

**Další linky v sociálních sítích
s rozpoznáváním obličejů**
**Another Links in Social Networks
using Face Recognition**

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jakub Stonawski**

Studijní program: N2647 Informační a komunikační technologie

Studijní obor: 2612T025 Informatika a výpočetní technika

Téma: **Další linky v sociálních sítích s rozpoznáním obličejů**
Another Links in Social Networks using Face Recognition

Zásady pro vypracování:

Volně dostupné zdroje, jako jsou sociální sítě a specializovaná úložiště obsahují řadu explicitně nevytvořených spojení, která je možno vytvářet automaticky. Příkladem může být propojení jednotlivců v sítích jako je Facebook a galerie fotografií tamtéž, případně ve specializovaných úložištích, jako například Google Picassa. Se znalostí několika popsaných fotografií lze automaticky vytvářet nové popisy snímků s obličejí, případně rozšiřovat možná propojení v rámci jejich tranzitivity nad stávajícími spojeními. Výsledkem práce musí být experimentálně ověřený prototyp a návrh takového algoritmu, a výstupy v uživatelsky příjemném rozhraní.

Cílem projektu je:

1. Seznámení se s principy sociálních sítí a jejich rozhraní a knihovnamy pro jeho využití.
2. Výběr vhodného softwaru pro rozpoznání obličejů, nejlépe se svobodnou licencí.
3. Návrh algoritmu procházení kontaktů v rámci sociální sítě, sběru dat popsaných snímků a šíření rozpoznávání nepopsaných snímků v rámci existujících spojení uživatelů.
4. Zpřístupnění výsledků pojmenovávání snímků a nabídka nových spojení v uživatelsky příjemném uživatelském rozhraní.
5. Experimentální ověření navržené hypotézy v praxi.
6. Vyhodnocení výsledků a návrh dalšího řešení.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] Albert-László Barabási: V pavučině sítí, Paseka, edice Fénix, 2005, váz. 280 str., ISBN 80-7185-751-3.
- [2] Golbeck, J.: The Dynamics of Web-Based Social Networks: Membership, Relationships and Change, First Monday, 2007-11-05, Vol. 12, No. 11.
<http://www.uic.edu/htbin/cgiwrap/bin/ojs/index.php/fm/article/view/2023/1889>.
- [3] Bender, M., et al.: Exploiting Social Relations for Query Expansion and Result Ranking. In: ICDEW 2008, IEEE, 2008, pp. 501–506.
- [4] Page, L., Brin, S., Motwani, R., Winograd, T.: The PageRank citation ranking: Bringing order to the Web. In: Proceedings of the 7th International World Wide Web Conference, Brisbane, Australia, 1998, pp. 161–172.
- [5] Peter Brusilovsky, Alfred Kobsa, Wolfgang Nejdl (Eds.). The Adaptive Web; Methods and Strategies of Web Personalization. LNCS4321, ISBN-10 3-540-72078-2 Springer, 2007
- [6] Bing Liu. Web Data Mining; Exploring Hyperlinks, Contents, and Usage Data. Chapter Link Analysis, pages 237-272. Corrected 2nd printing 2008 ISBN-10 3-540-37881-2 Springer Berlin Heidelberg New York, 2007.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

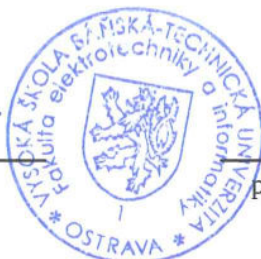
Vedoucí diplomové práce: **doc. RNDr. Petr Šaloun, Ph.D.**

Datum zadání: 16.11.2012

Datum odevzdání: 07.05.2013



doc. Dr. Ing. Eduard Sojka
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě 19. července 2013

.....

Na tomto místě bych především rád poděkoval svému vedoucímu diplomové práce panu doc. RNDr. Petru Šalounovi, Ph.D. za jeho cenné rady a čas při tvorbě této práce a také všem blízkým za podporu.

Abstrakt

Cílem této diplomové práce je vytvořit a popsat algoritmus, který by, pokud možno bez větších interakcí s uživatelem, nabízel nová spojení v rámci určité sociální sítě. V dnešní době samy sociální sítě poskytují mnoho druhů takovýchto algoritmů, které ve velké většině využívají analýzu textových informací o uživateli a s využitím těchto dat posléze uživatele kategorizují do skupin, ve kterých je velká pravděpodobnost, že se jednotlivci budou znát. Cílem je k návrhům nových spojení využít identifikaci uživatelů s pomocí algoritmů rozpoznávání obličejů. Druhotným výstupem tohoto řešení je také zpětné zveřejňování nalezených informací o osobách zachycených na fotografiích. Tyto informace jsou poskytovány ve formě popisků jmen osob u analyzovaných obrázků. V závěrečné fázi této práce je nalezené řešení návrhu nových spojení podrobeno sérii testů, které mají za úkol prokázat, jestli je tento druh vyhledávání nových spojení dostatečně robustní a lze jej v praxi použít.

Klíčová slova: Rozpoznávání obličejů, Sociální sítě, Betaface, Facebook, Flickr, Nalezení nových kontaktů

Abstract

Main goal of this diploma thesis is to create and describe an algorithm that will offer new connections inside the specific social network. The algorithm should work without an extensive interaction with a user. In the current situation there are number of the algorithms that offer new connections but most of them use only text information for the analysis. Then they categorize users to the specific groups where is a high possibility that users know each other. The goal of this thesis is to use identification of a user with help of a face recognition when new suggestions of contacts are created. Secondary result of the solution is back-propagation of information about people who were found in the photos. This information is published in text form in a tag of the specific photo. In the final phase of this thesis the algorithm is tested what has to prove if the solution is robust enough for a practical usage.

Keywords: Face recognition, Social networks, Betaface, Facebook, Flickr, Find new contacts

Seznam použitých zkratk a symbolů

API	– Application Programming Interface
DAU	– Daily Active Users
FOAF	– Friend of a Friend
HTTPS	– Hypertext Transfer Protocol Secure
JSON	– JavaScript Object Notation
SDK	– Software Development Kit
SSL	– Secure Sockets Layer
URL	– Uniform Resource Locator
WISARD	– Wilkie Aleksandr and Stonham's Recognition Device
XML	– Extensible Markup Language

Obsah

1	Úvod	9
2	Návrhy nových spojení - stav poznání	11
3	Využití detekce a rozpoznání obličejů v sociálních sítích	17
3.1	Existující studie využívající rozpoznání obličejů	17
3.2	Vlastní přístup k využití rozpoznávání obličejů	18
4	Legislativní stránka rozpoznávání	21
4.1	Facebook a jeho služba Tag Suggestions	21
4.2	Google s aplikací Google Googles	22
4.3	Doporučení pro korektní využití rozpoznávání tváří	23
5	Algoritmy rozpoznávání obličejů	25
5.1	Princip analýzy tváří	25
5.2	Techniky rozpoznávání obličejů	25
5.3	Volně dostupné služby využitelné k účelu rozpoznávání obličejů	27
5.4	Možnost kombinace služeb a případná efektivita tohoto řešení	31
6	Zdroje dat pro analýzu a návrhy nových spojení v sociálních sítích	35
6.1	Sociální sítě	35
6.2	Vývoj počtu uživatelů sociálních sítí	36
6.3	Výběr konkrétní sociální sítě	37
6.4	Výběr vhodného zdroje fotografií pro analýzu	38
7	Vlastní návrh prototypu algoritmu	41
7.1	Princip vyhledávání nových spojení	41
7.2	Komunikace s externími službami	43
7.3	Analýza stávajících spojení v sociální síti	49
7.4	Vytváření nových návrhů spojení v závislosti na analyzovaných externích datech	50
8	Analýza výsledků úspěšnosti experimentálního algoritmu	53
8.1	Vyhodnocení spolehlivosti služby pro analýzu obličejů Betaface	53
8.2	Úspěšnost nového algoritmu jako celku	55
9	Závěr	57
10	Reference	59
	Přílohy	60
A	Obsah CD přílohy a článek SMAP 2013	61

Seznam tabulek

1	Velikost přenesených dat v jednotlivých fázích komunikace	33
2	Porovnání přenesených dat v případě využití jedné a dvou služeb	33
3	Největší sociální sítě podle statistiky z roku 2006	36
4	Příklady URL adres pro vybrané požadavky na servery Facebook	46
5	Výsledky testování algoritmů služby Betaface	54
6	Výsledky úspěšnosti celého experimentálního algoritmu	55

Seznam obrázků

1	Příklady stávajících metod návrhu nových přátel	12
2	Příklad návrhu nových spojení v sociální síti Facebook	14
3	Návrh nových spojení založený na aktivitách uživatele	18
4	Návrh nových spojení závislý na externích obrázcích	19
5	Algoritmus rozpoznávání tváří Google (s čísly patentů) [20]	24
6	Primární objekty ve tváři	26
7	Změna tváře v závislosti na emocích člověka	27
8	Stanovení unikátních bodů ve tváři službou Luxand	28
9	Prostředí Silverlight aplikace Betaface	29
10	Modelové skupiny tváří vytvořené samoučícím algoritmem	32
11	Přenos dat v komunikaci se službou Betaface	32
12	Přenos dat v komunikaci s jednodušší službou WaldBoost	32
13	Rozložení nových uživatelů sociálních sítí	36
14	Modifikovaný způsob označování přátel na síti Flickr	39
15	Standardní fotografie pro zkoumání možných nových spojení uživatele	42
16	Znázornění množiny všech uživatelů Facebook a redukované množiny pro nalezení nového kontaktu	42
17	Struktura vlastní třídy BetafaceImage	43
18	Nástin algoritmu analyzující stávající přátele na sociální síti	45
19	Registrace nové aplikace na síti Flickr	46
20	Třída <i>FlickrUser</i> reprezentující konkrétního uživatele služby Flickr	47
21	Odsouhlasení přístupu aplikace k datům uživatele	48
22	Algoritmus pro zpracování stávajících přátel na sociální síti	49
23	Vlastní třídy pro manipulaci s informacemi o přátelích	50
24	Algoritmus vyhodnocování informací z externích obrazových dat	51
25	Testovací data poskytnutá Carnegie Mellon University	56

Seznam výpisů zdrojového kódu

1	Formát požadavku POST (obrazová data kódována do formátu base64Binary)	30
2	Požadavek na informace o rozpoznání tváří ve fotografii	30
3	Formát odpovědi serveru s detailními informacemi o obraze	31
4	Převod obrazových dat do textového řetězce ve formátu base64Binary	44
5	Informace poslané ze serveru jako odpověď na dotaz o podrobnostech uživatele	45
6	Způsob řešení přihlašování uživatele k síti Flickr	47
7	Princip vyřešení problému s chybně formátovanými tagy fotografií	48
8	Část výsledků vyhledávání osoby se jménem Karel Novak	52

1 Úvod

V posledních letech se sociální sítě obecně staly fenoménem internetu. Logicky to vyplynulo z postupného přechodu internetu z média, pouze zprostředkovávající informace, které uživatelé pasivně zpracovávali, na myšlenkovou platformu, označovanou jako Web 2.0 [18]. Uživatelé internetu dnes obsah nejen aktivně tvoří, ale chtějí se i přirozeně shromažďovat do skupin, kde jsou schopni sdílet konkrétní a například i velice úzce zaměřený obsah.

Obrovský zájem o sociální sítě dokládají i počty aktivních uživatelů. Například v případě jedné z nejvyužívanějších sociálních sítí celosvětově - Facebook, hovoříme již o více než miliardě aktivních účtů uživatelů [19]. V případě sociální sítě Twitter je registrováno 500 milionů uživatelů a Google+ má nyní kolem 343 milionů uživatelů [21]. Tento fakt láká nejen média, která začala vnímat sociální sítě jako jedny z jejich informačních kanálů, ale i vědce, kterým se otevírá nová možnost, jak provádět své výzkumy.

K tomu, aby byla sociální síť úspěšná ovšem potřebuje velký počet uživatelů, kteří obsah aktivně vytvářejí a pozitivně tak motivují i další uživatele, aby se na webové stránky opětovně vraceli. Sociální sítě dnes využívají zejména svá interní data o chování jednotlivých uživatelů a na základě jejich vyhodnocování nabízejí uživatelům nová spojení. Podrobný popis aktuálně využívaných metod je uveden v Kapitole 2. Většina těchto návrhů ovšem není dostatečně úspěšných a mnoho uživatelů časté špatné návrhy obtěžují. Je tedy vhodné navrhnout algoritmy pro návrhy nových spojení lépe. Právě takovýto sofistikovanější postup by měl aplikovat prototyp algoritmu této diplomové práce.

Algoritmus využívá analýzy a rozpoznávání obličejů jako verifikační metody k tomu, abychom mohli co nejjednoznačněji identifikovat jednotlivé uživatele sociálních sítí. Jeho základní funkce spočívá v tom, že nejprve libovolnému uživateli sociální sítě zanalyzuje všechny jeho nynější kontakty a pokusí se identifikovat jejich tváře. Po této fázi má základní databázi obličejů a jmen uživatelových stávajících kontaktů. V dalším kroku je nutné sesbírat z jiného zdroje fotografie uživatele, na kterých jsou detekovány další osoby. Posledním krokem algoritmu by mělo být rozhodnutí, jestli jsou nové osoby také uživateli sociální sítě, a pakliže jsou, jejich navrnutí za další nové přátele našeho uživatele. Úspěšnost celého postupu pak výraznou měrou spočívá v samotné úspěšnosti algoritmu rozpoznávání obličejů. Jelikož tato práce má za cíl využít algoritmy, které jsou volně dostupné, je vhodné se v případných návazných pracích zaměřit na vylepšení této části algoritmu.

Samostatnou kategorií, kterou je nutno v případě nasazení algoritmu do reálného provozu vyřešit, je otázka legislativních problémů. Jelikož dnes na území EU stále ještě není jednotný právní postup, jak ochraňovat biometrické údaje, je obtížné připravit aplikace a jejich podmínky využívání korektně. Ve stávající aplikaci této práce je problémová zejména fáze, kdy z dalšího zdroje (mimo základní sociální síť) program analyzuje fotografie a vyhledává jakékoliv další osoby. Tváře těchto osob poté procházejí analýzou, ovšem bez jejich souhlasu. Tento souhlas prakticky totiž není možno v rozumném čase obstarat. Pro účely nekomerčního akademického výzkumu toto ale můžeme prozatím zanedbat.

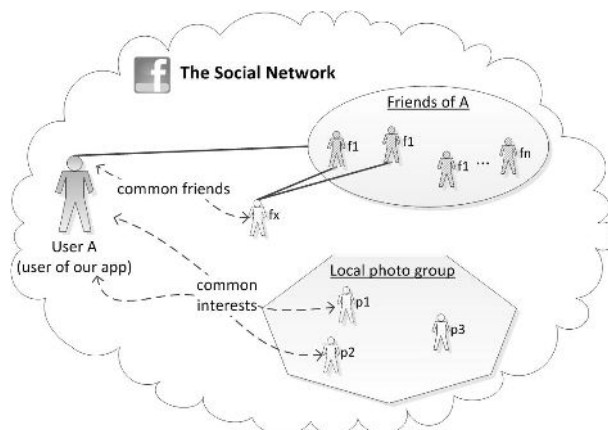
2 Návrhy nových spojení - stav poznání

V současnosti již samozřejmě většina sociálních sítí návrhy na další spojení s jinými uživateli nabízí. Způsoby jakým toto vyhledávání přátel realizují jsou napříč sítěmi vesměs podobné (samozřejmě v rámci konkurenčního boje se objevují i originální přístupy, které využívá pouze konkrétní síť).

Potřeba co možná nejúspěšnějších algoritmů vyhledávání nových spojení je obrovská pro obě strany, jak pro uživatele, tak i pro samotnou sociální síť. Cílem diplomové práce je především pomoci novému uživateli sociální sítě, který prozatím nemá mnoho kontaktů uvnitř této sítě, a stávající návrhy nových spojení pro něj nejsou adekvátní. Použitelnost sociální sítě se pro takového uživatele značně omezuje a pokud by tato situace trvala delší dobu, může to vést i k opuštění sociální sítě.

Pokud se na stejnou situaci podíváme z pohledu sociální sítě, uživatel, který nemá adekvátní počet přátel, netráví na síti mnoho času. Méně stráveného času na síti znamená menší množství reklam, které jsou na uživatele cíleny a tedy i menší pravděpodobnost úspěšnosti některé z reklam, což pro sociální síť znamená menší příjmy z této činnosti. Druhotným následkem takovéto situace je samozřejmě i menší využívání doplňkových služeb samotné sociální sítě a jejich případná propagace mezi uživateli. Z výše naznačeného je možné očekávat postupné zdokonalování stávajících algoritmů pro návrhy nových spojení ze stran samotných sociálních sítí. Pokud se tak stane, úspěšnost těchto interních algoritmů bude pravděpodobně vždy větší než úspěšnost algoritmů vyvíjených třetími stranami, jelikož tyto nebudou nikdy disponovat interními daty uživatelů sesbíranými během jejich aktivit uvnitř sítě. Prozatím se však sofistikovanější algoritmy stále na většině nejpoužívanějších sociálních sítí nevyskytují, což je důvod, proč má smysl se touto problematikou stále zabývat.

V následujícím seznamu a Obrázku 2 jsou pro ilustraci uvedeny některé z dnes běžně využívaných způsobů nalezení pravděpodobných nových spojení v rámci sociálních sítí. Jedná se zejména o techniky, které jsou aktivně využívány největšími sociálními sítěmi, v případě minoritních sítí mohou být aplikovány i jiné, případně i sofistikovanější metody, které ovšem není možné na větších sítích aplikovat. Proto jsou metody využitelné pouze u malých sítí ze seznamu vynechány.



Obrázek 1: Příklady stávajících metod návrhu nových přátel

1. Vyhledávání přátel pomocí společných známých

- jedna z nejjednodušších forem založená na předpokladu, že pokud větší počet vašich současných přátel zná určitého člověka, budete jej pravděpodobně znát také.

2. Vyhledávání pomocí společných zájmů, aktivit a obdobných věcí

- pokud se aktivně seskupujete do určitých skupin v rámci sociálních sítí, pravděpodobně zde budete mít i známé, kteří se mohou stát vašimi přáteli;
- tento přístup se však pro lepší účinnost kombinuje s dalšími metodami (nejčastěji s bodem 1., např. pokud jste ve skupině příznivců fotografie, pravděpodobně vás ve skupině bude velké množství a je nutné uplatnit dodatečný filtr (kupříkladu filtr těch osob, které má některý z mých přátel ve svých přátelích).

3. Vyhledávání pomocí zaměstnání, oborů

- v případě zaměstnání filtrace dle období úvazku, aby byly zajištěny relevantnější výsledky.

