

Západočeská univerzita v Plzni
Fakulta aplikovaných věd

Semestrální práce
z předmětu KKY/ZDO
Team 4

19. května 2024

Tereza Kašáková
Jan Kovář

Obsah

1	Zadání	2
2	Anotace	2
3	Metoda k rozhodnutí o zpracovávání obrazu detekcí přítomnosti incize	2
3.1	Detekce horizontálních hran - incize	2
3.2	Detekce potenciálních stehů	3
3.3	Výsledek	3
4	Metoda počítání stehů 1 - mazání incize	4
4.1	Segmentace	4
4.2	Vymazání incize	6
4.3	Vizualizace	6
5	Metoda počítání stehů 2 - detekce potencionálních stehů	7
5.1	Hranová detekce	7
5.2	Zjištění počtu potenciálních stehů	7
5.3	Výsledek	8
6	Kombinace metod 1 a 2	8
7	Výstup	8
8	Spuštění	9
9	Závěr	10

1 Zadání

The goal of this assignment is to evaluate the quality of surgical stitching based on the image of the incision and the stitch. Students will be provided with a set of images depicting incisions and stitches made during a surgical procedure. The task of the students will be to use computer vision methods to extract and segment image data, and then use machine learning methods to perform qualitative analysis of the stitching. Students will evaluate the quality of the stitching based on number of stitches.

Cílem této práce je zhodnotit kvalitu chirurgického šití na základě obrazu incize a stehu. Studentům bude poskytnuta sada obrázků zobrazujících incize a stehy provedené během chirurgického zákroku. Úkolem studentů bude pomocí metod počítačového vidění extrahovat a segmentovat obrazová data a následně pomocí metod strojového učení provést kvalitativní analýzu stehu. Studenti budou hodnotit kvalitu stehu na základě počtu stehů.

2 Anotace

Anotovaná data by se dala využít k natrénování nějakého klasifikátoru, například neuronové sítě. Jelikož je jich však málo (134), nebyla takto využita. Navíc dodaná data nebyla vždy anotována korektně, například fotka SA_20231011-104231_e3sdqld32ut6_incision_crop_0_start.jpg nemá v anotacích označenou ani incizi, ani stehy, přestože na fotce prokazatelně je jak incize, tak dva stehy. Takto chybně anotovaných obrázků je více. Místo využití pro klasifikátor se anotace extrahovala do souboru ve formátu, v jakém se požaduje výstup algoritmu, tudíž ke každému obrázku pouze počet stehů nebo -1, pokud na obrázku nelze nalézt ani incizi. V tomto souboru pak byly opraveny některé chyby. Tento soubor je následně využíván k vyhodnocování přesnosti vytvořeného algoritmu.

3 Metoda k rozhodnutí o zpracovávání obrazu detekcí přítomnosti incize

Tato metoda má za úkol řešit případy, kdy v obrázku není incize, incize je viditelná jen částečně a nebo je obrázek vyfocený tak, že nelze určit, kolik stehů tam opravdu je. Zde se určí, zda je možné v obraze provést detekci stehů jednou z metod a nebo vypracované metody nebudou moct provést detekci nebo je velká šance, že detekce bude provedena špatně.

3.1 Detekce horizontálních hran - incize

Nejdříve se načte barevný obrázek, který se převede na šedotónový. Poté se aplikuje Gaussův filtr na rozmazání a adaptivním prahováním se vyberou tmavé objekty v obrázku.

Dále se aplikuje Houghova transformace k detekci čar a to zejména horizontálních. Pokud je v obrázku celá incize, tato detekce by ji měla najít.

Pokud incize nebyla detekována, je zpracováváný obrázek označen jako nepoužitelný a je mu přiřazena hodnota -1.

3.2 Detekce potenciálních stehů

Potenciální steh je název pro tečky fixem, kterými jsou označena místa plánovaných stehů.

Nejprve se zde provede detekce incize z minulé subsekcce s jinými parametry detekce hran pro detekci i částečných incizí. Takto detekovaná incize se využije později k odstranění detekovaného začátku nebo konce incize.

