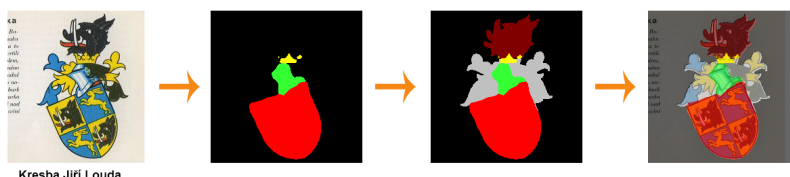


Počítačová podpora rozpoznávání a klasifikace rodových erbů

František Vídeňský*



Abstrakt

Tento článek se zabývá rozpoznáváním rodových erbů jako celku, tak jeho jednotlivých součástí. Popisuje návrh a implementaci jednotlivých částí systémů, který dokáže nalézt v obraze rodový erb, provést jeho dekompozici na jednotlivé součásti a ty dále klasifikovat dle heraldických pravidel. Dosud nebyl vytvořen systém, který by výše zmíněné funkce umožňoval. Tento článek představuje metody, pomocí kterých lze jednotlivé funkce implementovat a výsledný systém je možné použít jako pomocný nástroj v historických nebo pomocných historických vědách.

Klíčová slova: Heraldika — Počítačové vidění — Sémantická segmentace — Konvoluční neuronové sítě — Histogram orientovaných gradientů — Aktivní kontury

Příložené materiály: N/A

*xviden04@fit.vutbr.cz, Faculty of Information Technology, Brno University of Technology

1. Úvod

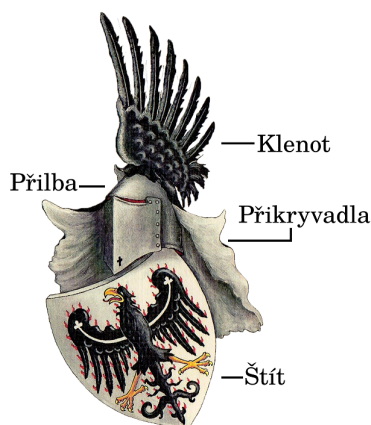
Všechny tři naše historické země (Království české, Markrabství moravské a Vévodství slezské) mají dlouhou a bohatou historii plnou slávy i pádu. Ovšem nejslavnější období si prožily ve středověku, ve kterém mocenský základ státu tvořila skupina vysoce společensky postavených jedinců, středověká šlechta.

Každý šlechtický rod, si od dob první křížové výpravy [1], dědičně držel vlastní znak (erb), pomocí kterého se šlechta rozeznávala a prezentovala. I když doba šlechty v našich zemích pominula, stále můžeme nalézt její stopy. Nejpatrnější jsou na stovkách hradů a zámků, ve kterých šlechta žila a většina rodů na nich svůj erb zanechala. Můžeme nalézt erby vyryté nad bránou, na stěnách, nakreslené v erbovních sálech nebo pomocí erbů ozdobené věci určené ke každodennímu užívání, od talířů přes židle, až po dýmky. Erby lze stejně často nalézt v literatuře, která se erby přímo zabývá.

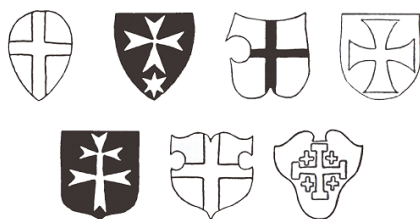
Poslední desetiletí se velmi vyvíjí a stále více používá počítačové vidění, například v průmyslu pro kontrolu výrobků, bezpečnostních systémech, dnešní automobily umí detekovat chodce či jiné překážky nebo nám dokáží přečíst a zobrazit dopravní značku. Policie využívá počítačové vidění pro automatickou detekci a zaznamenání dopravních přestupků atd.

Dosud však nevznikla aplikace pro rozpoznávání erbů i přes to, že existuje věda, která se erby přímo zabývá a nazývá se heraldika.

Tato práce se zabývá rozpoznáváním a klasifikací rodových erbů jako celku, jeho dekompozicí a následnou klasifikací, jeho jednotlivých heraldických součástí pomocí nástrojů počítačového vidění. V následující kapitole jsou stručně popsány vybrané části heraldiky a dále návrh systému. Následující kapitoly popisují implementaci a ověření funkčnosti jeho částí, nakonec jsou popsány provedené experimenty a závěr.



Obrázek 1. Rozdělení erbu na jednotlivé součásti. Kresba Vladislav Dědek.



Obrázek 2. Základní tvary štítů. Zleva: normanský, gotický, kolčí, španělský, francouzský, polský a italský. Obrázek převzat z [1].