4. Import kontaktů z jiných aplikací

- velice ožehavé téma na jedné z největších sociálních sítí Facebook;
- uživateli je nabídnuto, ať importuje kontakty kupříkladu ze svého e-mailového účtu (musí poskytnout přihlašovací údaje do e-mail klienta);
- sociální síť se potom pokouší nalézt importované e-mailové adresy u již zaregistrovaných uživatelů, pokud nalezne, nabídne nového přítele;
- konkrétně Facebook si ale importované kontakty ponechává ve své databázi a dále je využívá, takže může nastat následující situace:

- uživatel A je ve spojení s uživatelem B . Uživatel A povolil využívat síti Facebook svůj contact list CL_A ;
- je pravděpodobné, že uživateli B bude nabídnut některý z kontaktů z CL_A . V praxi se ovšem stává, že jsou takto nabízeny návrhy na přátelství s bývalými partnery/kami a obdobné nepříjemné situace.

5. Vyhledávání přátel s využitím externích informací

- lze využívat shromážděných dat z bodu 4.
- uživatel A nahraje contact list CL_A . Uživatel B obdobně nahraje CL_B . Uživatelé A a B zatím nejsou ve spojení. Existuje množina M dalších uživatelů, kteří nahráli své contact listy;
- sociální síť nejprve vytipuje uživatele z množiny M , kteří by mohli mít něco společného (dle bydliště, zaměstnání,...) a zanalyzuje jejich contact listy – pro názornost budou vybráni právě uživatelé A a B ;
- pokud počet společných kontaktů v CL_A a CL_B přesáhne určitou hranici (v praxi procentuální v závislosti na celkovém počtu osob), navrhne síť spojení mezi uživateli A a B ;
- ve skrze se jedná o obdobný případ jako ten v bodu 1., ovšem s tou výhodou, že osoby uvedené v contact listech vůbec nemusí být uživateli sociální sítě.

6. Nabídka nových přátel s pomocí manuální interakce uživatelů

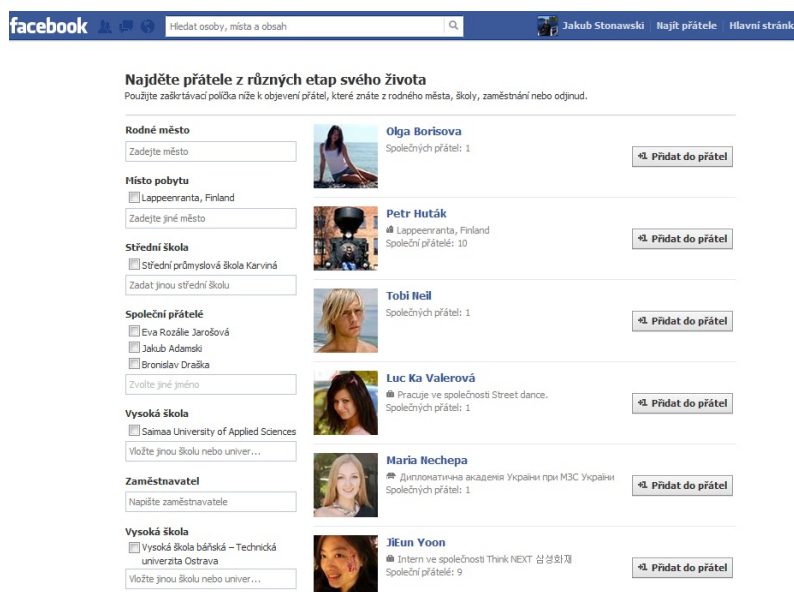
- při založení nového účtu se uživatel nejčastěji spojí pouze s omezenou skupinkou nejblížešších a výše uvedené automatické algoritmy nemusí dobře fungovat;
- pokud má uživatel delší dobu pouze omezený počet přátel, může sociální síť tyto přátele oslovit, aby uživateli sami manuálně navrhli přátele;
- tato funkce je na sociálních sítích jako jakási zábrana proti tomu, aby nový uživatelé opustili síť pouze z důvodu toho, že mají málo spojení (tudíž na ni tráví méně času, má pro ně menší informační charakter a podobně).

7. Další vyhledávání přátel založené na podrobnějších analýzách chování uživatelů

- tento postup je pouze spekulativní, jelikož žádná sociální síť nevyzradí uživatelům přesné algoritmy funkcí své služby;
- mluví se například o analýzách návštěv profilů uživatelů, se kterými nejste v kontaktu nebo analýzách vyhledávání klíčových slov – všechny tyto metody pokud by byly použity jsou však v plném souladu s licenčními ujednáními jednotlivých sociálních sítí, protože většinou licenční podmínky zahrnují frázi ve smyslu toho, že *uživatel povoluje sběr dat pro vylepšování služeb v rámci sítě (data nebudou poskytnuta třetí straně)*.

8. Sofistikovanější metody vyhledávání

- Facebook spustil službu Graph Search [26] (prozatím v angličtině), která nabízí uživatelům nový způsob, jak vyhledávat v prostředí sociální sítě (využívá při tom klasických tázacích vět jako v běžné komunikaci);
 - funguje na principu skládání dotazů, např. vyhledej mé přátele, kterým se líbí určitý hudební styl a bydlí v mém okolí;
 - algoritmy služby může využít i sám Facebook na návrhy přátel se společnými zájmy a podobně.



Obrázek 2: Příklad návrhu nových spojení v sociální síti Facebook

U všech dnes běžně využívaných technik návrhů nových spojení se objevují společné problémy, zejména pak vysoký počet chybných, respektive neadekvátních návrhů nových přátel. Tato skutečnost je zapříčiněna faktem, že většina technik nevyužívá žádný sofistikovanější způsob verifikace výsledků vyhledávání. Nabízejí uživateli velký počet možných nových kontaktů a poslední fáze filtrace mezi těmito výsledky je ponechána na straně uživatele. Například na síti Facebook (viz Obrázek 2) z prvních šesti návrhů možných přátel byl známý člověk pouze jeden. Tento způsob je ovšem, zejména pro nové uživatele, značně nekomfortní a v případě velkého množství chybných návrhů může uživatele dokonce od používání sociální sítě rychleji odradit.

Cílem nového algoritmu je poskytnout způsob návrhů nových spojení, ve kterém bude interakce s uživatelem omezena na co nejmenší možnou míru. K tomu je ovšem nutné získat dodatečná data o uživateli. Jelikož se není možno dostat k interním datům sociální sítě a není ani vhodné aplikovat techniky, které by uživatele na internetu sledovaly a vyhodnocovaly jeho chování, je nutné najít jiný element, ze kterého je možno tyto

data extrahovat. Tímto elementem mohou být právě volně dostupné fotografie uživatele sociální sítě, ve kterých se objevuje ve společnosti dalších lidí, které je možné za určitých, předem určených podmínek považovat za jeho přátele. Poté je možné pokusit se tyto přátele nalézt na konkrétní sociální síti a popřípadě navrhnout nové spojení mezi nimi a uživatelem.

3 Využití detekce a rozpoznání obličejů v sociálních sítích

Snahou zjednodušit uživateli používání sociálních sítí, prostřednictvím využití detekce či dokonce analýzy obličejů, se již zaobíralo množství experimentálních služeb. Některé z nich se dokonce dostaly i do praktického využití. V následující kapitole je cílem popsat již implementované způsoby využití rozpoznávání obličejů v kontextu práce se sociální sítí a nastínit vlastní způsob, jakým je možno vyhledávat nové kontakty uvnitř sociální sítě s využitím rozpoznávání obličejů.

3.1 Existující studie využívající rozpoznání obličejů

První výzkumný článek, který je blízký tématu zpracování této diplomové práce, se zabývá možností zautomatizování označování přátel na fotkách v sociální síti Facebook[14]. Jeho obsahem je experimentální algoritmus, který analyzuje tváře všech vašich přátel na sociální síti. V případě, že nahrajete libovolnou fotku, obsahující detekovatelné tváře osob, na váš Facebook profil, algoritmus zanalyzuje detekovatelné tváře a pokusí se k nim automaticky přiřadit jména. Obdoba tohoto algoritmu byla posléze sociální sítí Facebook implementována, což zapříčinilo vyvolání kauzy, zda je legitimní takto analyzovat tváře osob (více v Kapitole 4.1).

Rozdílný způsob využití rozpoznávání obličejů byl implementován ve studii *Friends with Faces* [3], která vznikla jako součást většího výzkumného projektu FaceBots [15]. Cílem celého projektu bylo navrhnout robota, který by byl schopen rozpoznávat obličej a měl také implementovanou schopnost komunikace v běžné řeči. Co je pro účely této práce nejdůležitější, je ale fakt, že robot byl zároveň připojen do sociální sítě, ze které si vytvářel vlastní sociální databázi, kterou posléze byl schopen využívat v běžném světě při komunikaci s lidmi. Jelikož měl schopnost analyzovat i tváře prostřednictvím zabudovaných kamer, byl schopen i rozhodovat, jaký člověk je přítel (případně koho je určitá osoba přítelem). Navíc při analýze fotografií využíval i informace obsažené v jejich *tag objektech*.

Algoritmus zpracovával fotografie podle toho, do jaké kategorie patřily. Rozdělení do příslušných kategorií bylo následující:

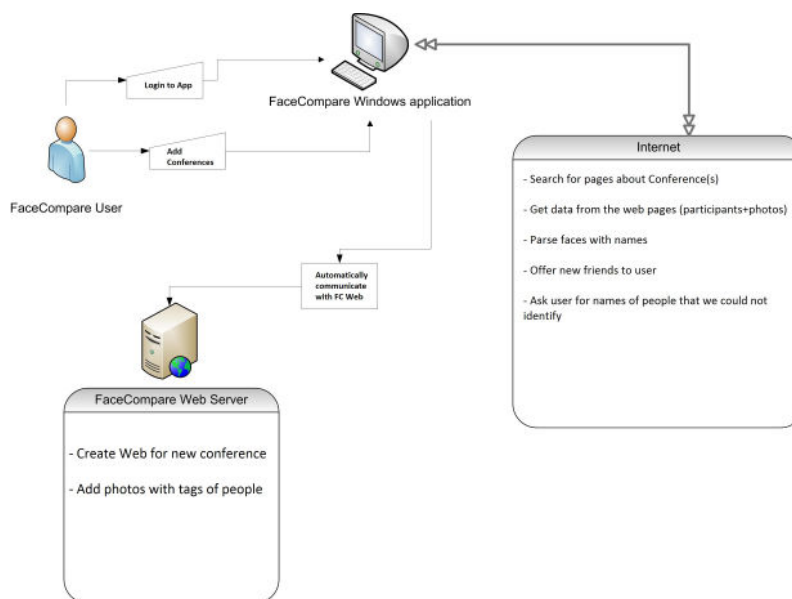
- a Fotografie obsahující libovolný počet tváří, přičemž u právě jedné tváře je v tagu fotografie uvedeno jméno osoby, které patří (žádné další informace tag neobsahuje).
- b Fotografie, u které není ani jedna tvář spojena se jménem v tagu.
- c Fotografie obsahující libovolný počet tváří, přičemž u více než jedné tváře má v tagu fotografie uvedeno jméno osoby, které patří.

V analýze se poté dle kategorie, do které daná fotografie patří, aplikovalo rozpoznávání s (respektive bez) sociálního kontextu. V případě, že fotografie neobsahovala žádné informace o jménech zachycených osob, bylo nutné využít data sesbíraná ze sociální sítě. S využitím těchto dat a dalších faktorů nutných k analýze, se algoritmus snažil identifikovat konkrétní osoby.

3.2 Vlastní přístup k využití rozpoznávání obličejů

Přístup k analýze fotografií s využitím jejich tagů uvedený v práci *Friends with Faces* [3] se jeví jako poměrně robustní a efektivní způsob, jak danou problematiku řešit. Je ovšem nutná interakce se samotným robotem, který si tvoří vlastní sociální strukturu na síti a využívá ji k pozdější analýze. V novém přístupu, bychom chtěli tento aspekt úplně vypustit a místo něj se snažit dodatečné informace získávat z externího zdroje vhodných fotografií. Rozpoznávání obličejů by tedy v modifikovaném pojetí sloužilo zejména jako verifikační metoda. V první fázi by se tedy našel vhodný zdroj externích fotografií, v němž by zároveň byla možnost vyhledat dodatečné informace o lidech, kteří se na fotografiích vyskytují. Teprve posléze by přišlo na řadu rozpoznávání obličejů tak, aby bylo možno spárovat jména osob s jejich tvářemi. Až v poslední fázi by se z takto vytvořených dat vyhledávaly v určité sociální síti nové kontakty.

První možností by bylo využití specifických zálib či aktivit konkrétního uživatele. Na následujícím příkladu je tento postup demonstrován. Uživatel nové služby by byl členem akademické obce a účastnil se celé řady konferencí. Na těchto akcích by potkával mnoho osob, některé z nich pravidelně. Právě tyto pravidelné kolegy by bylo vhodné uživateli navrhnout za nové kontakty v sociální síti. Způsob práce s takovou aplikací je znázorněn na Obrázku 3.



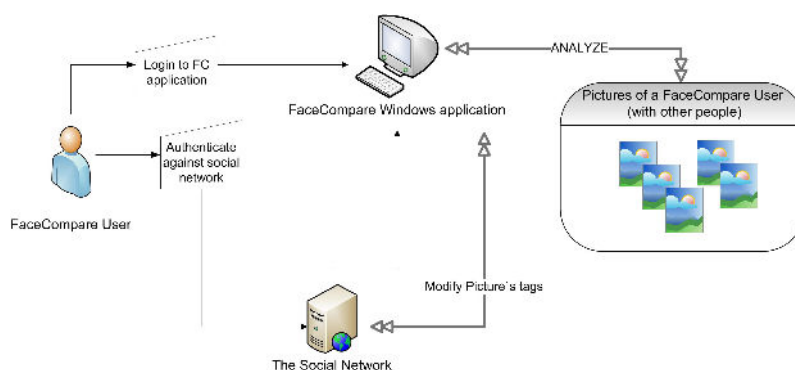
Obrázek 3: Návrh nových spojení založený na aktivitách uživatele

Uživatel by byl schopen zadávat všechny konference, kterých se zúčastnil, popřípadě chystá zúčastnit. Tuto manuální interakci by bylo samozřejmě možné nahradit automatickým způsobem. Uživatel by poskytl aplikaci základní údaje, jako je například celé jméno

a název instituce, ve které pracuje. Dle těchto údajů by aplikace vyhledala ve veřejně dostupných databázích konferencí¹, jestli se jich daný uživatel zúčastnil nebo ne.

Služba by posléze na oficiálních stránkách vyhledala seznam všech přednášejících na konferenci (obvykle se vyskytují i fotografie přednášejících) a vytvořila si interní databázi osob s jejich tvářemi. V další fázi by, ve veřejně přístupných fotografiích z konference, vyhledávala uživatele, který se na fotkách vyskytuje s dalšími osobami. Pokud by tyto osoby byly v interní databázi, bylo by možné pokusit se je nalézt i na sociální síti (s pomocí interní databáze). Jako vedlejší produkt této analýzy by byla možnost automaticky označovat detekované osoby na analyzovaných fotografiích. K tomuto by bylo nutno implementovat i webovou službu, která by tuto zpětnou propagaci výsledků umožňovala.

Využití takto implementované služby by bylo ovšem pouze pro specifickou skupinu uživatelů, podle toho, jaký typ aktivit nebo zájmů bychom zvolili. Navíc by bylo pro umožnění zpětné publikace výsledků nutno implementovat svou vlastní webovou službu. Samotná implementace by problém v zásadě nedělala, ovšem vytvářet kvůli aplikaci vlastní typ *sociální sítě* by bylo neefektivní. Z těchto důvodů bylo nutné náš záměr přeformulovat tak, aby byl užitečný co možná největšímu počtu uživatelů.



Obrázek 4: Návrh nových spojení závislý na externích obrázcích

Modifikovaná služba by se měla chovat ve výsledku tak, jak je uvedeno na Obrázku 4. Uživatel musí poskytnout přístup ke svému profilu na konkrétní sociální síti. Navíc je vhodné, aby službě nabídl fotografie, které je možné podrobit analýze. Tyto fotografie by měli obsahovat tváře ostatních osob tak, aby bylo možno navrhnout nová spojení uvnitř sociální sítě. Je taktéž žádoucí, aby byly fotografie uloženy online na některém z dnes běžně využívaných úložišť či obrazových galerií. Tato skutečnost je totiž nutná pro zpětnou publikaci analyzovaných dat (např. upravené tagy se jmény nalezených osob).

Tento způsob fungování služby je dostupný většímu množství uživatelů, než v předchozím případě. Navíc většina aktivních uživatelů sociální sítě má i vlastní profil na některém z úložišť pro fotografie, takže by neměl nastat problém se splněním druhé podmínky.

¹například www.conferencealerts.com

4 Legislativní stránka rozpoznávání

Aplikace, které používají algoritmy rozpoznání obličejů, jsou dnes v hledáčku mnoha organizací, chránících osobní údaje uživatelů internetu. Zejména pokud se jedná o automatické zpracování obličejů, ke kterým konkrétní člověk, jehož tvář je takto analyzována, nedal explicitní souhlas. V současné době stále není vymezena hranice, ve kterých by se automatické zpracování těchto dat mělo pohybovat, a tudíž schvalování přijatelnosti konkrétní aplikace (z hlediska legislativního pohledu) probíhá většinou ad hoc.

Pokud se budeme pohybovat v rámci Evropské unie, situace je v současné době nastavena tak, že biometrická data nejsou zahrnuta do kategorie dat, vyžadujících při zpracování explicitní souhlas uživatele [14]. Tudíž by se mohlo zdát, že vývoj aplikací je zde bezproblémový. Tuto domněnku však později vyvrátil níže rozvedený spor sociální sítě Facebook, který znovu dokázal, že dokud nebude vytvořen striktně daný rámec, ve kterém se mohou biometrická data zpracovávat, bude vývoj aplikací využívajících rozpoznávání obličejů nadále brzděn legislativním schvalováním aplikací.

Níže jsou pro ilustraci uvedeny jedny z nejvýznamnějších kauz firem, které využívaly (či hodlaly využít) automatického zpracování obličejů.

4.1 Facebook a jeho služba Tag Suggestions

Facebook v polovině prosince roku 2010 na svém oficiálním blogu [23] ohlásil nasazení nové služby Tag Suggestions, která měla uživatelům zpříjemnit a zjednodušit práci při vkládání nových fotografií. Služba v nově nahraných fotografiích detekuje tváře a snaží se k nim automaticky připojit jména z okolí vašich přátel na Facebooku.

Tato služba ovšem vzbudila, na podnět stížnosti [24] adresované kanceláři evropského komisaře pro ochranu osobních údajů, zájem Evropské unie (konkrétně Data protection working party), která v jejich algoritmech viděla přílišný zásah do osobních biometrických údajů uživatelů. Facebook se však bránil faktem, že uživatelům ve svých Zásadách využívání sociální sítě principy služby dostatečně osvětluje a uživatelé s nimi musí projevít souhlas, v opačném případě sociální síť nemohou využívat. Nicméně Evropské unii toto konstatování nestačilo a začala vést s Facebookem diskuzi o podmínkách, za kterých svou službu může uvést pro uživatele ze zemí EU.

