové sady, pričom druha sluzila na otestovanie implementovanych metod.

Kazda datova sada predstavuje vrstvy postupne odvrstvovaneho cipu.

Druha datova sada obsahovala obrazky s mensim rozlisenim a priblizenim ako prva.

Obe datove sady obsahuju oznacenia tried, pricom sa v datach su 3 triedy, vrstva kovovych obvodov, prechodva vrstva a medzivrstva. Trieda medzivrstvy obsahuje obrazky, ktore menia svoj vzhlad a charakter na zaklade toho aka vrstva je najblizsie. Budu sa podobat obrazkom kovovych obvodov pokial predosla alebo nasledujuca vrstva je kovova. A teda reprezentuju postupnost procesu odvrstvovania.

==== MOTIVACIA ====

Motivacia pre nasu pracu boli nedostatky aktualnej metody, ktoru firma TESCAN pouziva.

Tato metoda je zalozena na postupnom zbierani priemernej intezity vrstvy pomocou specifickeho hardweru. Pri zbere hodnot pre tuto metodu nie je potrebne zastavenie odvrstovvania pre vytvorenie obrazka vrstvy ako to bolo prave pri zbere nasich dat. Nasledne pri urcitom pocte merani metoda firmy TESCAN zacne vykreslovat graf. Ich metoda je postavane na predpoklade, ze kovove vrstvy su jasnejsie a teda maju vyssiu priemernu intenzita ako prechodove vrstvy. A teda na grafe kovove vrstvy budu reprezentovane vrcholmi a prechodove vrstvy udoliami.

Metoda firmy TESCAN nedokaze klasifikovat len pomocou jedneho obrazku a v realnom case, pretoze potrebuje zistil ci aktualna vrstva v grafe priemernej intezity predstavuje vrchol, udolie alebo bod medzi nimi.

==== ZADANIE PRACE ====

Poziadavka od firmy TESCAN bola vyvinut metodu, ktora dokaze binarne klasifikovat obrazok na prechodovu vrstvu alebo vrstvu kovovych vodicov v realnom case len za pouzitia obrazku aktualnej vrstvy!

Podulohy prace boli:

Preskumat a implementovat metody, ktore sa pouzivaju v praxi.

Nasledne navrhnut a implementovat metódu, ktore podla mna najlepsie identifikuje jednotlive vrstvy.

A ku koncu prace porovnat vysledky implementovanych metod a pri porovnani vysledkov sa sustredit nie na to ci metoda ma najlepsiu presnost, ale ci dokaze spravne identifikovat striedanie vrstiev.

==== IMPLEMENTOVANE METODY ====

Implementovali som 4 rozne pristupy, pričom som vyberal metody, ktore nepotrebuju velky pocet dat, dlhy trenovaci proces, alebo rozsiahlu pripravu pred klasifikaciou.

Prvy pristup porovnava zakladne tvary objektov ako via, kovovy vodic alebo pozadie so vstupnymi datami.

Druhy pristup použiva zhlukovanie, konkretne kmeans algoritmus. Pricom som implementovat 3 rozne pouzitia tochto algoritmu.

Dalsi pristup použiva adaptivne prahovanie, kde som implemetoval pouzitie 4 rozne varianty.

A ako posledny pristup pouzivam CNN pre klasifikaciu, kde vytvarame dva model pricom boli uceny len na obrazkoch prechodovej a kovovej vrstve, prvy model bol uceni len na prvom datasetu a druhy len na druhom datasete.

==== NAMI NAVRHNUTA METODA ====

Nami navrhnuta metoda sa sklada zo 4 krokov

Prvy krokom je predspracovanie obrazku pomocou bielej top-hat transformacie.

Tymto krokom sa snazime eliminovat cierne linky, ktore mozeme vidiet na obrazku. Tieto linky sa vyskytovali na niektorych prepojovacich vrstvach a su sposobene prekrivom informacii z predoslej kovovej vrstvy. Bielu top-hat transformaciu pouzivame z toho dovodu, ze na obrazkoch chceme ponechat kovove obvody, ktore sa javia ako svelte linky.

Dalsim krokom je detekcia vodicov na kovovych vrstvach a spojeni na prechodovych vrstvach pomocou strukturneho tenzoru. Tento algoritmus sme vybrali prave kvoli tomu, ze zobecnuje gradient pixelu v okoli. Cim oproti klasickemu gradientu nezachyti tolko sumu a spravne identifikuje objekty na obrazku.

Nasledne z vysledku ST vypocitame koherencie, kde vysledkom bude matica velkosti povodneho obrazku z hodnotami v rozmedzi 0 az 1. Pricom hodnoty blizke 0 predstavuju pozadie obrazku a hodnoty blizke 1 su bud kovove vodice alebo spojenia na prechodovej vrstve.

==== JEDNOTLIVE METODY PRAHOVANIE ====

Na koniec maticu koherencie klasifikujeme na obrazok prechodovej vrstvy alebo vrstvy kovovych obvodov pomocou jednej z 3 variant.