2. Heraldika

Heraldika je jedna z pomocných věd historických a zabývá se tvorbou, popisem a kresbou znaků. Nezabývá se pouze znaky/erby rodovými, ale také znaky států, měst, řádů a církevní heraldikou.

Pro účely této práce je nejpodstatnější popis rodových erbů a jejich součástí, které jsou zobrazeny na obrázku 1 a dále jsou podrobněji popsány.

[Štít] Jedná se o jedinou povinnou a nejdůležitější součást erbu (nese erbovní znamení).

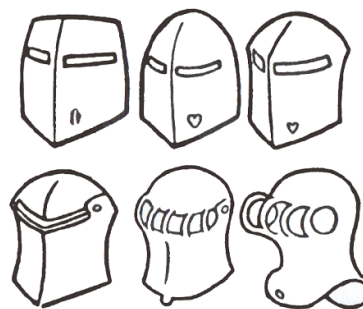
Na obrázku 2 můžeme vidět základní tvary štítů. Existuje jich mnohem více a mohou se kreslit vpravo nebo nakloněné. Dále na štít vkládáme přilbu nebo honosný kus.

[Přilba a její výstroj] Přilba se může nacházet pouze na štítu a má stejně jako štít vícero tvarů, které jsou zobrazené na obrázku 3.

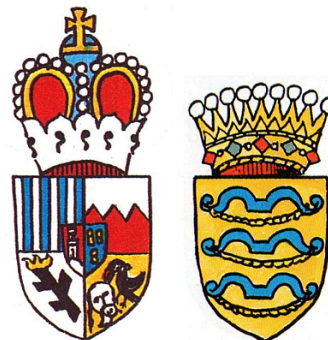
K přilbě nezbytně patří *přikryvadla*, která se vyvinula z látkových povlaků, které chránily přilbu před sluncem, deštěm, ale také sekem mečem. Nejdříve se kreslila skromně, jak můžeme například vidět na obrázku 1, ale později se začala třepit, rozstříhávat a přikryvadla se kreslila čím dál tím bohatší.

Na přilbu a přikryvadla se dále umísťuje *klenot*, který ze zpravidla volí tak, aby byl v souladu se znakem na štítu a může mít tedy jakýkoliv tvar.

Po čase vznikla spojidla mezi klenotem a přikryva-



Obrázek 3. Tvary přileb. Zleva: přilba hrncová, 2x kbelíková, kolčí a 2x turnajská. Obrázek převzat z [1].



Obrázek 4. Knížecí [2] a hrabčecí erby [3].

dly, která měla za účel zakrýt jejich připevnění na přilbu. První způsob je, že se vezme látka přikryvadla, stočí se kolem klenotu jako provaz a vine se kolem vrcholu přilby. Tomuto překrytí říkáme *točenice*. Druhý způsob je použít *helmovní korunu*, která mívá zpravidla tvar kruhu posázeného třemi listy.

[Honosné kusy] Honosné kusy jsou všechny ostatní heraldické části, které je možné umístit do znaku. Nás z pohledu rodových erbů nejvíce zajímají *hrabčecí koruny* a *knížecí čepice* zobrazené na obrázku 4.

Pokud v erbu nalezneme jeden z těchto dvou honosných kusů, jsme schopni říct, jakou měl/má jeho nositel titul.

3. Návrh systému pro dekompozici rodových erbů

Výsledný systém musí být schopný nalézt erb na jakékoliv pozici v obraze. Dále musí být schopen nalezený erb dekomponovat na součásti a ty klasifikovat. Systém jsem rozdělil na následující části:

1. *Detektor štítů.* V prvním kroku nalezneme oblasti, ve kterých se nacházejí erby. Jediná povinná součást erbu je štít, proto ho bude nutné detekovat. Detektor může nalézt oblasti, ve kterých se štít nenachází, tyto oblasti budou později vyřazeny.
2. *Segmentace a klasifikace štítu, přilby, helmovní koruny, točenice a honosných kusů.* Tyto součásti

mají přesně definovanou podobu a bude snadnější je nalézt. Druhá část systému tedy segmentuje nalezenou oblast na vybrané součásti a provede klasifikaci štítu a přílby.

3. *Segmentace klenotu a přikryvadla*. U těchto součástí nám není známý jejich přesný tvar a proto je složité je segmentovat. Známe však jejich polohu vzhledem k ostatním součástem, proto se tato část na základě získané segmentační mapy z předchozího kroku (pokud se v ní nachází přílba) pokusí nalézt zbylé součásti.

Na závěr systém vykreslí segmentační mapu na vybranou oblast a pokud byl nalezen honosný kus, určí titul vlastníka erbu.