Detekce hran pouze z levé strany najde jak stehy, tak i vyznačená místa, kde by měly stehy být. Také občas najde i začátek a konec incize a některé nerovnosti v obrázku, a to vytváří chyby v další detekci.

Tyto detekce se od sebe odečtou, a když obě detekce proběhnou poměrně dobře, zůstanou pouze rozdělené stehy a potencionální stehy. V některých případech zde zůstanou detekované malé nerovnosti v obrázku jako například konec uzlu niti u stehu a to ztěžuje další detekci.

Na takto detekovaný binární obrázek se aplikuje dilatace s úzkou vysokou maskou, konkrétně `"np.ones((100, 4), np.uint8)"`, která vytvoří něco podobného čárovému kódu. Za předpokladu, že stehy a potencionální stehy jsou od sebe průměrně stejně daleko, je možné odstranit chybné detekce kontrolou vzájemné vzdálenosti. Jednotlivé čáry se převedou na centroidy, u kterých se kontroluje vzdálenost od sousedních centroidů, a pokud je nějaký moc blízko, tak je odstraněn.

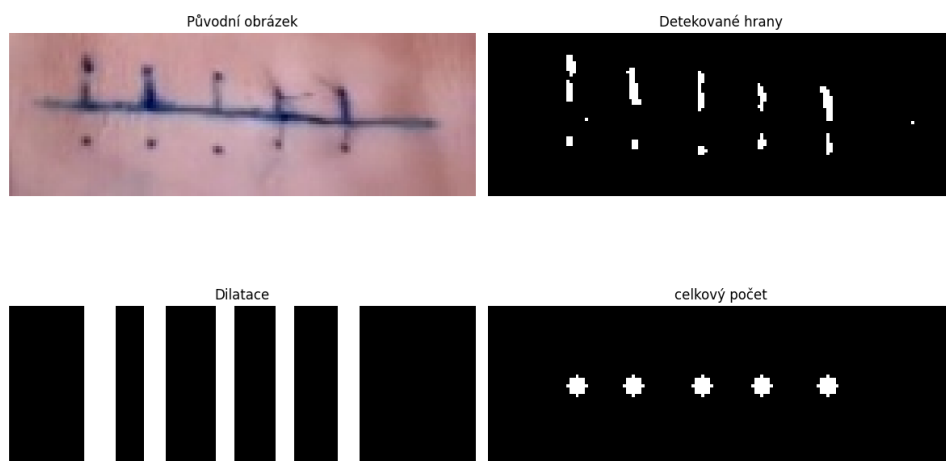
Zde se také využije předpoklad, že minimum potenciálních stehů je 5. Díky tomu se můžou případy, kdy je počet centroidů před jejich filtrací menší než 5, považovat za špatně řešitelné. Je zde buď problém s obrázkem a je očekáváno, že je incize posunuta mimo obraz a jakákoliv detekce zde není možná a nebo samotná detekce hran se zde nedá použít a je obrázek označen jako -1.

Filtrace centroidů pokračuje, dokud nebude pouze 5 centroidů. Pomocí této metody se mělo ještě rozlišit, zda je potenciálních stehů 5 nebo 6, což mělo pomoci v následné metodě 2, kde je hlavní předpoklad, že je ve většině obrázků pouze 5 potenciálních stehů.

Toto rozlišování mezi 5 a 6 potenciálními stehy sice zlepšilo přesnost pro některé obrázky s maximálně 6 stehy v metodě 2, obecně ale metoda začala dělat více chyb u obrázků s méně stehy. Použití metody k rozlišení 5 a 6 maximálních stehů tedy mělo celkově negativní účinky a nakonec metoda nebyla využita.

3.3 Výsledek

Tato metoda má za úkol poznat, kdy je obrázek nepoužitelný ke zpracování a tyto případy hodnotí -1. Metoda je použita na začátku obou dále zmíněných metod počítání stehů, kde zlepšuje detekci o přibližně 6% tím, že se nesnaží zpracovávat ty obrázky, které zpracovat nepůjdou.