Evropská unie se touto kauzou začala zabývat a začlenila ji do své auditní zprávy týkající se Facebooku [25], ve které neprošetřovala pouze zavedení služby využívající rozpoznávání obličejů, ale i zpracovávání dalších údajů uživatelů.

Fungování služby a hlavní výtky vůči ní Služba Tag Suggestions funguje tak, že pokud uživatel nahraje nové fotografie, Facebook tyto fotky prochází a hledá v nich tváře. Pokud tváře nalezne, pokusí se dle dříve sesbíraných informací (založených na předchozích ručních označeních přátel) navrhnout uživateli jména osob, které se na fotce pravděpodobně nacházejí. Pokud tváře není možno identifikovat, Facebook tyto neúspěšné fotografie seskupuje podle podobností tak, aby je uživatel posléze mohl sám otagovat co možná nejrychleji.

Samozřejmě bližší informace o algoritmech Facebook veřejně neposkytuje, avšak již z výše uvedených údajů je zřejmé, že algoritmy, které využívá jsou směsicí algoritmů poloautomatických (jelikož vyžadují předchozí informace od uživatele) a algoritmů samoučících.

V níže uvedeném seznamu jsou hlavní výtky vůči službě Tag Suggestions:

- Facebook nepřiznává, že generuje či jinak pracuje s biometrickými daty uživatelů.
- Stávající uživatelé nemusí s novinkou souhlasit, avšak Facebook je nevyzval k udělení nového souhlasu s pozměněnými Podmínkami použití sociální sítě.
- Uživatelům nebyly poskytnuty žádné specifické informace o principech fungování nové služby.
- Službu je obtížné deaktivovat a navíc není jasné, zda po deaktivaci služby Facebook vymaže již nasbíraná data.

Navíc vyvstala i otázka, jak jsou na souhlas dotazováni uživatelé, kteří tuto službu aktivně nevyužívají, ale jejich přátelé ano, a tudíž jsou jejich obličejové analyzovány také.

Reakce Facebooku na provedený audit byla shledána jako dostatečná. Co se týká souhlasu uživatelů s údajně pozměněnými podmínkami využívání sítě, reagoval tak, že již ve svých předchozích podmínkách měl sekci, ve které uživatelé vyslovují souhlas s určitým zpracováním osobních údajů, ve snaze zlepšit služby sociální sítě. Vyvrátil také informaci, že by uživatelé nebyli dostatečně seznámeni s novou službou a že je obtížné tuto službu vypnout. Taktéž vydal prohlášení, že pokud uživatel službu deaktivuje, všechna dříve sesbíraná data jsou vymazána a dále již není pokračováno v jejich opětovném sběru. V návaznosti na toto poskytl členům EU algoritmy, které tento fakt dokázaly.

Finální stanovisko EU, v návaznosti na provedené změny ze strany sociální sítě Facebook, bylo takové, že jsou tyto změny dostatečné a Facebook tedy může svou službu provozovat i na území EU. Jako důležitý fakt pro další vývojáře obdobných aplikací bylo vydáno doporučení, že i přes skutečnost, že biometrická data nespádají do kategorie osobních dat vyžadujících souhlas majitele s jejich zpracováním, je vhodné si takovýto souhlas vyžádat. Předpokládá se totiž, že v budoucnu tyto data do kategorie vysoce citlivých údajů zahrnuta budou.

4.2 Google s aplikací Google Googles

I firma Google se již snažila využít techniku rozpoznávání obličejů ve svých produktech. Konkrétně v prosinci roku 2009 představila svou novou aplikaci Google Googles, což je aplikace analyzující a rozpoznávající objekty pomocí přenosných zařízení, jako jsou chytré telefony či tablety. Ve své současné verzi umí např. zpracovávat štítky a etikety rozdílných produktů a vyhledávat na internetu informace o nich nebo vyhledávat obdobné výrobky. Google tímto vlastně volně navázal na dříve vyvíjený hardware CueCat, který měl za úkol naskenovat URL z tištěných médií a automaticky otevírat tuto stránku v prohlížeči.

Cílem Google bylo do této aplikaci implementovat i vyhledávání a rozpoznávání obličejů. Od tohoto sice prozatím upustil [20], ale patent na své jedinečné vyhledávání

má již zaregistrován (viz Obrázek 5) a hodlá jej použít ve své sociální síti. Podle vyjádření Google, musí však před samotným spuštěním této služby pečlivě zvážit otázku osobních údajů.

Google navíc také uvažoval o implementaci rozpoznávání obličejů do své nové platformy Google Glass nebo alespoň poskytl možnost vývojářům na této platformě rozpoznávání implementovat. Konkrétně se do projektu vývoje služeb využívajících rozpoznávání obličejů připojily firmy Lambda Labs a Rekognition [17]. Z toho záměru však byl nucen Google odstoupit [17], opět z již výše uvedených důvodů obav o ochranu soukromí uživatelů.

Výše uvedená vyjádření jsou ukázkou tvrzení, že je nutné zavést jasný rámec, jak se stavět ke zpracování biometrických údajů. Ve stávající situaci je totiž složité nasadit obdobné typy služeb do provozu bez toho, aby byla firma vystavena kritice za zneužívání osobních údajů.

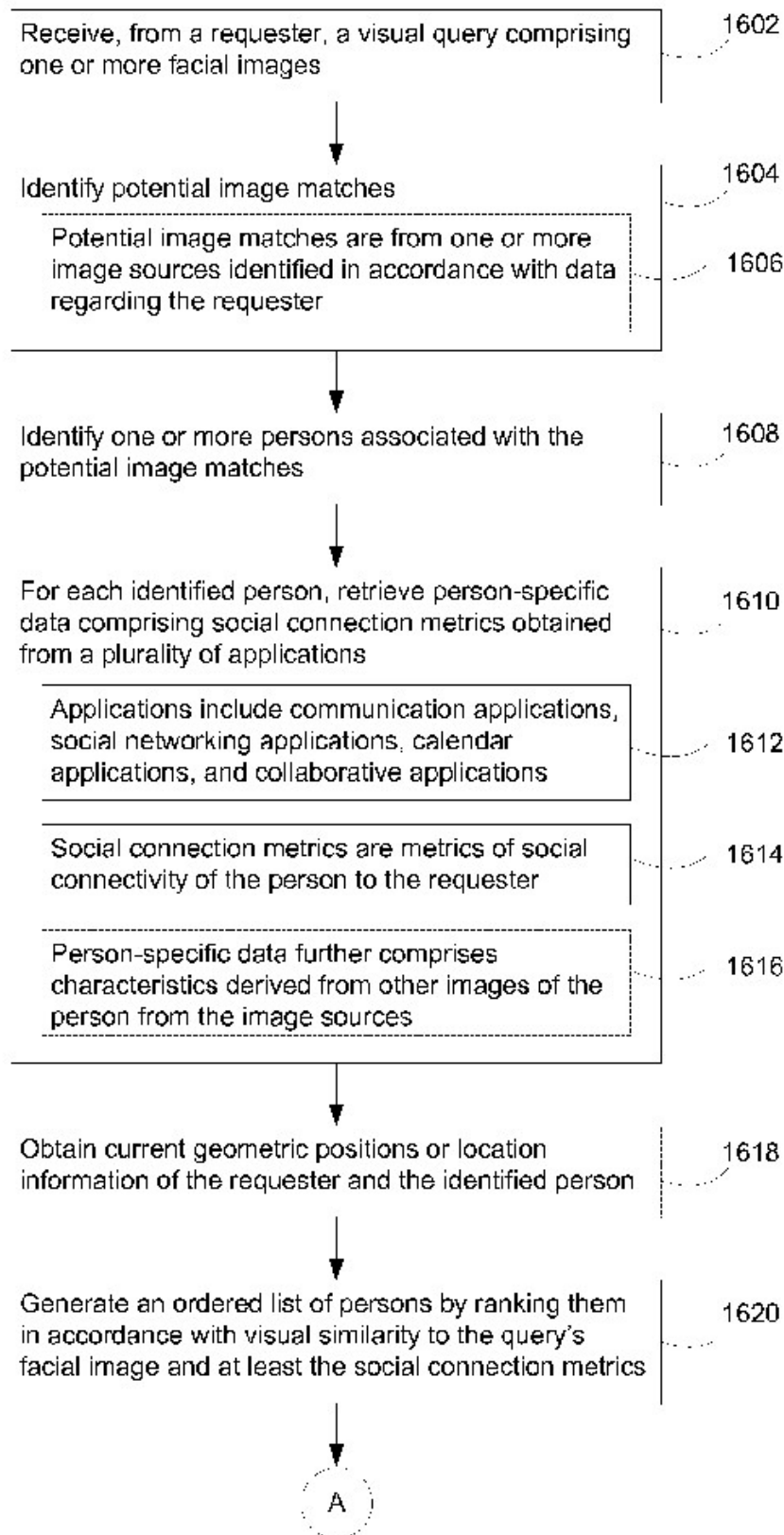
4.3 Doporučení pro korektní využití rozpoznávání tváří

Primárně je nová aplikace určená pouze pro experimentální provozování v akademické sféře, takže nevyžaduje podrobnější tvorbu podmínek využívání či obdobných koncových smluv s uživatelem. Pro případný vývoj aplikace, určené pro ostrý provoz, je vhodné soustředit se na následující fakta. V první řadě je nutné vyžádat si explicitní souhlas uživatelů služby se zpracováním biometrických údajů, a to bez ohledu na skutečnost, že nejsou v některých zemích stále pokládána za data vyžadující zvláštní nakládání při zpracování².

Dále je vhodné při vývoji a nasazení služby, postupovat podle již publikovaných postupů řešení, tzv. *best practices* dokumentů. Například [6], což jsou postupy zavedené pro vývoj aplikací v USA (respektive pro ochranu uživatelů aplikací na území USA). V této zprávě jsou zavedeny tři základní principy, které by měla nově vznikající služba, využívající rozpoznávání obličejů, splňovat. V každé fázi samotného vývoje aplikace by měla být brána ochrana soukromí uživatelů jako priorita. Tam, kde je to možné, by aplikace neměla ukládat žádné citlivé data, ani je propojovat s daty jinými (tedy by se například v aplikaci neměla vyskytovat analýza chování uživatele). V případech, kde je zpracování osobních údajů uživatelů nutné, je vhodné se chovat transparentně. Kupříkladu poskytovat každému uživateli úplný seznam všech dat, která jsou o něm zpracovávána. Také je vhodné zjednodušit uživateli orientaci v poskytovaných službách aplikace, a to včetně detailního vysvětlení, jakým způsobem služby fungují.

Pakliže se vývojáři budou řídit výše uvedenými návrhy, mělo by to mít za následek minimalizaci pravděpodobnosti stížností uživatelů či organizací na jejich aplikace. Jistotu byl ovšem přivedlo dříve zmíněné jasné stanovení hranic při vývoji příslušnými institucemi tak, aby byly aplikace vyvíjeny bez těchto obav z možných právních sporů.

²dle Irish Data Protection Acts a EU Data Protection Directive



Obrázek 5: Algoritmus rozpoznávání tváří Google (s čísly patentů) [20]

5 Algoritmy rozpoznávání obličejů

Většina stávajících algoritmů určená k rozpoznávání obličejů, pracuje s obrazy v 2D prostoru. Existují samozřejmě i algoritmy, pracující s plně 3rozměrným modelem tváře, ty jsou ale pro tuto diplomovou práci bezpředmětné, jelikož cílem je analyzovat fotografie, nikoliv modely. Následující text se tedy zaměřuje pouze na kategorii algoritmů pracujících s 2D fotografiemi.

5.1 Princip analýzy tváří

Většina dnes běžně využívaných algoritmů rozpoznávání na samém počátku analýzy vyhledává ve tváři primární objekty [9], jako jsou oči, ústa, nos a uši a analyzuje, jak vlastnosti každého prvku zvlášť (velikost, tvar, ...), tak i vlastnosti vzájemné (poměr mezi jednotlivými prvky, vzdálenost, úhel, ...). Tento přístup má ovšem již ve své počáteční fázi jednu nezbytnou premisu. Všechny primární prvky musí být ve tváři detekovatelné a jednoznačně identifikovatelné (nemůže se stát, že algoritmus zamění např. ucho za oko). Zde ovšem vyvstává problém, jakým způsobem vyhledávání těchto prvků zautomatizovat tak, aby mohl výsledný rozpoznávací algoritmus proběhnout korektně. V zásadě se při praktické implementaci můžeme setkat se dvěma základními druhy problémů.

Na analyzované fotografii může být tvář zachycena s neúplnou množinou primárních objektů. Nejčastějším důvodem bývá fakt, že osoba je vyfocena z jiného než ideálního úhlu, nebo je některý z primárních objektů tváře v zákrytu jiného objektu (stín ve tváři nebo v případě žen zakrytí jednoho oka vlasy).

Druhým typem problému je situace, kdy je tvář zachycena ve špatném vertikálním úhlu. Pokud algoritmus na tento fakt nebude připraven, je sice schopen určit korektně lokální vlastnosti jednotlivých prvků, ale selhává v analýze vzájemných vlastností mezi primárními objekty (zejména úhel).

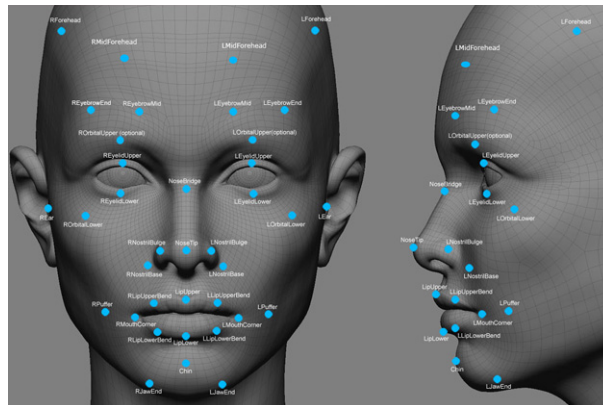
I když se podaří vyřešit oba výše uvedené primární problémy, výsledkem je analýza obličeje, která ovšem není dostatečně robustní a neposkytuje dostatečně kvalitní identifikaci uživatele [16]. Avšak i naproti těmto nevýhodám a malé spolehlivosti se i dnes jedná o jeden z nejčastějších způsobů implementace rozpoznávacích algoritmů.

5.2 Techniky rozpoznávání obličejů

Jak již bylo výše uvedeno, jeden z prvních kroků při analýze tváří je vyhledat ve tvářích primární objekty, které se později blíže zkoumají. Techniky jak tento krok prakticky implementovat, se dají rozdělit do tří základních kategorií, podle kterých lze také klasifikovat i samotné algoritmy.

5.2.1 Poloautomatické metody

Prvním a nejjednodušším způsobem z hlediska implementace, je využít interakci s uživatelem a nechat ho samotného označit primární objekty na fotce (viz Obrázek 6), popř. přibližná místa, kde by se měly nacházet, pokud na fotografii chybí úplně. I dnes je stále



Obrázek 6: Primární objekty ve tváři

velký počet aplikací, který tento způsob využívají. Pro účely této diplomové práce, je tento typ algoritmů zcela nevhodný, jelikož cílem je implementovat aplikaci, ve které je interakce s uživatelem omezena na minimum.

První, kdo se pokusil tento systém implementovat byl W.W. Bledsoe [8], který stanovil postup, že nejprve je nutné aby člověk vyznačil na obrázku tyto primární objekty a až poté je možno aplikovat automatické zpracování těchto informací [7].

Později tento přístup ještě zdokonalili v Bell Labs, kde jednoznačně stanovili vektor složený z primárních objektů (o maximální velikosti 21 prvků), který byl poté pro automatické vyhodnocování výhodnější [10].

5.2.2 Automatické algoritmy

V případě, kdy by bylo nutné zpracovávat větší množství fotografií zároveň, by se poloautomatické algoritmy v praxi využívat nedaly. Začaly se tedy uzpůsobovat tak, aby bylo možno vyhledávat primární objekty v tváři automaticky. Jako první o této možnosti začali psát Fichler a Elschlager, kteří zavedli algoritmus vylepšující poloautomatický přístup tak, že dokázal stanovit a měřit primární objekty automaticky [11].

Algoritmus Fichlera a Elschlagera byl poté dále zdokonalován a byl v něm implementován parametrizovaný model obličeje, díky kterému bylo možno daleko spolehlivěji primární objekty identifikovat (hodnota parametru tohoto modelu se stanovovala automaticky podle konkrétního obrazu) [12].

5.2.3 Samoučící algoritmy

S postupným vylepšováním stávajících algoritmů se došlo k závěru, že bude nutné zavést postupy, kdy se sám algoritmus bude dále zdokonalovat v závislosti na již prozkoumaných tvářích. Tento fakt by měl za následek také eliminaci jednoho z největších problémů při rozpoznávání obličejů, kterým jsou změny tvaru primárních objektů v závislosti na



Obrázek 7: Změna tváře v závislosti na emocích člověka

vyjadřovaných emocích člověka (viz Obrázek 7). Zatím všechny výše uvedené algoritmy, se s tímto v praxi častým problémem, nemohly vyrovnat.

Zpočátku se na algoritmech začalo využívat asociativních sítí, které obsahovaly jednoduché samoučící algoritmy [2]. Algoritmy byly dále vylepšovány o procvičující systémy s využitím zpětné propagace výsledků [13]. S nástupem a rozšířením neuronových sítí se začaly algoritmy rozpoznávání rozšiřovat i o tento způsob samoučení. Na bázi neuronových sítí byl vyvinut systém WISARD, což byl systém pro všeobecné využití rozpoznávání objektů, který byl později využit i v případě rozpoznávání obličejů [1].

5.3 Volně dostupné služby využitelné k účelu rozpoznávání obličejů

Stěžejní částí celé diplomové práce je správný výběr algoritmu, respektive softwaru, který bude použit pro samotné rozpoznávání obličejů. Výběr by měl být proveden zejména s ohledem na následující požadavky.

1. Software by měl zvládat analýzu většího množství fotografií v krátkém časovém rozmezí.
2. Umožnění ukládání kolekcí již analyzovaných fotografií po dobu řádově jednotek minut.
3. Poskytování dodatečných textových dat analyzovaných obličejů (např. pohlaví, což lze posléze využít k prvotní filtraci tváří)

4. S ohledem na samotné zadání práce by měl být také, pokud je to možné, uvolněn ve svobodné licenci.

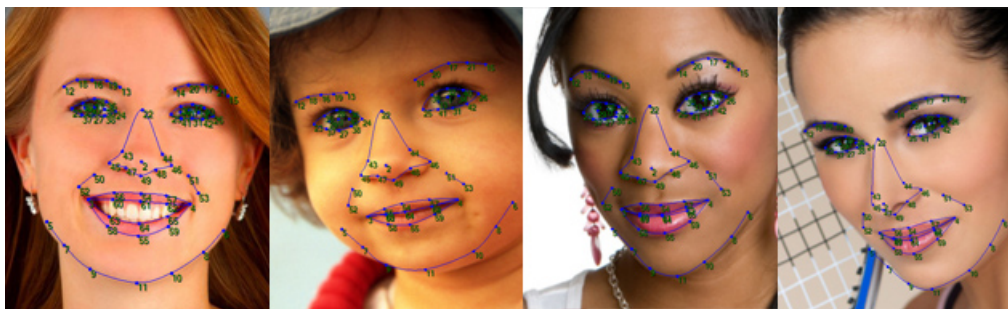
Již na začátku, po dohodě s vedoucím diplomové práce, bylo stanoveno využití externí aplikace jako celku (popřípadě celého SDK), nikoliv tedy pouze implementace stávajících algoritmů do nové aplikace. Služba by měla být webová, takže se nebude muset distribuovat lokálně s aplikací. Tento postup má výhodu v daleko rychlejším dokončení aplikace i ve faktu, že v případě zjištění budoucí nevyhovující kvality algoritmu, jej lze nahradit. Nevýhodou je poté funkční závislost aplikace na externí službě a zpomalení běhu celé aplikace z důvodů nutnosti komunikovat se službou skrze internet.