[Výběr metod] Pro detekci štítu jsem vyzkoušel generalizovanou Houghovu transformaci [4], ale dosáhl jsem velmi špatných výsledků a především výpočet trval v řádu minut, což jsem vyhodnotil jako nevyhovující. Velmi využívaný detektor kaskádu klasifikátorů jsem zavrhl protože se na štítu objevují různá a velmi odlišná znamení. Haarovy i LBP příznaky by tedy byly velmi odlišné. Nakonec jsem vybral metodu *histogramu orientovaných gradientů* (HOG) [5], která hledá objekty podle jejich tvarů a to je pro řešený problém ideální.

Zkoušel jsem a studoval různé metody pro segmentaci štítu, přílby, helmovní koruny, točenice a honosných kusů z [4, 6], ale žádná metoda nebyla pro řešený problém vhodná. Rozhodl jsem se vyzkoušet segmentovat tyto součásti pomocí sémantické segmentace, což je technika, která klasifikuje každý pixel v obraze podle jeho sémantického významu. Sémantickou segmentaci lze provádět vícero metodami, například pomocí *semantic texton forests* [7], ale v poslední době se pro tuto techniku používají *konvoluční neuronové sítě*.

Jelikož u klenotu a přikryvadla neznáme jejich tvar, vybral jsem jako nejlepší segmentační metodu *aktivní kontury* [6]. Nejprve je nutné nalézt konturu celého erbu a tu následně ve vhodném místě rozdělit na část klenotu a přikryvadla.

4. Implementace

V této kapitole je popsána implementace jednotlivých částí systému popsaných v kapitole 3.

4.1 Detektor štítů

Prvním krokem bylo vytvořit datovou sadu. Pro trénovací množinu jsem použil knihy *České erby* od Jiřího Loudy a Josefa Janáčka [8], *Lexikon české šlechty* (díl 1-3) od Jana Haldy [9, 10, 11] a *Erbovník* od Milana Myslivečka [2, 3]. Celkem jsem pro trénovací

množinu získal 688 štítů. Pro testovací množinu jsem využil stejné knihy, ale jen takové štíty, které nebyly využity pro trénovací množinu. Testovací množinu jsem dále rozšířil o obrázky z *Atlasy erbů a pečeti české a moravské středověké šlechty* od Augusta Sedláčka (svazky 2-4) [12, 13, 14]. Nakonec jsem do testovací množiny přidal vlastní fotografie erbů z historických měst Moravy a několika moravských hradů a zámků. V testovací množině se celkem nachází 273 obrázků se 300 štíty. Negativní množina (obrazy, které neobsahují hledaný objekt) je vytvořena z výřezů ostatních součástí erbu z knih. Dále byly přidány náhodné výřezy z fotografií z historických částí města Znojma, Olomouce a Brna. Celkem negativní množina obsahuje 2054 obrázků.

[Optimalizace nastavení] Metoda HOG potřebuje detekční okno rozdělené na bloky, které se dále dělí na buňky. Dále potřebuje určit počet binů, do kterých se rozdělí orientace gradientů. Autoři článku [5] použili pro detekci chodců detekční okno 64 x 128 pixelů. Pro detekci štítů postačí detekční okno tvaru čtverce, jehož velikost jsem zvolil 64 x 64 pixelů. Pro zvolení velikosti bloků, buněk a počtu binů bylo potřeba provést pokusy a porovnat výsledky (popsané v kapitole 5).

K tomuto účelu jsem naprogramoval v Emgu CV¹ aplikaci, která natrénuje *Support vector machines* (SVM) klasifikátor podle dané datové sady. V HOG se používá SVM s lineárním jádrem.

Velikosti bloků jsem si určil jako dělitele 64 patřící do intervalu $<8, 32>$ a velikost buněk patřící do intervalu $<4, 16>$. Protože buňka musí být menší než velikost bloku. Pro počet binů jsem určil možné hodnoty dělitelů 180 z intervalu $<6, 36>$.

4.2 Segmentace a klasifikace štítu, přílby, helmovní koruny, točenice a honosných kusů

Při reimplimentaci konvoluční neuronové sítě pro sémantickou segmentaci jsem postupoval podle článku [15]. Autoři článku převedli konvoluční neuronovou síť 16 vrstvou VGG síť (určená pro klasifikaci obrazu) na plně konvoluční síť tím způsobem, že odstranili poslední plně propojenou vrstvu. Následně pomocí upsamplingu s faktorem (kolikrát se zvětší výstupní obraz) 32 využili výstup této sítě pro sémantickou segmentaci a tuto síť nazvali FCN-32s. Následně provedli dvoje vylepšení pomocí faktorů 16 a 8, které použili na více místech a upravili architekturu sítě. Tyto sítě nazvali FCN-16s a FCN-8s.

Nejlépe výsledky dosáhli pomocí sítě FCN-8s, kterou jsem reimplimentoval pomocí knihovny Ten-

¹<http://www.emgu.com/>



Obrázek 5. Výstup cross-entropie funkce (osa x) během jednotlivých kroků učení (osa y) FCN-8s sítě.

sorflow² a TS-Slim³.