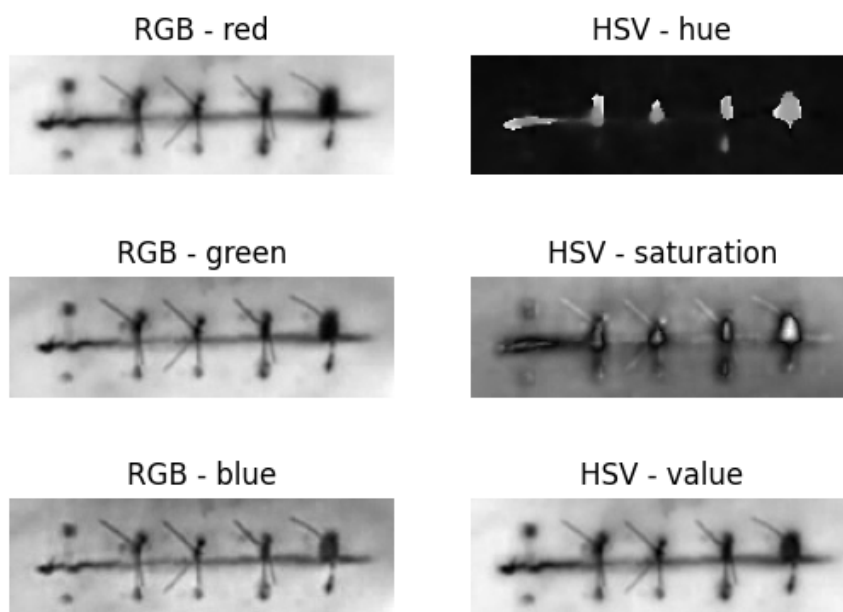
Obrázek 1: Ukázka některých kroků metody

4 Metoda počítání stehů 1 - mazání incize

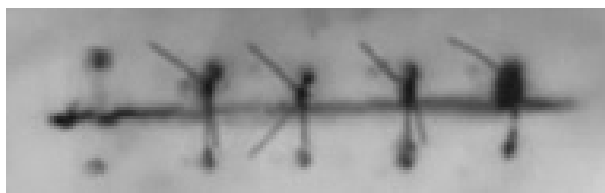
Algoritmus vychází z předpokladu, že po vymazání incize z obrazu na něm zůstanou pouze stehy. Ty je poté možné snadno spočítat.

4.1 Segmentace

Před zpracováním proběhla kontrola, zda je zpracovávaný obrázek na šířku, opak by totiž znemožnil celé zpracovávání. Pro práci je využit segmentovaný obraz pomocí prahování. K tomu se muselo porovnat, který kanál je nejvíce diskriminativní pro odlišení incize a stehů. Byla porovnána jak RGB reprezentace, tak HSV - viz obrázek 2. Nakonec však bylo pracováno s šedotónovým obrázkem, který dostatečně odlišuje tmavé stehy a světlé pozadí, jak lze vidět na obrázku 3.



Obrázek 2: Porovnání RGB a HSV kanálů



Obrázek 3: Šedotónový obrázek

K segmentaci bylo využito prahování. Nejdříve se použije adaptivní prahování pro zvýraznění detailů obrazu na základě lokálních prahových hodnot. Na takto prahovaný binární obrázek se aplikují zvlášť 2 další prahování. První globální prahování s Otsuovou metodou najde optimální prahovou hodnotu automaticky. Druhé globální prahování s pevnou prahovou hodnotou zvýrazní oblasti s intenzitou nad 200.

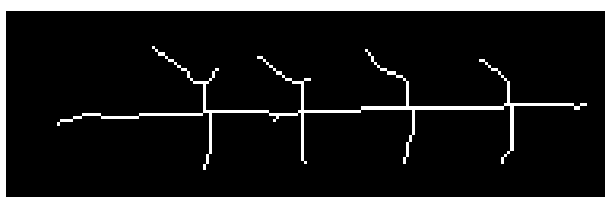
Kombinace výsledků prahování pomocí operace `cv2.bitwise_or` sjednotí oba binární obrazy, což zvyšuje robustnost detekce hran nebo jiných relevantních detailů pro další zpracování.