Vyhledávání nejvhodnější externí služby dle výše uvedených parametrů nebylo jednoduché. Většina volně dostupných webových služeb implementuje pouze detekci obličejů, ale neposkytuje žádná dodatečná data ani porovnávání obličejů navzájem.

V případě, že již služba porovnávání obličejů poskytuje, většinou k tomu využívá nejjednodušeji implementovatelné algoritmy. Výhoda tohoto typu algoritmu spočívá v krátké výpočetní době potřebné k analýze, ovšem chybovost těchto algoritmů je velká. S ohledem na tyto fakta byly nakonec vybrány dvě webové služby, ze kterých byla po analýze, v aplikaci použita jediná.

5.3.1 Luxand FaceSDK

Nejedná se o službu jako celek, ale o SDK, které umožňuje využívat implementované služby. Využívá algoritmy, které ve tváři detekují 66 speciálních bodů, jako jsou oči nebo ústa (viz Obrázek 8). Posléze tyto body algoritmus využívá k rozpoznávání obličejů. Volně je dostupná ukázková aplikace, kompletní SDK již volně dostupné není. Nejsou veřejně dostupné ani informace o ceně, jelikož ta se stanovuje pro každou aplikaci individuálně. Pro akademické účely by tedy bylo nutné využívat pouze volně dostupnou aplikaci.



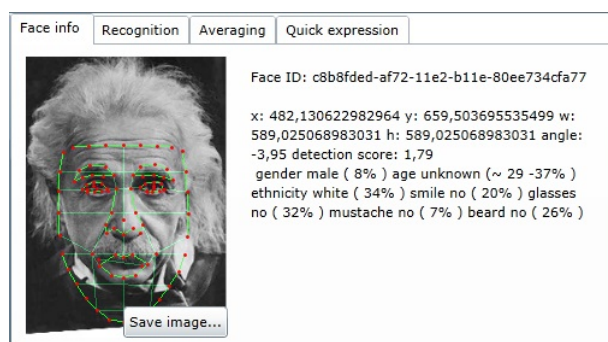
Obrázek 8: Stanovení unikátních bodů ve tváři službou Luxand

Výhodou použití této aplikace by byl zejména fakt, že se jedná o komerčně využívanou službu s dobrou podporou a poměrně kvalitním algoritmem rozpoznávání, který je využíván například i pro přihlašování do systémů [22]. V této práci je ovšem jeho použití nevyhovující, jelikož se nejedná o volně dostupný software a použití pouze volně dostupné ukázkové aplikace se ukázalo jako nevhodné.

5.3.2 Betaface

Betaface je poskytována jako volně dostupná webová služba. Základní komunikace s ní probíhá prostřednictvím webové stránky, na které běží Silverlight aplikace, pomocí které se fotografie nahrávají. Výsledky jsou poskytovány v textové podobě. Díky veřejně dostupnému API, je ale možno komunikovat se službou i programově, pomocí klasických metod GET a POST.

Informace o algoritmu, který služba využívá nejsou veřejně dostupné, avšak z oficiálních internetových stránek je možné se domnívat, že se jedná o algortimus, využívající analýzu primárních objektů ve tváři, s jistou mírou prvků samoučení. Nevýhodou této služby je fakt, že zpracování většího množství fotografií může být serverem pro free uživatele cíleně zpomaleno. V případě využití této služby v komerčních aplikacích, je možno se této nevýhodě vyhnout prostřednictvím nákupu licence. Jelikož je však služba v rozpoznávání obličejů robustní (viz Tabulka 5) a je volně dostupná, bylo rozhodnuto, že bude v diplomové práci využita.



Obrázek 9: Prostředí Silverlight aplikace Betaface

Základní rysy služby Betaface Celá komunikace se službou probíhá prostřednictvím XML dokumentů, které jsou připojeny k jednotlivým request/response požadavkům. Toto řešení má výhodu, že díky použití XML je komunikace jednodušší. Nevýhodou použití XML je o málo větší datový přenos při samotné komunikaci. Velikost XML však v porovnání se samotnými obrazovými daty není natolik velká, aby to znamenalo markantní problém. Navíc služba poskytuje i dodatečné textové informace (viz Obrázek 9), které mohou nové aplikaci umožnit prvotní filtraci vyobrazených tváří, například podle pohlaví osoby.

Komunikace se službou Jak bylo výše uvedeno, komunikace probíhá pomocí XML dokumentů. Nejprve je nutné nahrát obrazová data na server. Data jsou obsažena v jednom z elementů XML souboru ve formátu *base64Binary*[4] (viz Výpis 1). V odpovědi server vrátí unikátní identifikátor nahrané fotografie, který bude dále v komunikaci využíván. Po nahrání je nutno čekat určitou dobu na zpracování dat. Tato doba je ovlivněna samotnou

velikostí fotografie, vytížeností serveru i počtem již analyzovaných dat pro konkrétního uživatele Betaface služby (v případě volně dostupné varianty Betaface).

Definice 5.1 *Formát base64Binary je kódovaný textový výstup binárních dat, který je využíván v případech, kdy je nutné binární data přenášet nebo ukládat v textovém formátu. Využití tohoto formátu je dnes například u webových prohlížečů, které tak ukládají některé data uživatelů. Běžné je i právě námi uvedené použití formátu při ukládání dat do XML dokumentů. Modifikace tohoto formátu je potom použitelná i u generování URL adres, do kterých je potřeba vložit jedinečné id (například z databázi).*

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
  <ImageRequestBinary
    xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
    xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
    <api_key>d45fd466-51e2-4701-8da8-04351c872236</api_key>
    <api_secret>171e8465-f548-401d-b63b-caf0dc28df5f</api_secret>
    <detection_flags>0</detection_flags>
    <imagefile_data>/9j/4AAQSkZJRgABAQEAZABkAAD/...</imagefile_data>
    <original_filename>ae2.jpg</original_filename>
  </ImageRequestBinary>
```

Výpis 1: Formát požadavku POST (obrazová data kódována do formátu base64Binary)

Jelikož doba nemůže být pevně stanovena, aplikace je nucena se periodicky na server dotazovat na připravenost dat. Toto probíhá opět metodou POST s přiloženým XML dokumentem. Tato komunikace již probíhá za použití unikátního identifikátoru fotografie, která již je na serveru uložena (viz Výpis 2).

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
  <ImageInfoRequestUid
    xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
    xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
    <api_key>d45fd466-51e2-4701-8da8-04351c872236</api_key>
    <api_secret>171e8465-f548-401d-b63b-caf0dc28df5f</api_secret>
    <img_uid>123ab32a-3ae4-42cb-a0e0-a2e53772472c</img_uid>
  </ImageInfoRequestUid>
```

Výpis 2: Požadavek na informace o rozpoznání tváři ve fotografii

Výsledné informace o obrázku (viz Výpis 3) mohou obsahovat odlišné typy dat v závislosti na tom, jestli jsme například požádali pouze o analýzu 1 obrázu nebo vyhledávání podobností mezi více obličejů. Data týkající se věku či pohlaví mohou být v této práci využita pro předběžné roztřídění dat dle podobných vlastností. V této odpovědi je důležité si povšimnout, že se objevil nový identifikátor (v kódu *uid*). Ten se již nevztahuje k fotografii jako celku, ale pouze k rozpoznání tváři. Pro další dotazy na server Betaface, týkající se určování shod různých obličejů již budeme používat jej.

```

<BetafaceImageInfoResponse
xmlns:i="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance">
  <int_response>0</int_response>
  <string_response>ok</string_response>
  <checksum>df3fe6f94173e6...</checksum>
  <faces>
    <FaceInfo>
      <age>22.5</age>
      <age_confidence>0.95722800493240356</age_confidence>
      <angle>3.179025</angle>
      <beard_confidence>-1</beard_confidence>
      <ethincity>other</ethincity>
      <ethincity_confidence>1</ethincity_confidence>
      <gender>female</gender>
      <gender_confidence>1</gender_confidence>
      <glasses_confidence>-1</glasses_confidence>
      <height>94.421</height>
      ... OTHER INFORMATION...
    </FaceInfo>
    <FaceInfo>
      ... another detected face description
    </FaceInfo>
  </faces>
  <uid>ec43984f-0e81-4a85-866f-31f605d1f3be</uid>
</BetafaceImageInfoResponse>

```

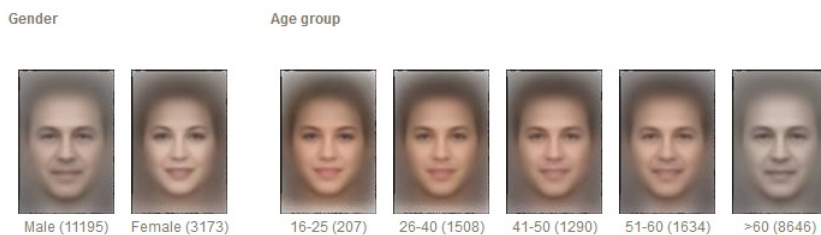
Výpis 3: Formát odpovědi serveru s detailními informacemi o obraze

Klady a zápory služby Z důvodu využití této služby v režimu free uživatele je nutné do budoucna počítat s možným omezením služby. Zejména pokud počet uživatelů poroste, je pravděpodobné, že se například v určitém časovém rozmezí omezí možnost dotazů na server. Samotné nahrávání fotografií na server je umožněno dvěma způsoby. První způsob je klasické nahrání dat z lokálního úložiště na server. Druhým způsobem je, poskytnout serveru Betaface pouze URL adresu ke konkrétní fotografii. Právě v případě druhého způsobu, který nová aplikace využívá je možné v budoucnu očekávat jistá dodatečná omezení, jelikož v současné situaci je poměrně snadné přemírou takovýchto požadavků zahltit server.

Co se týká samotných algoritmů, které se při rozpoznávání používají, dá se očekávat jejich další vylepšování a tedy i zkvalitňování celkové služby. Netýká se to jen samotného rozpoznávání dvou či více tváří, ale i dodatečných textových informací o každé tváři, jelikož tato analýza je také prováděna samoučícími algoritmy. Na Obrázku 10 je možné vidět, jak si algoritmus po analýzách velkého množství obličejů, vytvořil představu o tom, jak vypadá muž a jak žena, nebo jak rozlišovat mezi věkovými skupinami.

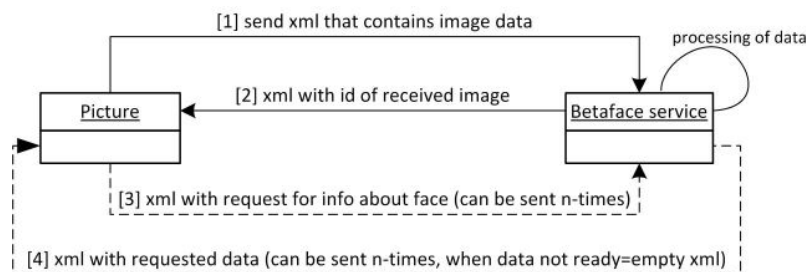
5.4 Možnost kombinace služeb a případná efektivita tohoto řešení

Ve fázi hledání vhodných nástrojů pro rozpoznávání obličejů, byla rovněž ověřována možnost kombinace dvou služeb, které by se vzájemně doplňovaly. Vhodnost použití



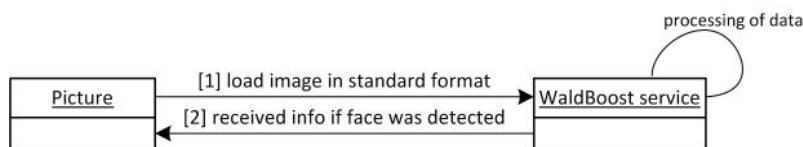
Obrázek 10: Modelové skupiny tváří vytvořené samoučícím algoritmem

dvou služeb byla založena na domněnce, že by bylo možno ušetřit určité množství přenesených dat. O takovéto redukci přenášených dat, bylo vhodné se zaobírat, zejména v případě využití služby Betaface, jejichž komunikace (viz Obrázek 11) může být v určitých případech (např. v situaci velkého vytížení serveru) datově náročnější.



Obrázek 11: Přenos dat v komunikaci se službou Betaface

Koncept spolupráce dvou služeb by byl následující. První služba, která by analyzovala fotografie v inicializační fázi, by byla z kategorie jednodušších. Jejím úkolem by bylo pouze rozhodnout, jestli daná fotografie obsahuje alespoň jednu detekovatelnou tvář. Poskytovala by tedy prvotní filtraci fotografií. Za zástupce kategorie těchto typů služeb byla, pro následující experiment, zvolena aplikace WaldBoost³⁾. Princip komunikace s touto službou je uveden na Obrázku 12. Z něj je zároveň patrné, že komunikace je datově nenáročná.



Obrázek 12: Přenos dat v komunikaci s jednodušší službou WaldBoost

Pouze fotografie, které prošly inicializační filtrací by byly dále zpracovávány druhou službou. Ta je komplexnější a kromě detekce obličejů obsahuje také algoritmy, pro jejich

³<http://cmp.felk.cvut.cz/demos/FaceDetection/>

kategorizaci a porovnávání (v případě této práce se jedná o službu Betaface). Fotografie by byly před odesláním druhé službě upraveny a zmenšeny tak, aby obsahovaly pouze tváře osob, což by vedlo k výše zmíněné úspoře přenesených dat u druhé služby. Navíc se zamezí i zbytečnému přenášení množství XML dokumentů v případech, kdy by analyzovaná fotografie neobsahovala detekovatelné tváře vůbec.

Fáze	Betaface služba	WaldBoost služba
1	XML+190= 250 kB	190 kB
2	300 B	18 kB
3	$(300 * n)$ B	N.A.
4	$(15 * n)$ kB	N.A.

Tabulka 1: Velikost přenesených dat v jednotlivých fázích komunikace

Experiment k potvrzení, respektive vyvrácení, výše zmíněné efektivity kombinace služeb, byl proveden nad typickými fotografiemi. K měření přenesených dat byl využit doplněk webového prohlížeče Mozilla Firefox, Firebug⁴ ve verzi 1.11.4. Typická velikost přenesených dat v každé fázi komunikace je uvedena v Tabulce 1 (čísla kroků v tabulce korespondují s čísly v obrázcích 11 a 12). Pro výpočet efektivity byla jako referenční určena fotografie ve formátu JPG, o velikosti 190 kB. Průměrná hodnota redukčního koeficientu fotografie byla stanovena na úroveň 3 (v případě nalezení tváře se velikost fotografie zmenší 3krát). V průběhu testování bylo nutno, při komunikaci službou Betaface, obvykle opakovat požadavek na poskytnutí detailních informací o tvářích (v Obrázku 11 jako bod 3, v Tabulce 1 parametr n) v rozmezí $1 \times -5 \times$. Pro výpočet bylo dále použito, že $n = 3$.

Samotný scénář experimentu probíhal následovně. Každá analyzovaná fotografie byla nejprve zpracována službou WaldBoost. V případě, že se v ní nepodařilo najít ani jeden obličej, fotografie dále nebyla zpracovávána. V případě detekování alespoň jedné tváře, byla fotografie postoupena k úpravě. V ní se fotografie ořezala tak, aby obsahovala pouze detekované obličeje. Tohoto bylo možno dosáhnout, jelikož informaci o souřadnicích detekovaných tváří je možno ze služby WaldBoost extrahovat. Takto zmenšená fotografie byla předána službě Betaface k dalšímu zpracovávání.

Obsah fotografie	jedna služba	dvě služby
tvář(tváře)	486.2 kB	630.5 kB
bez tváře	486.2 kB	397.7 kB

Tabulka 2: Porovnání přenesených dat v případě využití jedné a dvou služeb

Tabulka 2 ukazuje samotné výsledky experimentu. Úspora přenesených dat, v rozsahu cca 18%, byla při použití dvou služeb prokázána v případech, kdy analyzovaná fotografie neobsahuje obličeje. V případech, kdy fotografie obsahuje alespoň jednu detekovatelnou tvář, se velikost přenesených dat zvýšila cca o 33%. Nicméně toto navýšení je nutno brát v potaz s určitou rezervou, jelikož přímo závisí na stanovení redukčního koeficientu

⁴<http://getfirebug.com/>

u jednotlivé fotografie. Jelikož však úspora přenesených dat nebyla tak rozsáhlá, aby to mělo vliv na případnou zatíženost serveru Betaface, využití dvou služeb na místo jedné nebylo doporučeno. Navíc se předpokládá, že situací, kdy analyzované fotografie nebudou mít detekovatelnou ani jednu tvář, bude minoritní počet.

6 Zdroje dat pro analýzu a návrhy nových spojení v sociálních sítích

Následující sekce se věnuje analýze možných zdrojů dat pro správnou funkčnost nového algoritmu. První část pojednává o samotné volbě vhodné sociální sítě, ve které budou možná nová spojení uživatelů navrhována. Ve druhé části je analýza vhodných zdrojů fotografií, prostřednictvím kterých budou nová spojení navrhována.

6.1 Sociální síť

Sociální síť lze rozdělit do dvou základních kategorií, podle jejich primární funkčnosti. V první kategorii jsou obsaženy ty sociální sítě, které staví na vzájemném vytváření nových vztahů mezi jejich uživateli. Tyto vztahy jsou ve většině případů vytvářeny podle reálných vztahů z běžného života. Sociální sítě z této kategorie zaměřují svou většinovou funkčnost na vylepšování a zjednodušování nově vytvářených spojení uživatelů. Většina uživatelů má, pokud se hovoří o pojmu sociální síť, na mysli právě síť z této kategorie. Nejznámějšími zástupci jsou Facebook, MySpace, popřípadě i Twitter, i když u poslední zmíněné je velice silný prvek mikrobloginové služby.

Druhou kategorií sítí tvoří ty, které primárně poskytují uživatelům nějakou svou službu nebo pouze zprostředkovávají nástroj pro vlastní prezentaci uživatelů. Taktéž sice obsahují prvek sociálního spojování jednotlivých uživatelů, ale nestaví na něm primárně funkčnost svých služeb. V těchto typech sociálních sítí je i samotné vytváření spojení samotnými uživateli používáno minoritně. Příkladem zástupců této kategorie mohou být YouTube nebo Flickr, kteří poskytují prostor pro prezentaci samotných uživatelů prostřednictvím jejich video či obrazových děl. Spojování uživatelů, např. u YouTube je využíváno zejména prostřednictvím tzv. *přihlášení se k odběru kanálu* konkrétního uživatele, i když i klasická forma sociálního spojení je dostupná. Jelikož se však tato práce soustřeďuje na vyhledávání možných nových přímých spojení mezi uživateli, při výběru vhodné sociální sítě budou zohledňováni pouze zástupci první kategorie.