Pro natrénování sítě bylo potřeba shromáždit co největší množství obrázků a ručně je segmentovat. Podařilo se mi shromáždit trénovací sadu o 460 vzorcích. Pro tvary štítů jsem shromáždil dost vzorků pro štít gotický, španělský, kolčí, francouzský a renezanční. Ze tvaru přileb jsou v datové množině zastoupeny hrncová, kolčí a turnajská přilba. Autoři článku uvádí, že nejlepších výsledků dosáhli fixním learning rate 10^{-4} , batch velikosti 1 (pro trénovací krok se použije jeden obrázek) a následně dvakrát learning rate podělili stem.

Trénování bylo rozděleno na tři části, kde každá z nich měla počet trénovacích kroků zvolených tak, aby se vykonalo 50 epoch a poté následovala další část se sníženým learning rate. Autoři článku uvádí, že nejlepších výsledků dosáhli alespoň po 175 epochách. Tento počet byl pro mé možnosti příliš vysoký a také mám menší datovou sadu s méně třídami, proto jsem pro první pokus vyzkoušel již zmíněných 50 epoch. Takto zvolený počet epoch se ukázal více než dostačující, jak lze vidět na obrázku 5.

[Sjednocení štítu a přilby] Ne vždy se podařilo štít i přilbu správně segmentovat, ale v části jednoho štítu nebo přilby byly klasifikovány do jiných tříd, jak lze vidět na obrázku 9.

Zlepšení výsledků se mi podařilo dosáhnout tak, že jsem vytvořil binární obraz pro štít do kterého se zapsaly všechny pixely, které byly klasifikovány do jedné z tříd štítů a zaznamenával se počet výskytů jednotlivých tříd. Poté jsem v binárním obraze našel kontury pomocí metody aktivních kontur [6], vybral tu největší a tu jsem vykreslil do segmentační mapy s hodnotou dominantní třídy. Stejný způsob byl zopakován i pro přilbu. Tímto způsobem došlo k sjednocení různě klasifikovaných částí a také díky výběru největší kontury došlo k odstranění malých shluků, které byly chybě klasifikovány. Většinou se tyto shluky nacházely v oblasti klenotů nebo přikryvadel.

²<https://www.tensorflow.org/>

³<https://github.com/tensorflow/models/blob/master/inception/inception/slim/README.md>

4.3 Segmentace klenotu a přikryvadel

Segmentaci posledních součástí můžeme provádět jen pokud se nám v předchozí části podařilo úspěšně segmentovat přilbu a štít. Bez znalosti polohy těchto dvou částí není možné pokračovat.

Jak již bylo zmíněno, mezi přilbu a klenot se může vkládat točenice nebo helmovní koruna, ale také klenot může ležet přímo na přilbě. Jako první krok je nutné prozkoumat prostor přímo nad přilbou, jestli se v něm nachází točenice nebo helmovní koruna a získat její pozici. Pokud bylo hledání úspěšné, je nutné si zapamatovat střed dolní hrany jako *dělicí bod*. Pokud bylo úspěšné nalezení točenice nebo helmovní koruny, je jako *dělicí bod* uložen střed vrchní hrany přilby.

Dále je potřeba získat konturu celého erbu. Nejlepších výsledků se mi podařilo dosáhnout tak, že jsem pomocí *Cannyho detektoru hran* [16] detekoval hrany v obraze. Následně je nutné pomocí *dilate* [4] se strukturním elementem velikosti 2×2 hrany spojit tak, aby mezi nimi nebyly mezery. Tento způsob však bohužel nenávratně spojil část přikryvadel s klenotem, pokud byly velmi blízko u sebe.

Následně jsem v obraze našel všechny kontury a hledal nejmenší z nich, ve které se nachází střed štítu, přilby a popřípadě střed točenice nebo helmovní koruny. Na konturu celého erbu jsem použil *erozi* [4] o stejné velikosti strukturního elementu jako u *dilate*, abych alespoň částečně odstranil její negativní následky. Posledním krokem bylo konturu rozdělit na dvě části v *dělicím bodě*. Opět jsem našel konturu, seřadil je podle velikosti a vzal dvě největší. Následně byly kontury seřazeny podle velikosti souřadnice y a první kontura (ležící nejvýše) prohlášena za konturu klenotu a druhá za konturu přikryvadel. U kontury přikryvadel jsem odstranil části, které patří štítu a přilbě. Výsledky je možné vidět na obrázku 10.

5. Ověření funkčnosti

Tato kapitola popisuje ověření funkčnosti jednotlivých částí systémů navržených v kapitole 3 a jejichž implementace je podrobněji popsána v kapitole 4.