Obrázek 4: Segmentovaný obraz

Je zanechán pouze největší objekt, nebo více velmi podobně velkých objektů, což bývá případ, kdy se incize segmentuje na dvě poloviny. Malé samostatné objekty, například pomocné tečky fixem, jsou tím smazány. K tomu je využita funkce `morphology.remove_small_objects()` a jsou smazány objekty menší než 30 % největšího objektu.

Následně je na obrázku provedena skeletonizace, výsledný obraz vypadá zhruba jako následující obrázek 5.



Obrázek 5: Kostra segmentovaného obrazu

4.2 Vymazání incize

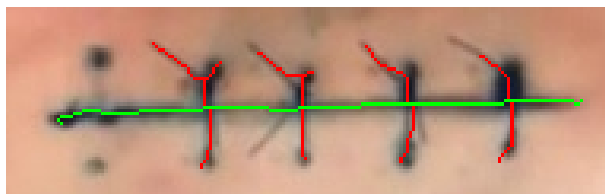
V kostře je pak pomocí prohledávání do hloubky hledána cesta z levého okraje kostry do pravého, což by mělo odpovídat průběhu incize. Incize je následně z obrázku vymazána a na stehy je uplatněna dilatace, aby se zacelily případné díry a vznikly souvislé oblasti. Příliš malé objekty jsou opět vymazány, aby se odlišily stehy a pomocné čáry nebo jiné špatně segmentované části. Izolované stehy viz obrázek 6 se již pouze spočítají a zapíší do výstupu.



Obrázek 6: Izolované stehy

4.3 Vizualizace

Při vizuálním módu by se měl vykreslit obrázek se zakreslenou incizí a stehy. Jelikož se při zpracovávání pomocí první metody nalezne incize a poté se najdou samostatné stehy, lze je přímo po pixelech vykreslit do původního obrazu viz obrázek 7.



Obrázek 7: Vizualizace

Takto vizualizovaný výsledek se pro zpracovatelné obrázky uloží do složky images.

5 Metoda počítání stehů 2 - detekce potenciálních stehů

Algoritmus vychází z předpokladu, že počet vytvořených stehů lze odvodit z počtu předpřipravených koleček fixem, které nejsou využity, a to odečtením počtu potenciálních stehů od maximálního počtu stehů. Navíc se tyto kolečka detekují poměrně dobře, díky své vzdálenosti od incize. Na základě analýzy poskytnutých obrázků je v této metodě předpoklad maximálně 5 stehů. Vzhledem k datům je obrázků s maximálním počtem 6 stehů poměrně málo, ale pokud se v jiných datech tento poměr změní, tak to velmi ovlivní výsledky této metody.

Problematické jsou také obrázky, kde je použito naprosto jiné označování, kde se stehy mají udělat - buď žádné, nebo dvojité.

5.1 Hranová detekce

Opět je zkontrolována orientace obrázku a je převeden na šedotónový. Na šedotónový obrázek se aplikuje Canny filter pro detekci hran a na takto detekovaný binární obrázek se dále aplikuje otevření a výplň děr. To pomůže spojit incizi se stehy do jednoho objektu. Poté se zkontroluje kulatost/eccentricita u jednotlivých objektů a pokud zde objekty nedosahují určitého kritéria, jsou vymazány. Nakonec se aplikuje otevření pro odstranění malých kulatých objektů, které nejsou vyznačené tečky, což může být konec nitě ve stehu nebo nerovnost v obrázku.