Při volbě vhodné sociální sítě je dobré brát v potaz zejména velikost sítě, určenou počtem uživatelů. Více uživatelů přímo úměrně znamená vyšší pravděpodobnost, že konkrétního člověka na síti algoritmus nalezne. V Tabulce 3 je uveden seznam největších sociálních sítí (umožňujících vytváření sociálních vztahů mezi uživateli) dle databáze⁵, která vznikla, jako součást projektu [27]. Údaje o počtu uživatelů jsou v tabulce založeny na hodnotě DAU, která určuje počet aktivních uživatelů sítě denně. Jedná se o poměrně robustní metodu, jak lze velikost sociálních sítí určovat, jelikož pouhý počet vytvořených účtů v sítích by nebyl objektivní. Nezohledňuje totiž žádné duplicitní uživatele, ani falešné účty. Uvedena je rovněž podpora FOAF výstupu, což je určitý framework, kterým jsou popisovány osoby v síti a jejich vzájemné vztahy takovým způsobem, který umožňuje pozdější programové zpracování.

I když byla výše uvedená statistika vytvořena v roce 2006, lze ji stále pokládat za relevantní, jelikož nárůst nových uživatelů je u jednotlivých sítí setrvalý (viz Obrázek 13).

⁵<http://trust.mindswap.org/cgi-bin/wbsnSearch.cgi>

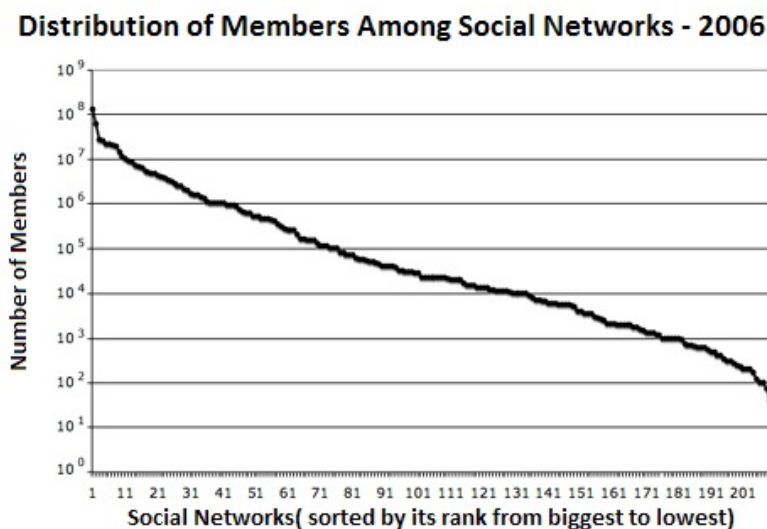
Sociální síť	Počet uživatelů (DAU)	Zaměření sítě	FOAF výstup
MySpace	300 000 000	společenské/zábava	NE
Facebook	200 000 000	společenské/zábava	NE
Bebo	40 000 000	společenské/zábava	NE
Cyworld	21 000 000	společenské/zábava	NE
Black Planet	18 000 000	společenské/zábava/seznamka	NE
LinkedIn	17 000 000	pracovní	NE
Vkontakte	5 000 000	společenské/zábava	NE
TagWorld	2 700 000	společenské/zábava	NE
Hyves	2 500 000	společenské/zábava	NE
MeetMe (myYearbook)	1 500 000	společenské/zábava	NE

Tabulka 3: Největší sociální sítě podle statistiky z roku 2006

Tedy v případě největších sítí je nárůst nových uživatelů největší, zatímco u menších sítí je výrazně nižší.

6.2 Vývoj počtu uživatelů sociálních sítí

Část již dříve zmiňovaného projektu[27] se zabývala i vývojem počtu uživatelů vybraných sociálních sítí. V průběhu tří let byly tyto údaje analyzovány a výsledky byly pro tuto práci taktéž zajímavé. Počet sociálních sítí, kterým počet aktivních uživatelů překročil hranici jednoho milionu se v období od roku 2004 do roku 2006, zvýšil z 18 na 41. Přitom ale nárůst uživatelů ztelně neovlivnil žebříček největších sítí. Tendence nárůstu tedy zůstala setrvalá.



Obrázek 13: Rozložení nových uživatelů sociálních sítí

Toto zjištění potvrzuje, že se nedá očekávat, že by stávající menší či střední sociální sítě v budoucnosti přerostly své dnešní větší konkurenty. Zároveň se však z toho také dají odvodit dva závěry, týkající se největších sociálních sítí. Buď mají tyto sítě velice dobrou vlastní propagaci a dovedou si efektivně získávat stále nové uživatele nebo se vztahy mezi uživateli těchto sítí zakládají ve většině na reálných vztazích z běžného života. Druhý závěr by byl vysvětlitelný následujícím příkladem. Pokud má osoba v reálném životě okruh přátel, kteří jsou uživateli určité sociální sítě, ale samotná osoba zatím ne, lze očekávat, že osobě bude tato sociální síť doporučována.

6.3 Výběr konkrétní sociální sítě

S ohledem na informace uvedené v předchozích kapitolách byl sestaven seznam nejvhodnějších sociálních sítí, ze kterých bylo nutno vybrat jedinou. V následujícím textu jsou tyto sítě stručně zhodnoceny.

LinkedIn Jedná se o sociální síť zaměřenou na profesní život jejích uživatelů. Díky tomuto faktu obsahuje minimální počet tzv. *fake* účtů. Nová spojení se většinou realizují za pomoci společných zaměstnání nebo profesních specializací. V jednotlivých účtech je také možno nastavit si situace, za kterých je konkrétního uživatele vhodné kontaktovat (např. při nabídce zaměstnání či prosbou o odbornou pomoc).

I když se jedná o sociální síť rozšířenou, která obsahuje dostatečný počet uživatelů, pro účely této práce není ideální, jelikož je zaměřena na úzkou cílovou skupinu. Ideální by naopak bylo její využití v případě, kdyby bylo přistoupeno k využití analýzy nových spojení, v závislosti na účasti na konferencích uživatelů, jak je rozvedeno v Kapitole 3.2.

Facebook Jedna z největších sociálních sítí. Díky své rozšířenosti poskytuje dostatečný počet uživatelů, nad kterými se dají nalézt konkrétní osoby. Oproti síti LinkedIn však poměrně velké množství účtů uživatelů obsahuje v profilových obrázcích fotografie, na kterých není dobře identifikovatelný obličej. Díky své rozšířenosti zároveň obsahuje také množství *fake* účtů nebo účtů, které nejsou vhodné pro zpracování našim algoritmem (např. profil reálného člověka, ovšem s pozměněným jménem nebo jménem zkomoleným).

ResearchGate Oproti dvěma již zmíněným sítím, se do finálního seznamu dostala i sociální síť ResearchGate ⁶. Jedná se, obdobně jako u LinkedIn, o síť úzce zaměřenou na určitou profesní skupinu akademických pracovníků a vědců. Využívá ovšem některé, zajímavé prvky analýzy uživatelů, například jejich kategorizaci podle institucí, ve kterých pracují. Tyto techniky by se daly v budoucnu využít a usnadnit prostřednictvím nich případné prvotní filtrace nových návrhů spojení. Proti využití byla ovšem stejná fakta, jako v již zmíněné síti LinkedIn.

⁶<http://www.researchgate.net/>

Z výše uvedených informací vyplývá, že pro účely této práce byla vybrána sociální síť Facebook. Jedná se podle mého názoru o nejvhodnější nástroj, v němž lze nejlépe nalézt konkrétní osoby pro návrhy nových spojení. Zároveň obliba této sítě je na velice velké úrovni, což nahrává i perspektivní využitelnosti nové aplikace. Pro praktickou implementaci je rovněž důležité, že přístup k sociální síti je dobře zdokumentován v oficiálním API a případné řešení problémů je snáze řešitelné s využitím oficiálních blogů vývojářů.

6.4 Výběr vhodného zdroje fotografií pro analýzu

V dalším kroku je nutné vybrat vhodnou webovou službu, ze které bude nový algoritmus získávat fotografie s osobami pro pozdější návrhy nových spojení uvnitř sítě Facebook. Opět byly zvoleny z mého hlediska nejperspektivnější služby, ze kterých byla nakonec vybrána finální. Pro jednodušší volbu byly sestaveny stěžejní kritéria, které by výsledná služba měla splňovat.

1. Služba by měla obsahovat možnost editace základních informací u fotografie, tedy nejen umožnit vložení a editaci komentářů, ale také práci s tagy popřípadě možnost přímo označovat ve fotografiích osoby.
2. Mělo by se jednat o jednu ze známých a využívaných služeb, která je většinou běžných uživatelů známá, jednak protože funkčnost a podpora takových služeb je kvalitnější, ale také je větší pravděpodobnost toho, že potenciální uživatel nové služby, již bude mít na službě účet.
3. Služba by neměla vyžadovat instalaci lokálních aplikací nutných k jejímu používání.
4. Volitelnou vlastností, by měla být snadná možnost implementovat komunikační vrstvu mezi službou a novou aplikací, popřípadě dostupnost specifických knihoven, které by tato aplikace mohla využívat.

Níže je uveden seznam aplikací, ze kterých byl proveden výběr nejvhodnější.

Google Picasa Web Albums Služba, která je úzce svázaná s aplikací Google Picasa. Pro využívání ale není nutno instalovat samotného desktopového klienta. Jelikož se jedná o službu Google, je spojena i s dalšími jeho produkty a přihlašování do služby je realizováno pomocí účtu Google, tedy stejného jako např. do sociální sítě Google+. Obsahuje možnost vytvářet a editovat tagy ve fotografiích, avšak práce s nimi není tak ideální jako byla v jiných případech (zejména v porovnání s Flickr)

Photobucket Tato služba nabízí prostor pro sdílení nejen fotografií, ale také video souborů. Práce s fotografiemi je zpracována dobře, v každé je možno přidávat i editovat tagy, ale jsou zde restrikce (každá fotografie může obsahovat maximálně 20 tagů a i celkový počet tagů na jeden účet je omezen na 3500). Přihlášení se do služby je, kromě založení nového účtu ve službě, umožněno i prostřednictvím sociálních sítí Facebook nebo Twitter. Z důvodu malé rozšířenosti služby u nás je ale nevhodná k dalšímu využití.

Flickr Velice rozšířená služba pro sdílení fotografií. Přihlášení se do služby je umožněno prostřednictvím sociálních sítí Facebook nebo Google+, popřípadě standardní metodou registrace se u Flickr (prostřednictvím sdruženého Yahoo! účtu). I u této služby je možno přidávat tagy k jednotlivým fotografiím. Poskytuje i možnost označovat určité osoby na fotce, ovšem tyto musí být také uživateli Flickr (není možno přidat pouze textovou informaci o osobě, osoba označená na fotce musí být spárována s id uživatele Flickr). Komunikace s externími aplikacemi je možná i s využitím externích knihoven.

500PX Stejně tak, jako výše uvedené služby, i tato poskytuje možnost připojovat k fotografiím dodatečné informace. I do této webové služby je možno se přihlásit pomocí externích účtů Facebook, Twitter nebo Google. Služba se ovšem zaměřuje zejména na profesionální nebo umělecké fotografie, které lze prostřednictvím ni i prodávat, takže není možno předpokládat větší zájem běžných uživatelů.

Jako nejvhodnější byla nakonec zvolena služba Flickr. Pro účely této práce však bude nutno nahradit využití jejího označování přátel jiným způsobem, protože je požadováno, aby označování probíhalo nezávisle na tom, jestli je konkrétní osoba také uživatelem sítě Flickr či nikoliv. Jako náhrada byl využit objekt samotného tagu (viz Obrázek 14) u každé fotografie, do kterého se bude ukládat jméno s příjmením konkrétní osoby, kterou budou uživatelé aplikace chtít na fotografii označit.

Tags

Separate each tag with a space: cameraphone urban moblog. Or to join 2 words together in one tag, use double quotes: "daily commute".

Date taken on

 at [\(Not sure of the exact date?\)](#)

Use a mm/dd/yyyy format for the date, and 24hr format for the time.

Date posted to Flickr

 at

Use a mm/dd/yyyy format for the date, and 24hr format for the time.
Note: The date you posted can't be before the day you joined Flickr. (That's 8th February, 2013 for you.)

Obrázek 14: Modifikovaný způsob označování přátel na síti Flickr

7 Vlastní návrh prototypu algoritmu

V této kapitole je popsán samotný návrh a způsob implementace experimentálního algoritmu pro návrhy nových spojení v sociální síti Facebook. Nejprve je teoreticky popsána běžná situace, která při řešení problému nastává a jsou stanoveny kritéria, za kterých je možno návrh nových spojení poskytovat. V dalších částech jsou popsány problémy, se kterými jsem se během samotné implementace setkal a řešení, která jsem zvolil. Jako technologie k implementaci algoritmu byl zvolen programovací jazyk C# s .NET Framework. Důvod volby této technologie byl zejména ten, že větší část funkčnosti je realizována za pomoci komunikace s externími službami prostřednictvím internetu, což se v .NET Framework řeší velice komfortně.

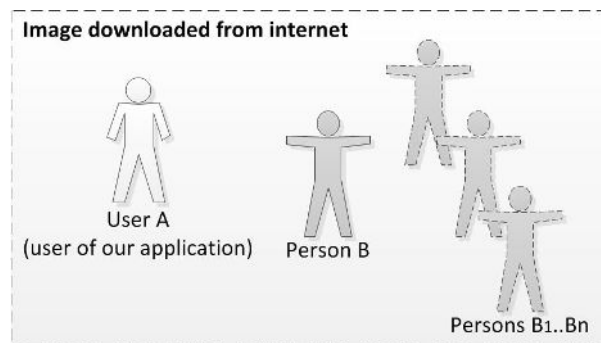
7.1 Princip vyhledávání nových spojení

Protože sociální sítě obsahují stovky miliónů uživatelů, musí být nalezen sofistikovaný způsob, jakým je možné tuto velikou množinu prvků zmenšit. Aby toto bylo možné realizovat, je nutné nejprve prozkoumat standardní scénář, který se při řešení problému vyskytuje. Jelikož již dříve v textu bylo uvedeno, že algoritmus bude pracovat se sociální sítí Facebook, zde již všechny situace budou popisovány na této síti. Standardní fotografie, která přijde na vstup nového algoritmu je ilustrována na Obrázku 15. Jedná se o fotografii, stáhnutou ze sítě Flickr, která obsahuje tváře minimálně dvou osob, z nichž jedna je samotný uživatel nové služby. Tento požadavek byl nastaven z důvodů zamezení zkoumání fotografií osob, které by byly na fotce bez konkrétního uživatele. U těchto by totiž nebylo možno rozhodnout, jestli jsou s uživatelem v reálném vztahu.

Detekce uživatele A je možná, protože aplikaci poskytl práva k analýze svého profilu na sociální síti, a to včetně přístupu ke své profilové fotografii. Dále je umožněn také přístup k seznamu všech jeho stávajících přátel v sociální síti. Ke každému příteli je také možno vyžádat si profilovou fotografii. Dalším krokem je postupná detekce všech ostatních tváří ve fotografii. Poté je tvář osoby B (popřípadě dalších B_i jestli jsou na fotografii zachyceny) porovnávána z tvářemi stávajících přátel uživatele A . V případě, že je nalezena shoda tváří neznámé osoby a stávajícího přítele, algoritmus může informaci o nalezené osobě připojit k analyzované fotografii.

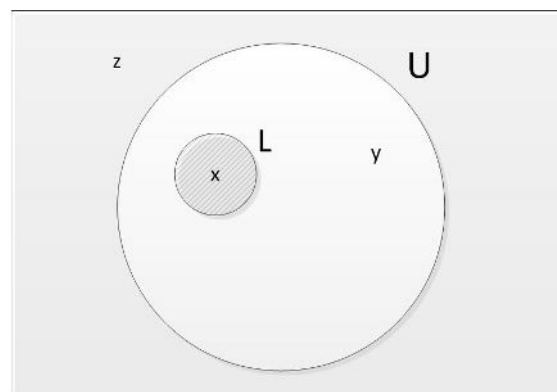
V situaci, kdy není ani jeden přítel uživatele A označen jako shodná s osobou B respektive B_i , je nutné se pokusit neznámou osobu vyhledat na celé síti Facebook. Protože však není možné procházet sekvenčně všechny uživatelské účty v sociální síti, je nutné množinu všech uživatelů redukovat na takovou velikost, ve které již analýza všech jejich prvků bude možná. První možností k této redukci, je využití informací, které lze z tváře neznámé osoby extrahovat. Těmito mohou být například věk, pohlaví či etnická skupina (tyto informace Betaface služba poskytuje viz Obrázek 9). Spolehlivost těchto extrahovaných informací však v současné situaci stále ještě není uspokojivá. Navíc ani v profilových účtech uživatelů sítě Facebook tyto informace nemusí být vůbec vyplněny. Je tedy nutné nalézt jiný způsob redukce množiny.

Výrazně omezit počáteční množinu je možno tak, že budou filtrována pouze konkrétní jména uživatelů. Tímto je získána množina uživatelských účtů Facebooku, ve které již je



Obrázek 15: Standardní fotografie pro zkoumání možných nových spojení uživatele

umožněno konkrétní prvky porovnávat s neznámým člověkem B . Tento zásah ovšem změní i počáteční požadavky na vstupní fotografie. Nový algoritmus (v případě že nebude nalezena shoda detekovaných osob s přáteli uživatele A) bude zpracovávat pouze fotografie, které ve svém tagu obsahují jména osob, které se na nich vyskytují.