5.1 Výběr metrik

Pro hodnocení detektorů štítu jsem zvolil metriku *Intersection over Union* (dále jako IoU). Pro použití této metriky je nutné na testovacích obrázcích vyznačit oblast, ve které se nachází hledaný štít, a tato oblast se porovná s vyznačenou oblastí od detektoru. IoU se vypočítá podle vzorce [17]:

$$\text{IoU} = \frac{\text{plocha překrytí}}{\text{plocha sjednocení}} \quad (1)$$

Výsledek metriky je hodnota z intervalu $<0,1>$. Jako nejmenší přípustná hodnota se považuje 0,5.

Pro měření úspěšnosti segmentace jsem využil dvě metriky. Metrika pixel accuracy [15] udává, jak dobře byl celý obrázek segmentován:

$$\text{pixel accuracy} = \sum_i n_{ii} / \sum_i t_i \quad (2)$$

kde n_{ij} je počet pixelů třídy i predikované do třídy j a $t_i = \sum_j n_{ij}$ je celkový počet pixelů třídy i .

Jako druhou metriku jsem použil jinou verzi Intersection over Union, kterou budu ve shodě s autory článku [15] označovat jako IU . Tato metrika udává jak dobře se podařilo segmentovat jednotlivé objekty a dle [18] ji vypočítáme jako:

$$IU = \frac{TP}{FP + TP + FN} \quad (3)$$

kde TP značí true positive, FP false positive a FN false negative. Tato metrika se počítá zvlášť pro každou třídu a pixely patřící do jiné třídy se chápou jako součást pozadí.

Obě metriky vrací výsledky v intervalu $<0, 1>$. Já však výsledky ve shodě s autory článku [15] přepočítávám do intervalu $<0, 100>$ a zaokrouhluji na jedno desetinné místo.

5.2 Výsledky testů pro ověření funkčnosti

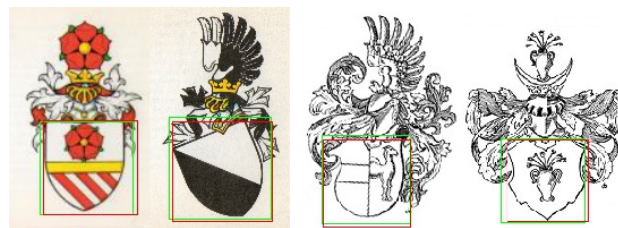
V této sekci jsou popsány testy pro ověření funkčnosti jednotlivých součástí systému.

[Detektor štítů] Pro vyhodnocení nejlepšího natrénovaného HOG detektoru jsem nejprve provedl testy pro 29 kombinací nastavení popsaných v kapitole 4.1. V tabulce 1 uvádím výsledky pro nejlepších 10 detektorů.

Tabulka 1. Výsledky nejlepších 10 detektorů pro různé velikosti (bloků, buněk, počtu binů), true positives, false positives, úspěšnost nalezení štítů a délka výpočtu.)

#	Detektor	TP	FP	Úspěšnost [%]	Výpočet [s]
1	(32, 4, 6)	271	1543	90,33	181,54
2	(16, 4, 6)	263	1372	87,67	96,67
3	(32, 8, 6)	261	577	87,00	24,44
4	(32, 8, 9)	260	844	86,67	24,95
5	(8, 4, 20)	260	1959	86,67	99,42
6	(32, 8, 20)	257	960	85,67	28,23
7	(8, 4, 6)	257	1848	85,67	70,50
8	(16, 4, 9)	256	1614	85,33	116,03
9	(32, 8, 30)	255	638	85,00	30,95
10	(32, 8, 15)	255	765	85,00	26,88

Jako nejlepší byl vybrán detektor, který se umístil na 3. místě, má menší úspěšnost než první dva, ale



Obrázek 6. Detekované štíty na kresbách, které byly převzaty po dvojicích z [8, 10]. Zelenou barvou je manuálně označená požadovaná oblast a červenou je oblast, kterou našel detektor.



Obrázek 7. Detekované štíty na fotografiích. První zleva převzat z [12].

menší false positives a také je mnohem rychlejší. Detektor je úspěšný na kresbách od kreslířů, kterých štíty byly použity v trénovací sadě (obrázek 6) i na reálných štítech (obrázek 7). Detektor nenalezl několik štítů od jiných autorů, ale většina z neúspěšně nalezených štítů je z fotografií, kde není štít tolik patrný.

Při provádění testů pro různá nastavení SVM se nepodařilo dosáhnout lepších výsledků.

[Segmentace součástí se známým tvarem pomocí FCN-8s sítě]

Pro ověření funkčnosti jsem vytvořil testovací sadu o 35 obrázcích (a jejich segmentačních mapách), ve kterých jsou zastoupeny všechny tvary štítů, přileb, helmovní koruny a točenice od všech kreslířů, jejichž kresby byly použity v trénovací sadě. Výsledky lze vidět na obrázku 8.