Prva varianta je zalozena na predpoklade, ze kovove vodice na obrazku zaberaju ovela viacej priestoru ako spojenia na prepojovacej vrstve. A teda po odprahovani obrazok kovovej vrstve bude obsahovat ovela vacsi pocet pixelov popredia ako obrazok prepojovacej vrstve. Tato varianta najprv rozdeli pixeli na popredie alebo pozadie ci uz pomocou predom definovanym prahu alebo pomocou adaptivneho prahovania a nasledne spocita pocet pixelov popredia, ak je vacsi ako predom definovany pocet klasifikujeme cely obrazok ako kovovu vrstvu

==== JEDNOTLIVE METODY INFLEXNE BODY A MONOTONOST ====

Dalsie dve varianty pre klasifikaciu pouzivaju histogram vytvoreny z hodnot koherencie. Kde pre obe typy vrstiev ma krivka histogramu logaritmicky tvar, co je sposobeny tym, ze na obrazku je vacsi pocet pixelov pozadia ako popredia. Pri vrstve kovovych obvodov krivka priblizne v hodnote 0.5 zacina narastat. Co je sposobene vacsim poctom svetlych pixelov, tie ktore reprezentuju kovove obvody.

Druha varianta hlada vsetky inflexne body na tejto krivke pomocou odhadu 2 derivacie, a pokial krivka ma viac ako jeden inflexny bod klasifikujeme obrazok ako kovovu vrstvu.

Tretia varianta na krivke histogramu pocita pocet bodov, ktore rastu a ktore klesaju. To aku ma bod monotonost urcujeme odhadom prvej derivacie. A pokial krivka obsahuje viac bodov ktore rastu klasifikujeme obrazok ako kovovu vrstvu.

==== VYSLEDKY PRVY DATASET ====

V tabulke mozeme vidiet vizualizaciu vysledkov pre jednotlive metody, kde modro su oznacene obrazky vrstiev kovovych vodicov, zelenou farbou prechodove vrstvy a sivou medzivrstvy.

Ako môžeme vidieť v prvom datasete, takmer každá metóda úspešne dodrzala striedanie vrstiev.

V naša metóde, to je varianta prahovania a monotónnosti B D. Varianta klasifikacie založená na pocte inflexnych bodov niekedy chybne klasifikuje prechodovu vrstvu cim vytvori redundantné vrstvy.

V zhlukovacom prístupe iba k-means segmentovanie splnilo úlohu riadok B. Adaptívne k-means vytvorila veľa redudantnych vrstiev v prvej časti datasetu.

V pristupe adaptivneho prahovania každá varianta bola úspešná.

GTPM nebola schopné dosiahnuť správne striedanie vrstiev, pricom neidentifikovala 2 kovove vrstvy.

Model CNN ktory bol uceny na prvom dataset vsetko zaklasifikoval ako prechodovu vrstvu cim uplne zlyhal.

Druhy model CNN, ktorý bol trénovaný na druhom datasete spravne splnil ulohu. ~Kde prechodove vrstvy sa v 2 pripadoch uplne neprekryvaju s oznaceniami od analytika

==== VYSLEDKY DRUHY DATASET ====

Na dalsom slajde mozeme vidiet výsledky pre druhý súbor údajov, pričom tabulka ma rovnake poradie metod ako predosla.

V tomto datasete iba naša metóda úspešne dodrzuje striedanie vrstiev pricom je to znova varianta prahovanie koherencie a monotónnosť krivky histogramu riadok B, D.

Ostatné metódy, ktoré predtým splnili úlohu, na tomto datasete ju nedokázali splnit.

Takmer každý z nich v poslednych častiach čipu nenašla vrstvy kovovych vodicov.

V zhlukovacom pristupe ani jedna metod nedokazala dodrzat spravne striedanie. Najviac sa, ale priblizila metoda zhlukovania obrazkov podla euklidovskej vzdialenosti. Riadok C.

Vsetky varianty prahovania maju podobne vysledky. No ani jedna z nich nedokazala splnit ulohu, pricom najlepsie vysledky mala Otsu metoda, riadok B

Metoda GTPM vsetky obrazky zaklasifikovala ako prechodovu vrstvu, co bude najpravdepodobnejsie sposobene mensim priblizenim tohto datasetu.

Prvy model CNN (uceny na prvom datasete) skoro spravne splnil ulohu az na posledne 3 prechodovu vrstvy

Druhy model kazdu druhu vrstvu kovovych vodicov vynechal cim taktiez zlyhal v spravnom dodrzovani vrstiev.

==== VYSLEDKY METRIK ====

Na tomto slajde mozeme vidiet vysledky metrik pre vsetky metody pricom pre klasifikaciu sme dataset orezali len na triedu kovovych vodicov a prechodovu vrstvu. Zelenou farbou su vyznacene metody ktore splnili podla grafov spravne striedanie vrstiev. Aj napriek tomu, ze viacere hodnoty su podobne z tychto vysledkov nedokazeme rozhodnut, ktora metoda splnila zadanie a ktora nie.

==== ZHRNUTIE ====

Ako sme mohli vidiet z vysledkov nasa metoda, ktora sa sklada z viacerych casti dokazala ako jedina uspesne dodrzat striedanie vrstiev na oboch datasetoch.

Pricom jej parametre neboli nijak upravovane. Preto pre realnu aplikaciu firmou TESCAN odporucam pouzit našu metodu. Kedze nepotrebuje ziadny trening ani specialnu pripravu.