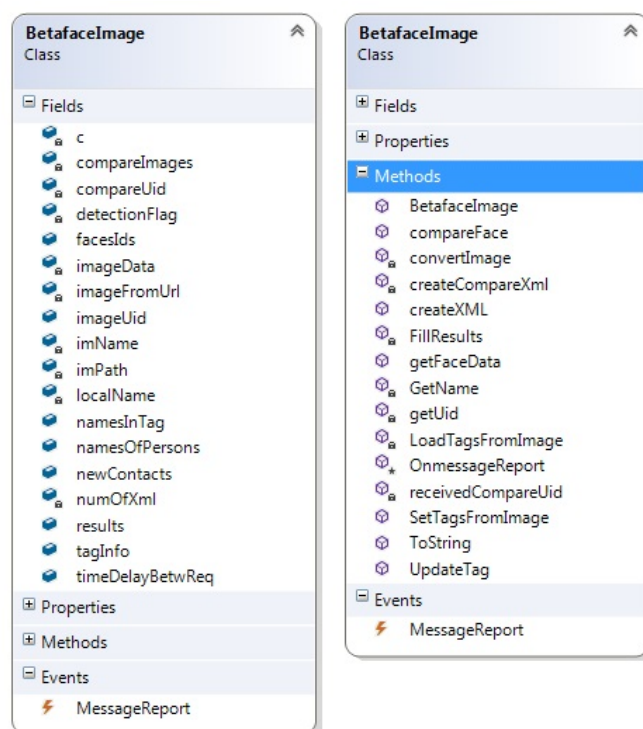


U.....all users of Facebook

L.....limited set of users who has specific name (same as name in the photo's tag)

Obrázek 16: Znáznění množiny všech uživatelů Facebook a redukované množiny pro nalezení nového kontaktu

Pokud jsou výše uvedená omezení na množinu aplikována, je možno rozhodnout, zda neznámá osoba B je přítomna na sociální síti, popřípadě rovnou navrhnout nové spojení mezi ní a uživatelem A . Standardně mohou nastat dvě situace, kde se osoba B může nacházet (viz Obrázek 16). Pokud je nalezena osoba na sociální síti, u které je detekována shoda tváře s osobou B , pak platí, že $B = x$. V opačném případě bude platit $B = z$. Situace, ve které bude $B = y$, pak může nastat v případě, že výše uvedené restriktce byly aplikovány chybně. Například u fotografie, bylo jméno osoby B uvedeno v nepřesném nebo zkomoleném formátu.



Obrázek 17: Struktura vlastní třídy BetafaceImage

7.2 Komunikace s externími službami

V následující kapitole jsou vysvětleny principy komunikací se službami a sociálními sítěmi, které algoritmus využívá. Ve většině případů bylo zvoleno, že komunikační vrstva bude implementována uvnitř nové aplikace a nebude využívat externích knihoven. Tato metoda byla zvolena, protože tak umožňuje větší kontrolu nad jednotlivými fázemi komunikace a ve většině případů má také za následek menší přenesená data, jelikož jsou ze služby získávány pouze nezbytně nutné informace. Jediná výjimka nastala při komunikaci se sítí Flickr, kde byla použita externí knihovna, protože v případě komunikace s touto službou bylo nutné se autentizovat speciálními způsoby, které zmíněná knihovna implementovala velice efektivně.

Komunikace se službou Betaface

Základní princip komunikace, který je založen na odesílání a přijímání XML dokumentů je již uveden v Kapitole 5.3.2. Autoři Betaface na svých oficiálních stránkách poskytují i knihovnu pro .NET Framework, která pokrývá všechny funkce, které služba nabízí. Její nevýhodou je ale přílišná komplexnost při volání základních funkcí (je nutné přenášet více dat než aplikace potřebuje). Z tohoto důvodu bylo rozhodnuto implementování vlastní komunikační vrstvy.

Při vytváření objektu typu *BetafaceImage* (struktura třídy je uvedena v Obrázku 17), je mu pouze nutné předat informace o umístění fotografie tak, aby třída byla schopna vytvořit interně objekt typu *Image* (standardní třída). *BetafaceImage* umí vytvářet *Image* objekty jak z lokálních obrazových souborů, tak i z fotografií, které jsou umístěny online (prostřednictvím datového streamu). Po této inicializační fázi již je uvnitř třídy nutno pouze obrázek zakódovat do formátu *base64Binary*, což je provedeno tak, jak ukazuje Výpis 4. Třída *BetafaceImage* má v sobě také přímo připraveny proměnné pro ukládání jmen osob, které se na fotografii vyskytují i jména detekovaných a rozeznávaných tváří, které se budou naplňovat až v dalších fázích analýzy.

```
private string convertImage(Stream s=null)
{
    Image im;
    if (s!=null)
    {
        im=Image.FromStream(s);
    }
    else
    {
        im=Image.FromFile(imPath);
        LoadTagsFromImage(im);
    }
    using (MemoryStream ms = new MemoryStream())
    {
        // Convert Image to byte[]
        im.Save(ms, ImageFormat.Jpeg);
        byte[] imageBytes = ms.ToArray();

        // Convert byte[] to Base64 String
        string base64String = Convert.ToBase64String(imageBytes);
        return base64String;
    }
}
```

Výpis 4: Převod obrazových dat do textového řetězce ve formátu *base64Binary*

Komunikace se sociální sítí Facebook

Facebook na svých oficiálních stránkách pro vývojáře poskytuje informace o způsobech, jak přistupovat k datům uživatelů nebo skupin, které se na této sociální síti vyskytují. Všechny dotazy lze posílat na servery klasickými metodami GET a POST a pro zpětné získávání dat ze serverů lze využít i zabezpečené spojení prostřednictvím protokolu HTTPS se šifrováním SSL (viz Tabulka 4). Většina dat je ze serverů odesílána ve formátu JSON (viz Výpis 5).

Facebook každého uživatele nebo skupinu reprezentuje jako objekt s jedinečným identifikátorem, což zjednodušuje procházení struktur mnoho jednotlivců, například při analýze všech přátel konkrétního člověka. K základním informacím o uživateli je možno přistupovat pomocí zmíněného identifikátoru, popřípadě pomocí jeho jména, což však v případě více uživatelů se stejným jménem není spolehlivé.

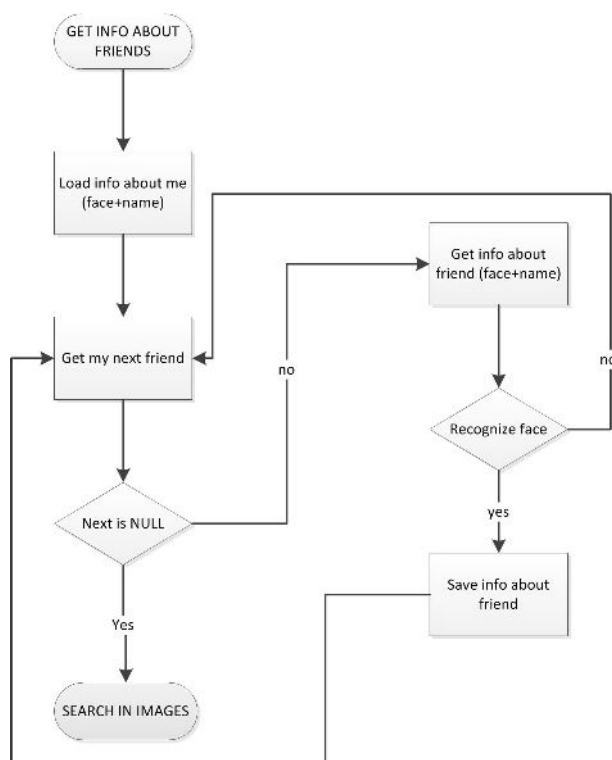

```

{
  "id": "100003085620908",
  "name": "Jakub_Stonawski",
  "first_name": "Jakub",
  "last_name": "Stonawski",
  "link": "http://www.facebook.com/jakub.stonawski.7",
  "username": "jakub.stonawski.7",
  "gender": "male",
  "locale": "cs_CZ"
}

```

Výpis 5: Informace poslané ze serveru jako odpověď na dotaz o podrobnostech uživatele

K detailnějším informacím je možný přístup pouze po souhlasu konkrétního uživatele. Tento souhlas lze získat, pokud se daný uživatel přihlásí vůči serveru Facebooku a aplikaci poté předá specifický token, díky němuž si lze tyto detailnější informace ze serveru vyžádat. Tento token není pouze jeden pro každého uživatele, ale generuje se vždy v závislosti na tom, kolik a jaký druh informací chceme od daného uživatele získat. Ten to samozřejmě v závislosti na situaci nemusí akceptovat a token aplikaci neposkytne.



Obrázek 18: Nástin algoritmu analyzující stávající přátele na sociální síti

Průběh analýzy dosavadních přátel je uveden na Obrázku 18. Poté co je od konkrétního uživatele získán seznam jeho přátel, je u každého přítele nejprve nutné podle jeho identifikátoru zažádat o profilový obrázek. Pak následuje spárování profilového obrázku s daty konkrétní osoby a pakliže je rozeznán obličej, celý tento záznam je uložen pro

pozdější zpracování. Tímto způsobem jsou ze všech přátel uživatele vyfiltrováni ti, které nelze analyzovat podle tváře.

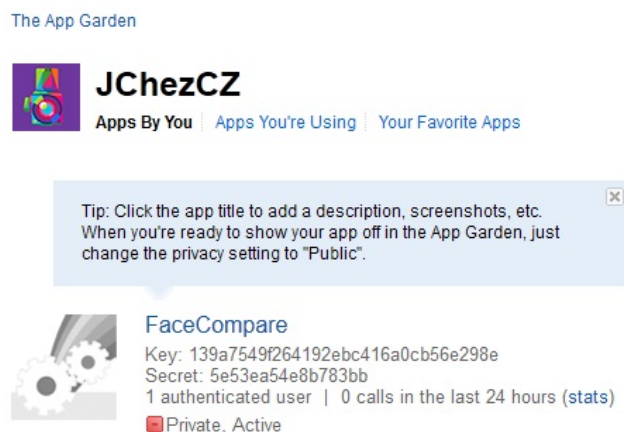
Je důležité poznamenat, že může nastat případ, kdy v odpovědi na požadavek o seznam všech přátel na sociální síti servery Facebooku nevrátí všechny přátele. Jestli má konkrétní uživatel, který by měl být v seznamu přátel nastaveno zabezpečení soukromí na nejvyšší úroveň, není možno zjišťovat, či je tento konkrétní uživatel přítel. Tato skutečnost nejde žádným způsobem obejít a je nutno ji tedy brát v potaz při analýze výsledků našeho experimentálního algoritmu.

Formát URL adresy	Význam požadavku	token
https://graph.facebook.com/ID	základní info o uživateli	NE
https://graph.facebook.com/ID/picture?type=large	profilová fotka uživatele	NE
https://developers.facebook.com/tools/explorer	získání tokenu	NE
https://graph.facebook.com/ID/friends?access_token=TOKEN	seznam přátel uživatele	ANO

Tabulka 4: Příklady URL adres pro vybrané požadavky na servery Facebook

Komunikace se sítí Flickr

U této jediné služby je využita externí knihovna pro komunikaci, která je navržena pro .NET framework ⁷. Každá externí aplikace třetí strany, která chce komunikovat se sítí Flickr, musí být navíc zaregistrována na samotné síti (viz Obrázek 19). Po registraci je přidělen aplikaci jedinečný identifikátor a tajný klíč, pomocí nichž dále tato aplikace komunikuje s Flickr sítí.

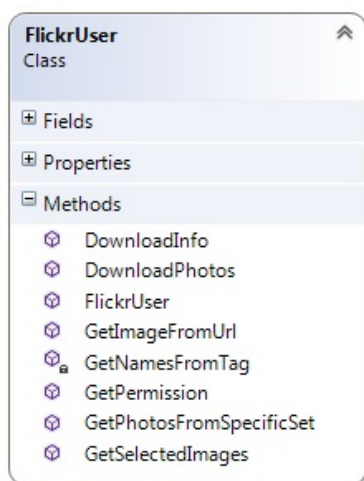


Obrázek 19: Registrace nové aplikace na síti Flickr

Flickr nepodporuje možnost automatického přihlašování uživatele z aplikací třetích stran. V nové aplikaci tedy není možné, aby uživatel pouze jednou vyplnil přihlašovací

⁷<http://flickrnet.codeplex.com/releases/view/92730>

údaje do služby a tyto byly dále využívány automaticky. Je nutné, aby se při každém novém přístupu na síť, při které je vyžadováno přihlášení, uživatel znovu autorizoval prostřednictvím webového rozhraní (viz Obrázek 21). V nové aplikaci je k tomuto účelu využita třída *WebBrowser*, s jejichž využitím je zobrazena příslušná přihlašovací stránka. Tímto je zamezeno otevírání externího webového prohlížeče, který by jinak bylo nutno použít.



Obrázek 20: Třída *FlickrUser* reprezentující konkrétního uživatele služby Flickr

Zpětné získání informace, jestli bylo přihlášení uživatele úspěšné je vyřešeno způsobem, který zobrazuje Výpis 6. Formulář, obsahující *WebBrowser* obsahuje i událost, která je vyvolávána při uzavření webového prohlížeče. K této je přihlášena metoda *wvAuthorizationCompleted*, ve které je vyvolávána kontrola, jestli má aplikace opravdu povolení k přístupu k datům uživatele.

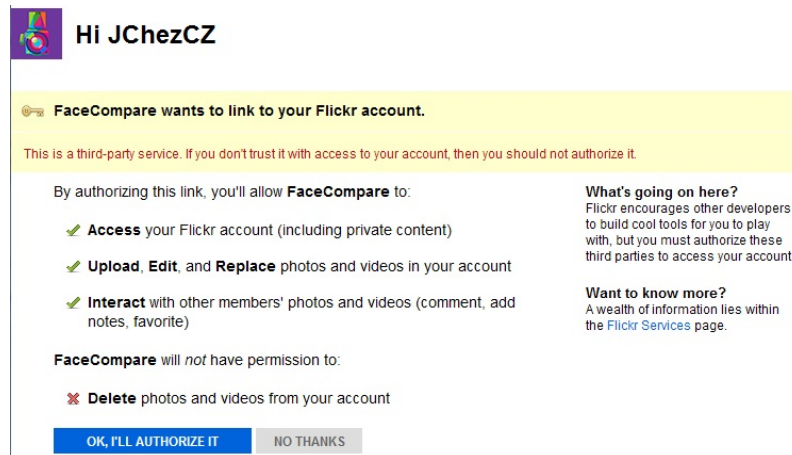
```
// WebView is a form that includes WebBrowser object for displaying web pages
...
    WebView wv = new WebView();
    wv.Url = user.url ;
    wv.AuthorizationCompleted += wvAuthorizationCompleted;
    wv.ShowDialog();
...
void wv.AuthorizationCompleted(object sender, EventArgs e)
{
    user.GetPermission();
    FillData ();
}

```

Výpis 6: Způsob řešení přihlašování uživatele k síti Flickr

Pro samotnou práci se staženými daty Flickr uživatele, byla navíc implementována i vlastní třída (Obr. 20), obsahující obslužné metody, které data z Flickr upravují do podoby, ve které mohou být poskytována službě Betaface. V průběhu komunikace s Flickr bylo

nutno řešit pouze jeden problém, týkající se práce s tagy fotografií. Knihovna ke komunikaci, totiž pro efektivnější zpracovávání, upravuje tag objekty Flickr tak, že v kódu jsou již dostupné pouze jako textové informace. Jsou z nich navíc také ořezány všechny speciální znaky a mezery. Se speciálními znaky problém nebyl, ovšem po odstranění mezer již nebylo možno rozlišit, mezi jménem a příjmením osob. Zavádět kvůli tomuto speciální formát, kterým by muselo být jméno napsáno (např. s podtržítkem nebo pomlčkou), by nebylo efektivní.



Obrázek 21: Odsouhlasení přístupu aplikace k datům uživatele

Místo toho bylo zvoleno následující řešení. Přístup k originálnímu, nepozměněnému objektu tag, byl možný při volání metody, která získávala dodatečné informace o fotografii. Tato metoda ovšem vyžaduje autentizaci uživatele, takže je ji nutno volat až po tomto kroku. Po zavolání, metoda vrací objekt tag, kde každý jednotlivý záznam je reprezentován jako samostatný prvek, který obsahuje text ve své originální podobě tak, jak je uložen na serveru Flickr. Aplikace tyto informace zpracuje a uloží je do proměnné *description*, která je již pro pozdější zpracování dostupná i bez opětovné autorizace uživatele (podrobnější popis nabízí Výpis 7). Přitom není porušeno žádné bezpečnostní opatření, jelikož informace v tag objektech jsou také dostupné bez autorizace, jen v nevyhovujícím formátu.

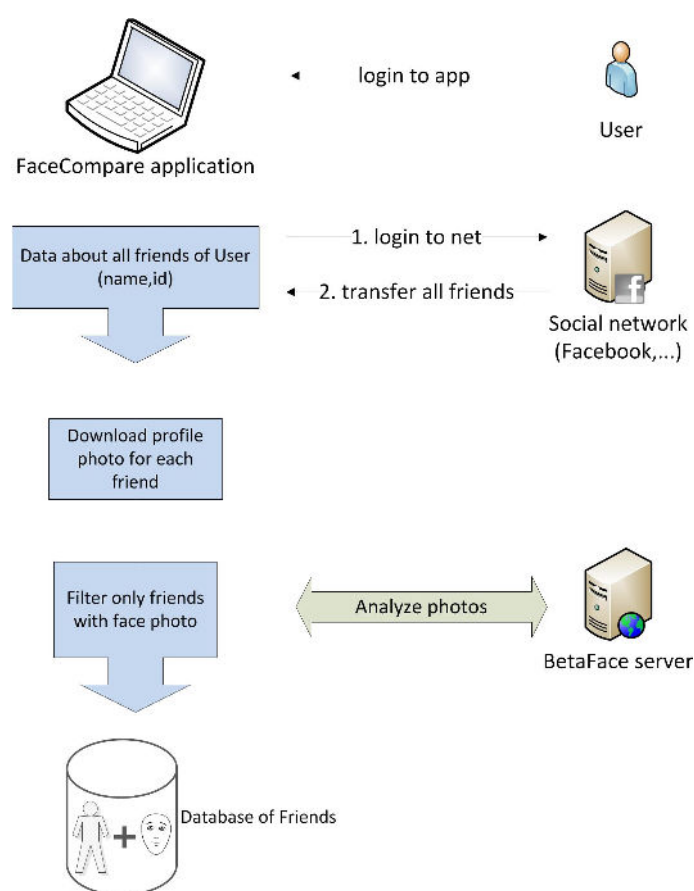
```
public List<Photo> GetSelectedImages(List<string> imageIDs){
    List<Photo> results = new List<Photo>();
    foreach (Photo p in this.allPhotosFromPhotoStream){
        if (imageIDs.Contains(p.Photoid)){
            p.Description=GetNamesFromTag(flickr.PhotosGetInfo(p.Photoid,p.Secret));
            results.Add(p);
        }
        if (results.Count == imageIDs.Count) break;
    }
    return results;}

```

Výpis 7: Princip vyřešení problému s chybně formátovanými tagy fotografií

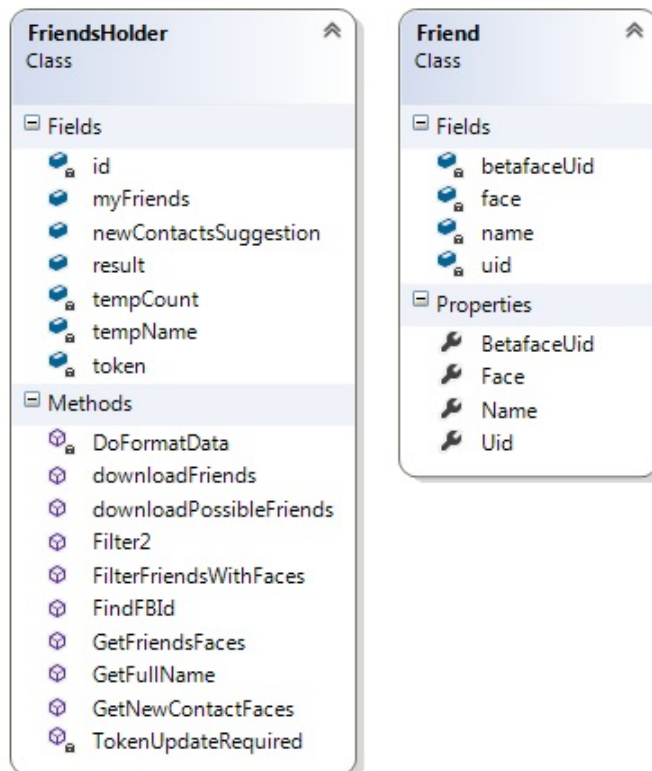
7.3 Analýza stávajících spojení v sociální síti

Poté, co byl v předchozích kapitolách nastíněn způsob komunikace se všemi službami, je již možné popsat samotný způsob, jakým je provedena analýza stávajících spojení mezi uživateli sociální sítě Facebook. Základní princip tohoto algoritmu je uveden na Obrázku 22. V první fázi, poté co se uživatel autorizuje vůči sociální síti, je cílem stáhnout informace o všech přátelích (respektive všech dostupných viz Kapitola 7.2) konkrétního uživatele, a ty poté spárovat s jejich profilovými fotografiemi. Poté je na tento prvotní seznam aplikován filtr, který má vyřadit ty záznamy, u kterých není možno analyzovat tváře. Tento filtr je proveden prostřednictvím využití Betaface služeb. Analyzované profilové fotografie není nutno stahovat fyzicky, ale stačí na ně algoritmu poskytnout URL odkaz.