V datové sadě nejsou erby vždy celé, ale výška výřezu je přibližně 2,1 x výška štítu. Tuto konstantu jsem získal pozorováním erbů různých kreslířů, kde je u takové výšky vždy zaručeno, že se ve výřezu bude nacházet i přilba s točenicí nebo helmovní korunou.

V tabulce 2 jsou zobrazeny výsledky pro segmentaci pomocí FCN-8s sítě před i po sjednocení popsaném v sekci 4.2. Kromě francouzského a renezančního štítu došlo po sjednocení (obrázek 9) ke zlepšení u všech ostatních tvarů štítů a všech tvarů přileb. Nejhuře dopadla segmentace helmovních korun. Zde však může být příčinou nedokonalost jak trénovací tak testovací sady, protože jak helmovní koruna, tak točenice se velmi složitě a špatně ručně segmentovaly.

[Segmentace klenotů a přikryvadel pomocí aktivních kontur]

Shromáždil jsem 18 erbů s různými tvary přikryva-

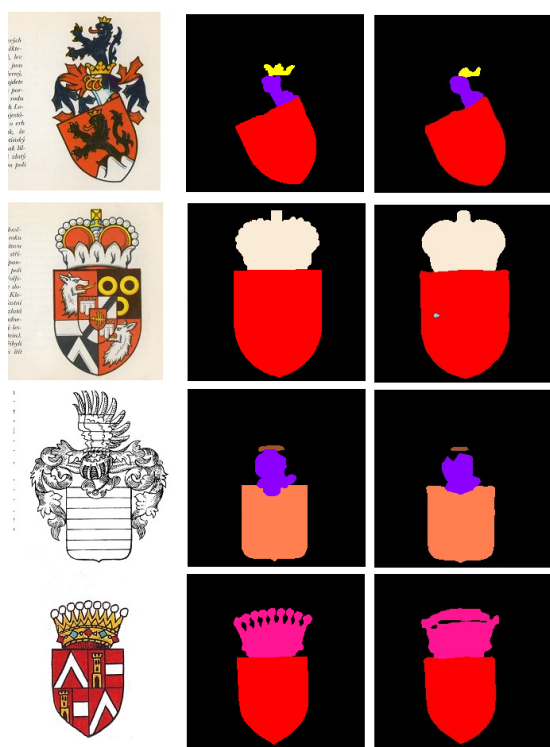
Tabulka 2. Výsledky jednotlivých metrik před a po použití sjednocení štítu a přileb.

Metrika	Před sjednocením	Po sjednocení
pixel accuracy	98,3	98,6
gotický štít (IU)	96,8	97,4
kolčí štít (IU)	87,0	94,2
španělský štít (IU)	84,4	94,6
francouzský štít (IU)	95,2	95,2
renezanční štít (IU)	95,3	95,3
hrncová přilba (IU)	87,7	89,9
kolčí přilba (IU)	86,0	86,9
turnajská přilba (IU)	85,0	85,7
točenice (IU)	63,3	63,3
helmovní koruna (IU)	51,7	51,7
knížecí čepice (IU)	95,7	95,7
hrabčcí koruna (IU)	85,6	85,6

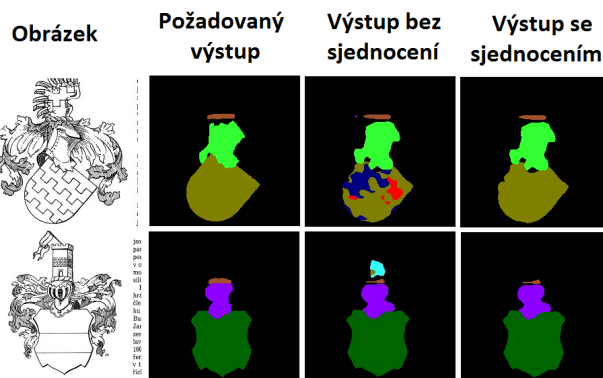
del, vytvořil ručně vstupní segmentační mapu a požadovaný výstup pro segmentaci klenotu a přikryvad, který jsem porovnal s výstupem podle stejných metrik jako v předchozí části systému. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 3 a zobrazeny na obrázku 10.