5.2 Zjištění počtu potenciálních stehů

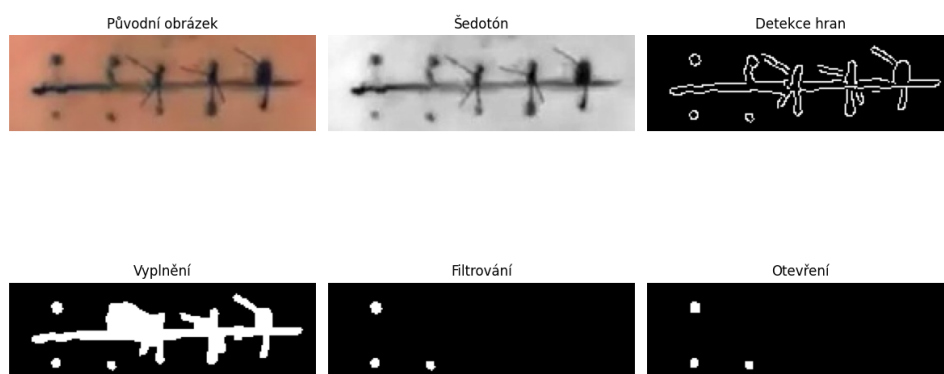
Po aplikaci minulé sekce je výsledkem binární obrázek, kde by se měly vyskytovat pouze potenciální stehy ve formě koleček od fixu. Jelikož se při procesu mohou nějaké kolečka vyfiltrout nebo se vůbec nedetekují, je nutné je spočítat nestandardním způsobem.

Vychází se z předpokladu, že kolečka od fixu jsou nad sebou, a je proto nutné počítat objekty, které jsou nad sebou, jako jeden potenciální steh. To je provedeno přes centroidy koleček, pokud se některé centroidy nachází nad sebou nebo maximálně 15 pixelů od sebe ve horizontálním směru, jsou počítány dohromady jako jeden objekt.

5.3 Výsledek

Celkový počet unikátních objektů se odečte od maximálního možného počtu stehů vybraného na základě dodaných dat, což je v tomto případě 5, a zjistí se počet stehů v obrázku.

Je to vcelku jednoduchá metoda s dobrými výsledky. Nezvládá však zpracovat obrázky, kde se nedá použít detekce hran, nebo když je maximální počet stehů jiný než 5. Na přesnost detekce má vliv mnoho parametrů jednotlivých použitých metod a bylo vybráno takové nastavení, které dosahovalo nejlepších výsledků na konkrétních dodaných datech, což nemusí platit obecně.



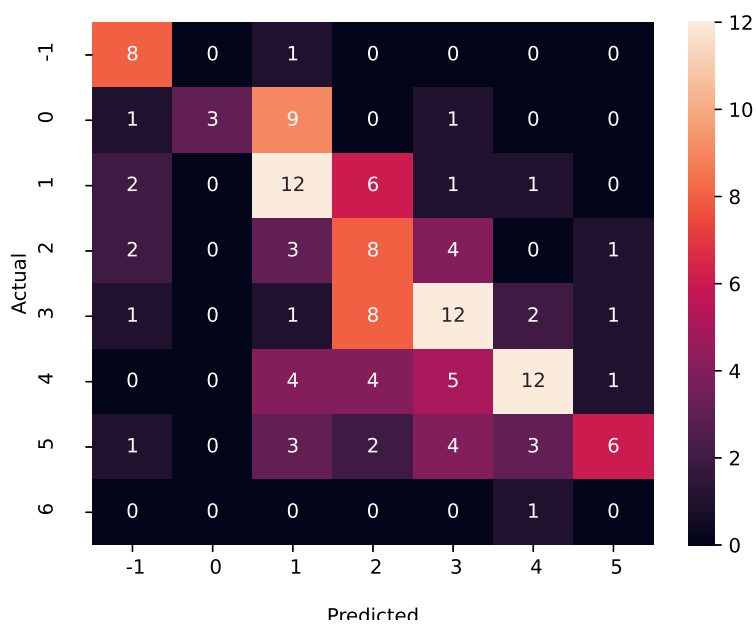
Obrázek 8: Ukázka některých kroků metody 2