Obrázek 22: Algoritmus pro zpracování stávajících přátel na sociální síti

Výsledkem této analýzy je vytvoření databáze existujících přátel, u kterých lze analyzovat obličej z profilových fotografií na sociální síti. Tato databáze je reprezentována v kódu jednotlivými objekty typu *Friend* tak, jak je ilustrováno na Obrázku 23. Pro snazší manipulaci s daty je také implementována podpůrná třída *FriendsHolder*.



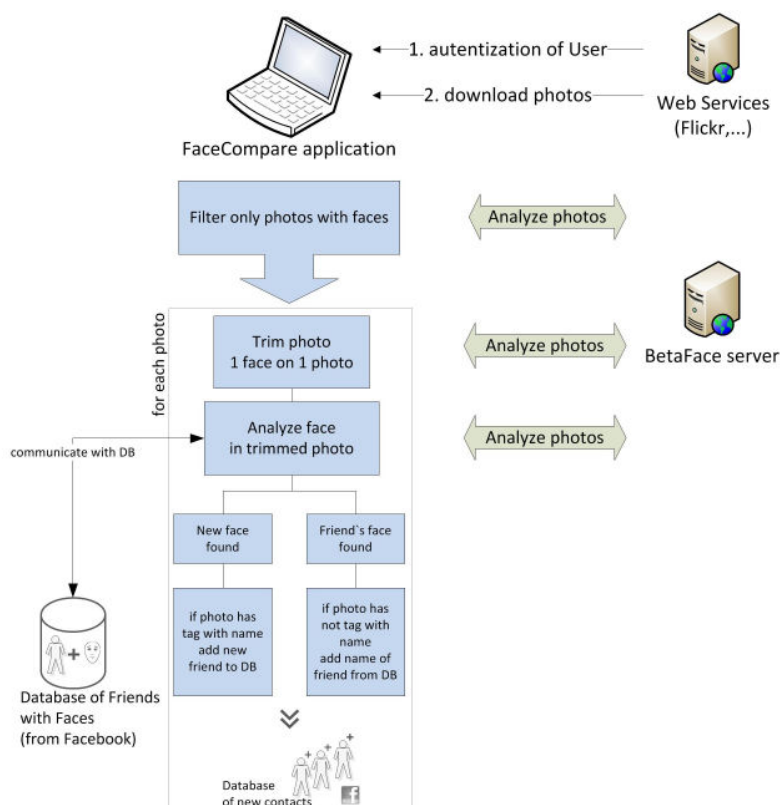
Obrázek 23: Vlastní třídy pro manipulaci s informacemi o přátelích

7.4 Vytváření nových návrhů spojení v závislosti na analyzovaných externích datech

Poté, co je vytvořena databáze stávajících přátel, je možné přistoupit k samotnému vyhodnocení nových návrhů na spojení. Princip funkčnosti zobrazuje Obrázek 24. I v tomto případě je vyžadována autorizace uživatele vůči síti Flickr. Přístup a zpracování fotografií, dostupných ve veřejné složce služby, je sice možné i bez autorizace, ovšem pro pozdější úpravu informací v tag objektech již nutná autorizace je. Pro jednotnost funkce nového algoritmu byl tedy fakt autorizace označen jako nezbytný.

Uživateli je nabídnuta možnost zvolit si pouze určité složky s fotografiemi, které na síti Flickr má nahrané. Poté je na vybrané fotografie aplikován filtr, který má vyřadit ty fotografie, které neobsahují detekovatelné tváře. Tento filtr je opět realizován službou Betaface. V případě, že je ve fotografii zachyceno více tváří, je tato pro další zpracování upravena tak, že každá tvář je zpracovávána jako jedna fotografie. Jakmile jsou všechny vybrané fotografie připraveny, algoritmus může přejít do hlavní fáze.

V této fázi mohou nastat dvě situace. V první je analyzovaná tvář vyhodnocena jako tvář jednoho ze stávajících přátel uživatele. V tom případě algoritmus upraví tag této fotografie přidáním jména a příjmení osoby z jejího profilu na síti Facebook. Ve druhé



Obrázek 24: Algoritmus vyhodnocování informací z externích obrazových dat

situaci není analyzovaná tvář shodná ani s jedním dosavadním přítelem. Teď je s těžší věcí, jestli analyzovaná fotografie obsahuje informaci o jménech osob, které jsou na ni zachyceny. V případě, že informace u fotografie není, nelze nijak zjistit údaje o osobách a v tom případě analýza končí neúspěchem. V případě, že tag obsahuje alespoň jedno jméno osoby, které není shodné se jménem uživatele služby, algoritmus přidá záznam do databáze možných nových kontaktů. Záznam je složen ze jména (popřípadě jmen, pokud je jich v tagu více) a tváře, která je analyzovaná. Pro informaci je vhodné připomenout, že tato databáze je odlišná od dříve uvedené databáze stávajících přátel v Kapitole 7.4.

Poznámka 7.1 V situaci, kdy je v tagu fotografie obsaženo více než jedno jméno, algoritmus není schopen ihned verifikovat, k jaké tváři na fotografii patří. V tomto případě musí být všechny jména z tag objektu uložena do databáze možných nových kontaktů s analyzovanou tváří. Ve finální fázi se poté algoritmus pokusí najít všechny osoby se specifickým jménem z tagu a rozhodnutí, která je ta správná (v závislosti na porovnání obličejů), je provedeno až tehdy.

Ve finální fázi analýzy prochází algoritmus všechny záznamy v databázi možných nových kontaktů a snaží se každou osobu nalézt na sociální síti Facebook. Vyhledávání

probíhá dotazem na všechny uživatele se specifickým jménem (viz Výpis 8) a selekce toho správného je provedena pomocí porovnávání analyzované tváře s profilovými fotografiemi uživatelů sociální sítě. V případě, že je osoba nalezena, je k záznamu v databázi přidán identifikátor nalezeného uživatele z profilu na síti Facebook. Poté, co jsou všechny záznamy v databázi takto zpracovány, je proveden ještě jeden průchod skrze všechny tyto záznamy. Při něm jsou odstraněny ty záznamy, které neobsahují identifikátor osoby na síti Facebook. Výsledná databáze tedy obsahuje pouze osoby, které budou uživateli nabídnuty, jako možná nová spojení uvnitř sociální sítě.

```
{
  "data": [
    {
      "name": "Karel_Karelv_Novak",
      "id": "100006080585981"
    },
    {
      "name": "Karel_Novak",
      "id": "100006104803839"
    },
    {
      "name": "Karel_Novak",
      "id": "100003628884701"
    }
  ],
  "paging": {}
}
```

Výpis 8: Část výsledků vyhledávání osoby se jménem Karel Novak

8 Analýza výsledků úspěšnosti experimentálního algoritmu

Experimentální algoritmus, který je výsledkem diplomové práce, byl v závěru podroben testování, které mělo ukázat, jestli je tento navržený způsob vyhledávání nových kontaktů na sociální síti dostatečně efektivní k praktickému využití. Testovací fáze byla rozdělena do dvou částí. V té první byla ověřována spolehlivost samotné služby pro rozpoznávání a analýzu obličejů - Betaface. Ve druhé fázi byl testován nový algoritmus jako celek. V následujících kapitolách jsou uvedeny výsledky těchto testů.

8.1 Vyhodnocení spolehlivosti služby pro analýzu obličejů Betaface

Cílem tohoto testování bylo zejména prokázat vhodnost použití externí služby Betaface. Ralph Gross z Carnegie Mellon University ⁸ poskytl testovací obrazová data. Jednalo se o archiv čtyř tisíc fotografií obličejů, který byl sestaven v průběhu dvouměsíčního fotografování celkem 63 lidí [5]. Tváře lidí byly fotografovány za celé řady rozličných podmínek (rozdílné světelné situace nebo tváře zachyceny s odlišných úhlů). Z této databáze byly pro účely této práce náhodně vybrány tři osoby (dva muži a jedna žena), jejichž obličej, zachycené za rozdílných podmínek, byly analyzovány službou Betaface (viz popis podmínek níže). Pro každou osobu byla stanovena vždy tzv. referenční fotografie, zachycující její tvář frontálně. V ideálním případě měly být i ostatní fotografie téže osoby označené Betaface službou jako shodné.

situace 1 Referenční fotografie. Tvář subjektu je zachycena za normálních světelných podmínek (jen mírně podexponovaných). Ústa osoby jsou mírně pootevřena, při mluvení. Tvář je k fotoaparátu otočena přímo. Osoby *A* a *B* jsou zachyceny s brýlemi.

situace 2-4 Tvář je vůči fotoaparátu v přímém úhlu. Světelné podmínky variiují u každé situace od podexponovaného případu až k přeexponovanému (u té je použit blesk). Osoby *A* a *B* jsou zachyceny s brýlemi.

situace 5-8 Tvář je zachycena v ostřejším úhlu (vertikálním i horizontálním), než v předešlých situacích, stále jsou však viditelné všechny primární objekty. Světelné podmínky jsou rozdílné od normálu.

situace 9-11 V těchto situacích je tvář vůči fotoaparátu v největších úhlech (nejsou již viditelné všechny primární objekty). Fotografie jsou pořízeny za běžných světelných podmínek.

situace 12-14 Tvář zachycena v přímém úhlu s fotoaparátem. Světelné podmínky jsou v každé situaci odlišné.

situace 15-18 Světelné podmínky jsou normální. Tvář zachycena v přímém úhlu s otevřenýma i zavřenýma očima. Osoby *A* a *B* jsou zachyceny jak s, tak i bez brýlí.

⁸http://www.ri.cmu.edu/research/project.detail.html?project_id=418&menu_id=261

Výsledky testování jsou uvedeny v Tabulce 5. Pokud nebyla tvář detekována nebo byla detekována jako neshodná s referenční tváří, je uvedeno x . Problémy při detekci se objevovaly zejména v situacích 5 až 11. Bylo to způsobeno tím, že tváře jsou zachyceny vůči fotoaparátu v příliš velkých úhlech, což deformuje výsledný model tváře. V situacích 9 až 11 dokonce ve fotografiích už tvář není možno ani detekovat, jelikož větší množství primárních objektů chybí. Co se však podařilo prokázat, je nezávislost úspěšné detekce shodných obličejů za odlišných světelných či barevných podmínek. V tomto jsou stávající algoritmy služby Betaface robustní.

Závislost úspěšnosti detekce na konkrétních osobách také nebyla prokázána. Výsledky analýzy tváří u osob A a B jsou shodné. V případě Osoby C je možno pozorovat odlišnosti v situacích 2 a 5 (v situaci 16 analýza nebyla prováděna, protože osoba není zachycena s brýlemi). To je však způsobeno tím, že Osoba C je menší než dvě předešlé, avšak fotoaparát při focení zůstal ve stejné výšce. Tvář je tedy umístěna ve spodní třetině fotografie. V této pozici je méně náchylnější ke změnám parametrů modelu u větších úhlů vůči fotoaparátu.

Typ fotografie	Osoba A	Osoba B	Osoba C
situace 1	N.A.	N.A.	N.A.
situace 2	detekována	detekována	x
situace 3	detekována	detekována	detekována
situace 4	detekována	detekována	detekována
situace 5	x	x	detekována
situace 6	x	x	x
situace 7	x	x	x
situace 8	x	x	x
situace 9	x	x	x
situace 10	x	x	x
situace 11	x	x	x
situace 12	detekována	detekována	detekována
situace 13	detekována	detekována	detekována
situace 14	detekována	detekována	detekována
situace 15	detekována	detekována	detekována
situace 16	detekována	detekována	N.A.
situace 17	detekována	detekována	detekována
situace 18	detekována	detekována	detekována

Tabulka 5: Výsledky testování algoritmů služby Betaface

Výsledky těchto testů dokazují, že v průměru dosahují algoritmy rozpoznávání služby Betaface 58% úspěšnosti. Bylo také prokázáno, že největším problémem při zpracovávání je, když ve tváři chybí větší množství primárních objektů, což v některých případech vede dokonce k nenalezení obličeje ve fotografii. Pokud by se algoritmy služby dále vylepšovaly a využívaly samoučících metod, tato nevýhoda by se značně eliminovala.

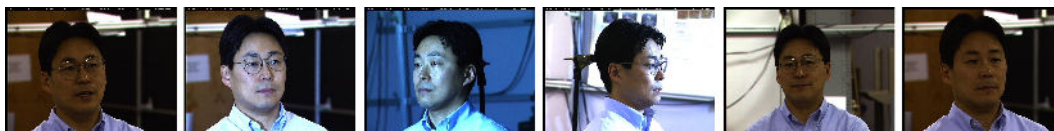
8.2 Úspěšnost nového algoritmu jako celku

V druhé části byla testování podrobena nová aplikace jako celek. K testování byly použity vlastní účty na sociálních sítích Facebook a Flickr. V případě účtu na síti Facebook byla situace následující. Obsahoval celkem 77 stávajících přátel, z čehož pouze 75 bylo možno analyzovat (viz Kapitola 7.2). Po provedené počáteční filtraci, při které byli odstraněni přátelé, kterým nebylo možno detekovat tvář na profilové fotografii, zbylo k testování 51 uživatelů. V síti Flickr byla pro testování vytvořena série 20 fotografií, která zachycovala uživatele nové služby s dalšími osobami. Celá série byla rozdělena do dvou částí po 10 fotografiích. V té první byly obsaženy pouze ty, které obsahovaly ve svém tagu informace o jménech osob, které se na nich vyskytují. Z těchto deseti bylo pět fotografií se stávajícími přáteli uživatele a pět s cizími lidmi. Ve druhé části série byly pouze ty fotografie bez uvedených jmen v tag objektech. Opět pět z nich bylo fotografie se stávajícími přáteli na síti Facebook a pět s dosud neznámými lidmi. Celá tato série fotografií byla předána na vstup aplikace a výsledky jsou uvedeny v Tabulce 6.

Fotografie	Počet Nových tváří	Počet Přátel	Počet Detekovaných tváří	Návrh nových spojení		Přidány tagy	
				správné	chybné	správné	chybné
1	0	2	2	0	0	1	0
2	0	3	3	0	0	0	2
3	0	2	3	0	0	0	0
4	1	0	1	0	0	0	1
5	2	1	4	1	0	1	1
6	1*	0	1	0	0	0	0
7	1*	0	1	0	0	0	0
8	0	1	3	0	0	1	0
9	3*	0	2	0	0	0	0
10	1*	0	1	0	0	0	0
11	0	1	2	0	0	0	0
12	0	4	0	0	0	0	0
13	0	6	6	0	0	1	2
14	2	0	2	2	0	2	0
15	2*	7	9	0	0	1	3
16	0	2	2	0	0	0	1
17	(4+1*)	0	6	0	0	0	2
18	1*	0	1	0	0	0	0
19	1	0	1	1	0	1	0
20	0	2	2	0	0	0	0

Tabulka 6: Výsledky úspěšnosti celého experimentálního algoritmu

Jména osob, uvedená v tag objektech jednotlivých fotografií byla ve formátu, který umožňoval vyhledání osoby na sociální síti. Jestliže fotografie obsahuje neznámé osoby, je ve sloupci *Počet nových tváří* číslo rovno počtu těchto osob. Jestliže je navíc u tohoto čísla hvězdička, značí to, že osoby nelze vyhledat (tag fotografie neobsahuje jméno těchto lidí).



Obrázek 25: Testovací data poskytnutá Carnegie Mellon University

Jak je z výsledků testu patrné, ve 20 fotografiích bylo v ideálním případě detekovatelných deset nových osob. Tváře všech těchto osob byly na fotografiích detekované, což je nutné označit za úspěch algoritmů Betaface. Celkem čtyři lidé z těchto deseti byli úspěšně identifikováni na sociální síti Facebook a byly tak navrženy čtyři nové spojení s uživatelem aplikace. Uspokojivým výsledkem je možné také označit fakt, že nebyl realizován ani jeden chybný návrh nového spojení. Větší chybovost ale byla detekována u vytváření nových tag objektů s popisem osob, které se na fotografiích vyskytují. V sedmi z 20 fotografií se objevila alespoň jedna chybná informace o osobě, která je na nich zachycena. Jelikož je však tato funkce doplňková k mnohem důležitější funkci nových návrhů spojení, je možno celý experimentální algoritmus označit za úspěšný.

9 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo sestavit experimentální algoritmus pro vyhledávání nových spojení uvnitř konkrétní sociální sítě. Tento algoritmus měl jako svůj primární nástroj použít rozpoznávání obličejů. Měl také poskytovat dostatečně relevantní návrhy tak, aby byl použitelný v praktickém nasazení jako pomocný nástroj zejména pro nové uživatele sociální sítě. Relevantnost výsledků byla prokázána sérií testů připojených k textu této práce.