Výsledky segmentace klenotů i přikryvad můžeme vyhodnotit jako dobré. Ke snížení výsledků dochází hlavně kvůli použití *dilatace*, protože dochází v některých případech ke spojení klenotu s přikryvadly a při

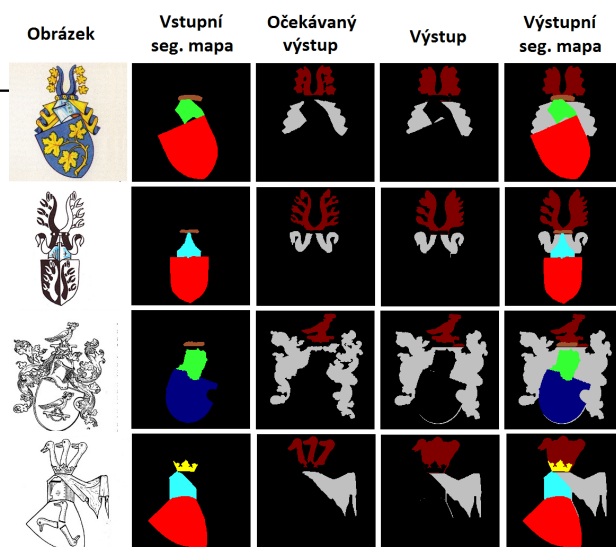
Obrázek 8. Požadovaný výstup Výstup FCN-8s



Obrázek 8. Výsledky segmentace pomocí FCN-8s sítě. Erby byly s hora převzaty z 2x [8], [10, 2].



Obrázek 9. Výsledky segmentace po sjednocení štítu a přileb. Erby byly s hora převzaty z [11, 10].



Obrázek 10. Výsledky segmentace klenotů, přikryvad a zobrazení výsledné segmentační mapy. Erby byly s hora převzaty z: [8],[2] a poslední dva [10].

Tabulka 3. Výsledky jednotlivých metrik pro segmentaci klenotů a přikryvad.

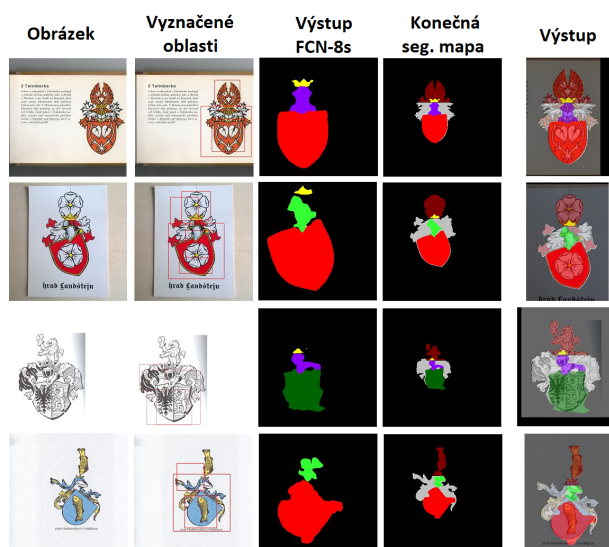
Metrika	Výsledky
pixel accuracy	96,3
klenot (IU)	77,2
přikryvadla (IU)	77,9

dělení se část přikryvad může dostat do kontury klenotu.

6. Experimenty

Na závěr byly všechny části systému vzájemně propojeny tím způsobem, že jsem pomocí detektoru našel v různých rozlišeních vstupního obrazu oblasti, kde se mohou nacházet štíty. Následně byly kolem každé oblasti vytvořeny dva výřezy. Malý výřez, ve kterém se budou hledat součásti pomocí FCN-8s sítě a získá se první segmentační mapa. Ta se následně rozšíří na velikost velkého výřezu a pokusí se nalézt klenot

a přikryvadla. Po úspěšném nalezení se další nalezené součásti vykreslí do segmentační mapy a ta je nakonec vykreslena na výřez vstupního obrazu, ve kterém se nachází celý erb.



Obrázek 11. Zobrazeny jsou postupně vstupní obrazy a označené oblasti, ve kterých by se měly nacházet štíty. Následně je zobrazen výstup FCN-8s sítě z malého výřezu, výsledná segmentační mapa získaná z velkého výřezu a výstup systému. První erb pochází od kreslíře, který je v trénovací sadě a je převzat z [1]. Ostatní erby pochází od kreslířů, kteří nebyli v trénovací sadě. Druhý erb pochází z pohlednice z hradu Landštejn, třetí z [19] a poslední z [12].

Jak můžeme vidět na obrázku 11 pro výřezy z knih, které byly použity pro trénovací datovou sadu dopadly experimenty výborně (první erb) a stejně tak pro druhý erb, jehož autor používá podobný styl jako erby, které se v trénovací množině nacházejí. Na třetím erbu vidíme, že byl nepřesně segmentován štít, ale stále byly nalezeny a správně klasifikovány všechny součásti erbu. Na posledním již není detekována/segmentována helmovní koruna a také je chybně klasifikován tvar štítu.