6 Kombinace metod 1 a 2

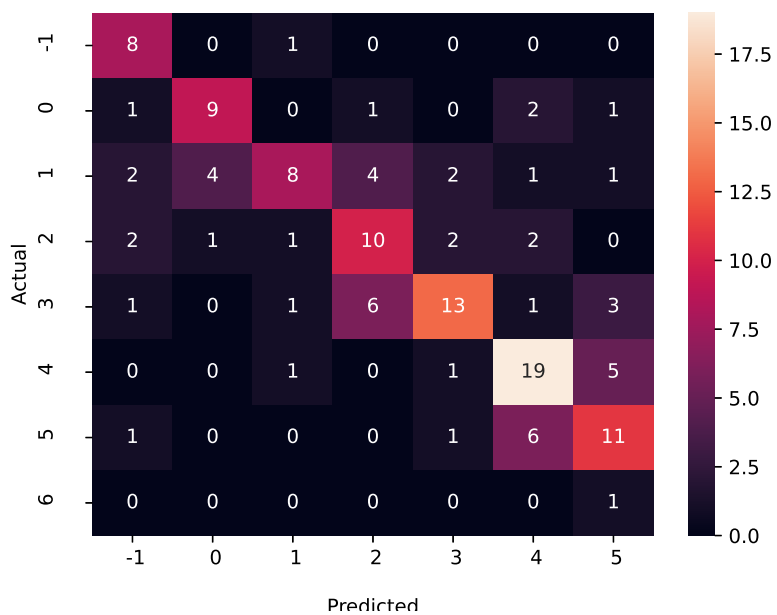
Obě metody dosahují vcelku přijatelných přesností, obě dělají ale spoustu chyb. Chyby ale nastávají u obou metod za jiných podmínek a z různých důvodů. Proto by se dalo očekávat, že jejich kombinací se dosáhne ještě lepších výsledků. Pokud se metody shodnou, je velká šance, že daný výstup je korektní. Pokud se ale neshodnou, je velmi složité zjistit, která z metod pochybila a který z výstupů je lepší použít. Proto nakonec k žádné kombinaci výsledků metod nedošlo.

7 Výstup

Výstupem obou algoritmů je csv soubor, který každému vstupnímu obrázku přiřadí počet stehů. Po porovnání se souborem s anotacemi dosahuje první metoda přesnosti (accuracy) 45,52 % a druhá metoda přesnosti 58,21 %.



Obrázek 9: Confusion matrix pro první metodu



Obrázek 10: Confusion matrix pro druhou metodu

8 Spuštění

Instalace potřebných knihoven

```
pip install -r requirements.txt
```

Spuštění metody 1

```
python run.py {výstupní soubor} {seznam obrázků pro zpracování}
```

Spuštění metody 1 s vizualizací

```
python run.py {výstupní soubor} -v {seznam obrázků pro zpracování}
```

Příklad použití:

```
python run.py output.csv -v incision001.jpg incision005.png
```

Spuštění metody 2

```
python run2.py {výstupní soubor} {seznam obrázků pro zpracování}
```

9 Závěr

V rámci semestrální práce nám byla dodána anotovaná data incizí a stehů z chirurgického šití. Cílem práce bylo vyvinout algoritmus, který by z obdobných fotek usoudil, kolik je na obrázku stehů. Před těmito metodami bylo nutné zjistit, zda má vůbec dodaný obrázek zpracovávat. To bylo vyřešeno detekcí incize jako horizontální čáry. Metody pro počítání stehů pak byly vytvořeny dvě. Jedna pracující na principu vymazání incize z kostry obrázku, která dosahovala přesnosti 45,52 %. Její princip umožňoval jednoduchou vizualizaci, protože odizoloval incizi a stehy. Druhá metoda dosáhla vyšší přesnosti 58,21 %, jelikož ale funguje na principu detekce prázdných míst místo hotových stehů, není její výsledek možno vizualizovat. V obou metodách bylo využito široké spektrum metod zpracování obrazu, které byly probrány na přednáškách a cvičeních.