Výsledný systém jsem také vyzkoušel na sadě fotografií obsahující reálné erby. Na fotografiích jsou vyfocené erby na zdech kaplí, kostelů, zámků a vyšité erby na polstrování židlí. Zde však segmentace jednotlivých součástí úplně selhala. Jedním z faktorů, proč k tomu dochází může být, že na kresbách jsou jednotlivé součásti erbu ohraničeny výraznou černou hranou (má vysokou velikost gradientu a je zde pravděpodobné, že se je konvoluční nerunová síť naučila vyhledávat). U erbu vyrytých ve zdi není hrana tolik viditelná a v některých místech součásti erbu splývají mezi sebou nebo s pozadím.

7. Závěr

V této práci byl popsán návrh a implementace systému, který dokáže ve vstupním obraze detekovat erb, provést jeho dekompozici na jednotlivé součásti a ty klasifikovat. U jednotlivých částí systémů byla ověřena jejich funkčnost a s výsledným systémem provedeny experimenty. Systém funguje výborně pro výřezy z knih, které byly použity pro trénovací množinu nebo kresby jim podobné. U ostatních kreseb dosahuje výsledků horších a na reálných erbech zcela selhává. Systém je možné rozšířit mnoha způsoby. Lze nalézt a klasifikovat další možné součásti, rozpoznat majitele erbu nebo analyzovat figury (všechna znamení, která se mohou klást na štít) nakreslené na štítu a nakonec provést blasonování (formální popis erbu dle heraldických pravidel [1]) celého erbu.

Poděkování

Rád bych poděkoval mému vedoucímu práce doc. Ing. Františkovi Zbořilovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a vstřícnost při konzultacích a vypracování této práce.

Literatura

- [1] Karel František Schwarzenberg. *Heraldika: heraldika, čili, Přehled její teorie se zřetelem k Čechám na vývojovém základě*. Historica (Vyšehrad), Ve Vyšehradu 2. Praha: Vyšehrad, 3. edition, 2007.
- [2] Milan Mysliveček. *Erbovník, aneb, Kniha o znacích i osudech rodů žijících v Čechách a na Moravě podle starých pramenů a dávných ne vždy věrných svědectví*. Horizont, Praha, 1993.
- [3] Milan Mysliveček. *Erbovník 2, aneb, Kniha o znacích i osudech rodů žijících v Čechách a na Moravě podle starých pramenů a dávných ne vždy věrných svědectví*. Horizont, Praha, 1997.
- [4] Milan Šonka a Václav Hlaváč. *Počítačové vidění*. Grada, Praha, 1992.
- [5] N. Dalal a B. Triggs. Histograms of oriented gradients for human detection. In *2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'05)*, volume 1, pages 886–893 vol. 1, June 2005.
- [6] Michal Španěl a Vítězslav Beran. *Obrazové segmentační techniky*. FIT VUT v Brně, 2005. [Online; navštíveno 28.12.2016].
- [7] Matthew Johnson a Jamie Shotton. *Computer Vision*. Springer-Verlag GmbH, 2010.

- [8] Josef Janáček a Jiří Louda. *České erby*. Albatros, Praha, oko edition, 1974.
- [9] Jan Halada. *Lexikon české šlechty: erby, fakta, osobnosti, sídla a zajímavosti*. Praha: Akropolis, 1992.
- [10] Jan Halada. *Lexikon české šlechty II: erby, fakta, osobnosti, sídla a zajímavosti*. Praha: Akropolis, 1993. Ilustroval František Doubek.
- [11] Jan Halada. *Lexikon české šlechty III: erby, fakta, osobnosti, sídla a zajímavosti*. Praha: Akropolis, 1994. Ilustroval František Doubek.
- [12] August Sedláček a Vladimír Růžek. *Atlasy erbů a pečeti české a moravské středověké šlechty*, volume svazek 2. Praha: Academia, 2001.
- [13] August Sedláček a Vladimír Růžek. *Atlasy erbů a pečeti české a moravské středověké šlechty*, volume svazek 3. Praha: Academia, 2002.
- [14] August Sedláček a Vladimír Růžek. *Atlasy erbů a pečeti české a moravské středověké šlechty*, volume svazek 4. Praha: Academia, 2003.
- [15] Jonathan Long a Trevor Darrell Evan Shelhamer. *Fully Convolutional Networks for Semantic Segmentation*. *CoRR*, abs/1605.06211, 2016.
- [16] J Canny. A computational approach to edge detection. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, 8(6):679–698, June 1986.
- [17] Adrian Rosebrock. *Intersection over Union (IoU) for object detection*. [Online; navštíveno 30.12.2016].
- [18] Yang Rahman, Md Atiqur a Wang. *Optimizing Intersection-Over-Union in Deep Neural Networks for Image Segmentation*. In *International Symposium on Visual Computing*, pages 234–244. Springer, 2016.
- [19] Karel Vavřínek. *Almanach českých šlechtických a rytířských rodů 2027*. Vavřínek Zdeněk, 2016.