V současné době jsou v největších sociálních sítích pro návrhy nových spojení využívány zejména textové informace, které ovšem vedou k návrhům, které nejsou dostatečně relevantní. Zařazením elementu rozpoznávání obličejů je možno velkou chybovost těchto algoritmů eliminovat. V první části bylo nutné nalézt vhodný nástroj rozpoznávání tváří ve formě externí služby. Zde jsem byl nucen řešit zejména problém nedostatečného počtu volně dostupných služeb. Jako nejvhodnější byla nakonec zvolena služba Betaface, u které navíc lze očekávat, že se budou její algoritmy s postupem času vylepšovat, což povede i ke zlepšení úspěšnosti nové aplikace. V další části byly vybrány sociální síť a zdroj obrazových dat, nad kterými byla aplikace testována. Opět byly na výběr mnohé varianty, ze kterých vzešly finální síť, které dle mého názoru byly nejperspektivnější. U vybraných sítí Facebook a Flickr bylo nutno vyřešit i autorizaci aplikace při přístupu k datům jejich uživatelů. Zatímco u sítě Flickr byla experimentální aplikace zaregistrována oficiálně a autorizace probíhala v automatickém režimu od počátku, u sítě Facebook byl nejprve zvolen přístup, kdy uživatel nové služby musel autorizaci vůči síti odsouhlasit manuálně, jelikož podmínky registrace aplikací třetích stran zde byly komplikovanější. V závěru implementační fáze se však problém registrace aplikace vyřešil, a tak mohla být i v případě sítě Facebook zvolena autorizace v automatickém režimu.

V testovací fázi práce bylo potvrzeno, že nově vyvinutý experimentální algoritmus je schopen navrhnout nová spojení uživatelů, která jsou relevantní. V konkrétních testech se dokonce neobjevil ani jeden chybný návrh nového spojení. Jako sekundární výsledek aplikace byla rovněž implementována funkce, která automaticky okomentovala fotografie, na kterých rozeznala stávající přátele ze sociální sítě. V tomto případě byla sice chybovost vyšší, ovšem byla přímo závislá na schopnostech konkrétních rozpoznávacích algoritmů služby Betaface. Dá se tedy očekávat další vylepšování výsledků i v této části algoritmu, pokud se bude služba Betaface rozvíjet.

V průběhu vývoje algoritmu byla zjištěna i celá řada cest, kterými by se výsledek této práce dal v budoucnu vylepšovat. Hlavní částí je zejména analýza textových informací, které jsou ke zkoumaným fotografiím přiloženy. V případě této práce byla premisa, že jména osob jsou u fotografie uvedena v takovém formátu, který umožňuje nalezení osob na sociálních sítích. V praktickém nasazení aplikace, která by implementovala postupy této práce, by bylo nutno ošetřit i ty případy, kdy je jméno osoby zkomolené nebo jsou například užity zdvojnásobení jmen nebo různé další úpravy. Toto je však otázka, vyžadující separátní výzkum v oblasti získávání a analyzování textových informací. Bylo by rovněž dobré v budoucnu zapracovat na případné implementaci vlastních algoritmů rozpoznávání obličejů, které by využívaly techniky samoučení, které se prokázaly jako silný nástroj, jenž by výsledky experimentálního algoritmu znatelně zlepšil.

Z tématu této diplomové práce vznikl rovněž i odborný článek *Recommending New Links in Social Networks using Face Recognition*, který obsahoval vysvětlení problematiky i s výsledky nového algoritmu. Finální verze článku, která byla odeslána na konferenci *SMAP 2013, 8th International Workshop on Semantic and Social Media Adaptation and Personalization*, je přiložena k této diplomové práci. Informace o tom, jestli byla oficiálně přijata, bude známa až po odevzdání diplomové práce, dne 24. srpna 2013.

10 Reference

- [1] Stonham, John, Thomas. Practical face recognition and verification with WISARD - součást Aspects of Face Processing. Nijhoff Publishers, 1986
- [2] Kohonen, Teuvo - Oja, Erkki - Lehtio, Pekka. Storage and processing of information in distributed associative memory systems - chapter from Parallel models of associative memory, Lawrence Erlbaum Associates, Publishers Hillsdale, 1981. p.105-143
- [3] Mavridis, Nikolaos - Kazmi, Wajahat - Toulis, Panos. Friends with Faces: How Social Networks Can Enhance Face Recognition and Vice Versa - Chapter from Computational Social Network Analysis. Springer-Verlag London Limited, 2010. p.453-482
- [4] Josefsson, Simon. The Base16, Base32, and Base64 Data Encodings - Request for Comments: 4648. Network Working Group, 2006.
- [5] Sim, Terence - Baker, Simon - Bsat, Maan. The CMU Pose, Illumination, and Expression (PIE) Database of Human Faces, Carnegie Mellon University [CMU-RI-TR-01-02], 2001. 18 pages
- [6] Federal Trade Commission. Best Practices for Common Uses of Facial Recognition Technologies [Staff Report]. Federal Trade Commission, 2012. 30 pages
- [7] Bledsoe, Wilson, Woodrow. The model method in facial recognition - Technical Report PR I15. Palo Alto: Panoramatic Research Inc, 1966
- [8] Bledsoe, Wilson, Woodrow. Man-Machine facial recognition - Technical Report PRI 22. Palo Alto: Panoramatic Research Inc
- [9] Turk, Matthew - Pentland, Alex. Eigenfaces for Recognition - Journal of Cognitive Neuroscience. Massachusetts Institute of Technology, 1991. p.71-86
- [10] Goldstein, A., Jay - Harmon, D., Leon - Lesk, B., Ann,. Identification of human faces - proc. IEEE vol.59, 1971. p.748-756
- [11] Fischler, A., Martin - Elschlager, A., Robert. The Representation and matching of pictorial structures - proc. IEEE vol.c-22, 1973. p.67-92
- [12] Yuille, L., Alan - Cohen, S., David - Hallinan, W., Peter. Feature extraction from faces using deformable templates - International Journal of Computer Vision, 1992. p.99-111
- [13] Fleming, K., Michael - Cottrell, W., Garrison. Categorization of faces using unsupervised feature extraction - IJCNN International Joint Conference, 1990. p.65-70
- [14] Stone, Zack - Zickler, Todd - Darrell, Trevor. Autotagging Facebook: Social Network Context Improves Photo Annotation - Computer Vision and Pattern Recognition Workshops. IEEE Computer Society Conference on , 2008. p.1-8

- [15] Mavridis,Nikolaos - Datta,Chandan - Emami,Shervin - Tanoto,Andry - BenAbdelkader,Chiraz - Rabie,Tamer. FaceBots: Social Robots Utilizing FaceBook - Human-Robot Interaction Human-Robot Interaction. ACM/IEEE 4th International Conference,2009. 195 pages
- [16] Carey,Susan - Diamond,Rhea. From piecemeal to configurational representation of faces. Science, New Series, Vol. 195,1977. p.312-314
- [17] Charles,Arthur. The Guardian - Google bans facial recognition on Google Glass[online]. [cit. 2013-06-27]. <http://www.guardian.co.uk/technology/2013/jun/03/google-glass-facial-recognition-ban>
- [18] O'Reilly,Tim. What is Web 2.0[online]. [cit. 2013-04-07]. <http://www.oreillynet.com/pub/a/oreilly/tim/news/2005/09/30/what-is-web-20.html>
- [19] Facebook. Facebook Reports First Quarter 2013 Results[online]. [cit. 2013-07-01]. <http://investor.fb.com/releasedetail.cfm?ReleaseID=761090>
- [20] Claburn,Thomas. Google Seeks Social Networking Face Recognition Patent[online]. [cit. 2013-03-10]. <http://www.informationweek.com/internet/google/google-seeks-social-networking-face-reco/229218484>
- [21] Smith,Craig. How Many People Use the Top Social Media, Apps and Services[online]. [cit. 2013-04-07]. <http://expandedramblings.com/index.php/resource-how-manypeople-use-the-top-social-media/>
- [22] Konoplev,Alex. Build Electronic Watchdogs with Highly Accurate Face Recognition - Press Release[online]. [cit. 2013-06-27]. <http://luxand.com/press/detail.php?ID=1983>
- [23] Facebook. Facebook Blog[online]. [cite 2013-03-10]. <http://blog.facebook.com/blog.php?post=467145887130>
- [24] Office of the Data Protection Commissioner. Complaint against Facebook Ireland Ltd.[online]. [cit. 2013-03-10]. http://europe-v-facebook.org/Complaint_09_Face_Recognition.pdf
- [25] Data Protection Commissioner. Facebook Ireland Audit Report[online]. [cit. 2013-03-10]. <http://www.dataprotection.ie/docs/Facebook-Ireland-Audit-Report-December-2011/1187.htm>
- [26] Facebook. Graph Search[online]. [cit. 2011-04-07]. <https://www.facebook.com/about/graphsearch>
- [27] J.,Golbeck. The Dynamics of Web-Based Social Networks: Membership,Relationships and Change - First Monday[online]. [cit. 2013-06-28]. <http://www.uic.edu/htbin/cgiwrap/bin/ojs/index.php/fm/article/view/2023/1889>

A Obsah CD přílohy a článek SMAP 2013

```
DiplomovaPrace-Stonawski
├── aplikace FaceCompare
│   ├── FaceCompare solution
│   └── video
├── diplomovaPrace-text
└── testovaci data
```

Recommending New Links in Social Networks using Face Recognition

Petr Šaloun, Jakub Stonawski, Ivan Zelinka
Faculty of Electrical Engineering and Computer Science
VSB-Technical University of Ostrava
Czech Republic

Email: petr.saloun@vsb.cz, stonawski.jakub@gmail.com, ivan.zelinka@vsb.cz

Abstract—The main task of our work is to help to a new user of a social network with finding new contacts. In the current situation mainly text data is used for these purposes. In our work we focus on information that is saved in images with the faces of potential users of a social network. Since there are hundreds of a photos from almost each user of a social network online, if we found the way how to analyze them effectively then we can suggest to the user new contacts. These new contacts will be more relevant than these which came from current methods for friends suggestions. The experimental algorithm for the new way of suggestions is described in this paper. The algorithm uses tools what are freely available by any user what one of our main targets was. The result of testing shows that our algorithm is successful during new contact suggestions.

Keywords—social network, new contacts, face recognition, Betaface, Facebook, Flickr

I. INTRODUCTION

One of the most difficult situations for a new user of the social network appears when he has not adequate number of contacts (friends) inside the network. The social network itself provides many ways how can a user find contacts but unfortunately most of these is not so effective and provides also many wrong suggestions. Our work is to help the user find new contacts without these wrong suggestions.

If we start examine this problem from the social network point of view we also discovered that right suggestions of the new contacts is important for network itself. Simplistically it can be said that the more users the social network have the more income from advertisements will come. If the user will have a connection to real friends or colleagues, the time what he spend on social network will increase which is exactly what a social networks wants.

Nowadays the text information is used for creation of a new connection between users in the most of the biggest social networks. The text information can be e-mail addresses or external storage of contacts that are used directly for creation of the new connection. The second way is to monitor the user and collect important data which are further used for the new contact suggestions. The data can contains favorite topics, hobbies as well as the place of residence. The data is further used for creation of groups where is a high probability that users know each other(see Figure 1).

All of the nowadays used techniques are not effective enough so the tendency of find better way is obvious. We focus

on getting information about relations from images. The main idea of whole concept is that there is a hundreds of pictures of the specific user of social networks in the internet. Many of these pictures contain also faces of another people. If we can find a way how to recognize people who appeared with the user in a photograph, we can also make a connection between them in the social network. Since this technique is still not common enough we have to deal with a number of problems, mostly related to reliability of recognize algorithms. There is also law problem during face recognition(e.g. Facebook's Tag Suggestions service [1] and complaints against it [2]), about which a separate papers discussed [14].

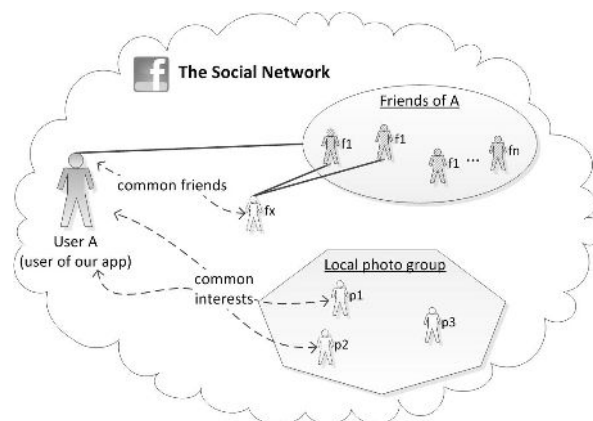


Fig. 1. Example of the current new links suggestions

II. STATE OF THE ART

Goal of our work is to help to a new user with new connections in the early stages on the social network. Nowadays there exists different solutions how to help user with this problem (see Section I) but we focus on usage of a face recognition element. There already exist solutions which implement the face recognition in a social network for example the work of Stone, Zickler and Darrell, that solve the problem of automatic tagging of the photos in the Facebook social network [15]. The service based on the principles that was described in the paper were deployed by Facebook what raises the law issue problem during face recognition [3].

The other example of the solution is research paper Friends with faces [16]. It is a part the project FaceBots: Social Robots utilizing Facebook [17]. The goal of whole project was to develop a robot with face recognition ability and dialog capabilities that is connected into the social database. With these features the robot is able to analyze information in the social network and use them in the real world. The face recognition can be done above real world photos captured by robot's cameras or above photos downloaded from Facebook. After the analysis the robot can decide who is friend of whom.

The algorithms of the Facebots can analyze three basic types of the photos. The photos which contain exactly one tag with name of the person captured on it. The photos without any tag contain names. And the photos with more than one tag contains name. Depending on category where the photo belongs, the algorithms can work with use of the social context information (if there is not tag with names) or without any social context.

In our approach we would like to replace the analysis of a social context by the analysis of common available photos from which we can extract needed information to new contact suggestions.

III. SOLUTION WITH FACE RECOGNITION

Since the social network has a huge amount of users a sophisticated algorithm for browsing the elements of large set of contacts has to be used. In the following chapter the efficient way for finding new contacts with use of face recognition will be described.

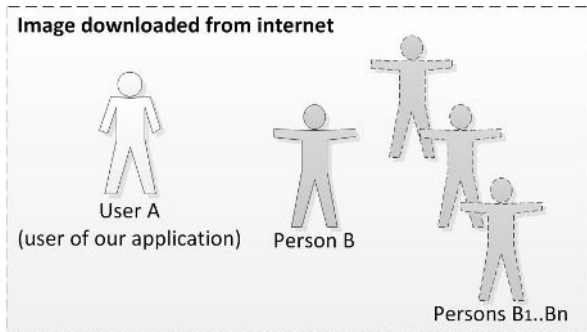


Fig. 2. Standard input scenario for finding new contacts with face comparison

Standard scenario during finding new contact and its solution

Firstly we established standard start scenario. Since our solution works on Facebook all situations will be described for this social network.

Initial assumptions:

- 1) a photograph downloaded from internet where faces of at least 2 persons are shown (see Figure 2)
- 2) face A belongs to user of our application
- 3) face B belongs to unknown person who is not in contact with user A on Facebook

User A is a user of our service which means that we have a permission for browse through the list of his contacts and his

profile picture. When the face of a user A is detected in the photo comparison with the profile picture of the user is done.

When face of person B (as well as B_i if there are another people in the photo) is detected our algorithm can go through the all contacts of the user A and comparison of their faces taken from their profile pictures can be done.

If face B does not match to any friend of a user A the search for B (B_i) in Facebook begins. We are not able to go sequentially through all members of the Facebook since it is huge set of more than a billion accounts. The limited set of members of the Facebook has to be created. The first option is to use publicly available information detectable from the image such is gender or ethnicity But this information is not reliable enough since current algorithms for this purposes is still not so successful.

Instead of this the restrictions of the input image has been determined. Our algorithm will consider only with input images that has additional information about people who are present¹. The information must be name of the person B (or also other B_i if there are any) and it is connected with image by its tag(initial assumptions have changed). With the name of the person a restriction of the set of all Facebook's users can be applied (see Figure 3).

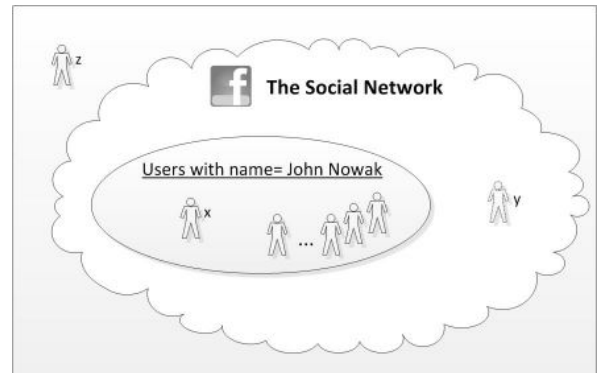


Fig. 3. Definition of the set of all Facebook's users and subset of a limited users

When above restrictions are deployed we are able to determinate if person B is a user of the Facebook and if the new contact suggestion will be made. Basically there are two options where person B can be present. If person B is found in Facebook than $person B = x$. If person B is not found than $person B = z$. Situation when $person B = y$ can occur when above mentioned restrictions are done with an error (for example misidentification of the person's B name).

IV. FACE RECOGNITION TECHNIQUES

Nowadays a specific *primary objects in face* is used for face recognition in most of the current algorithms [4]. When these objects are found in a face the algorithms usually comparing positions and size of the objects and then these data are used

¹Respectively its part what dealing with new contact suggestions because our solution contains also function for creation of the new tags with names.

Step	Betaface Service	WaldBoost service
1	xml+190= 250 kB	190 kB
2	300 B	18 kB
3	(300 * n) B	N.A.
4	(15 * n) kB	N.A.

TABLE I
SIZE OF TRANSFERRED DATA IN DIFFERENT PHASES

at least 1 face was detected the image was trimmed to include only face(s). The trimmed photo is then processed by Betaface.

In Table II results of the experiment are shown. Saving of amount of data transferred was proved in case that two services are used and the analyzing photo does not contain face. This saving of amount of transferred data is however not sufficient. Additionally in case that the image contains a face, what is more usual case, the amount of the data is bigger than the potential savings from previous case. Considering the result of the experiment as well as the facts mentioned earlier, the usage of two services was not recommended.

Image contains	one service	two services
face(s)	486.2 kB	630.5 kB
no face(s)	486.2 kB	397.7 kB

TABLE II
SIZE OF TRANSFERRED AND PROCESSED DATA IN CASE OF 1 OR 2 SERVICES

V. ACQUISITION OF DATA FOR FINDING NEW RELATIONS

As it was mentioned in Section III, the image with an user and his friends is required for finding new contacts. The freeware online photo gallery Flickr³ was chosen as a source for these purposes. API library for communication via .NET framework called Flickr.net⁴ was used. In the following text the algorithms for finding new relations in a social network are described.

A. Information processing about existing friends

In the first phase set of information about all friends from the social network has to be created.

The user of our application has to be authenticated again the social network firstly. It caused that data about all⁵ user's friends are available to our application. Then the image of every friend of the user has to be add to downloaded information separately since basic information are available only in text form. After filtration of an inappropriate friends (these who have a profile photo without recognized face) the Database of friends can be created.

³<http://www.flickr.com>

⁴<http://flickrnet.codeplex.com/>

⁵Actually not every friend has to be included in the list (depends on the privacy settings of a particular friend).

B. Discovering of new connections

After the Database of friends is created, finding of new contacts can started (see Figure 7). After authentication which is necessary for future modification of an image's tag, the preliminary filter must be applied. For this filtering the Betaface application is used. After all data is finally prepared the main phase of the algorithm may begin.

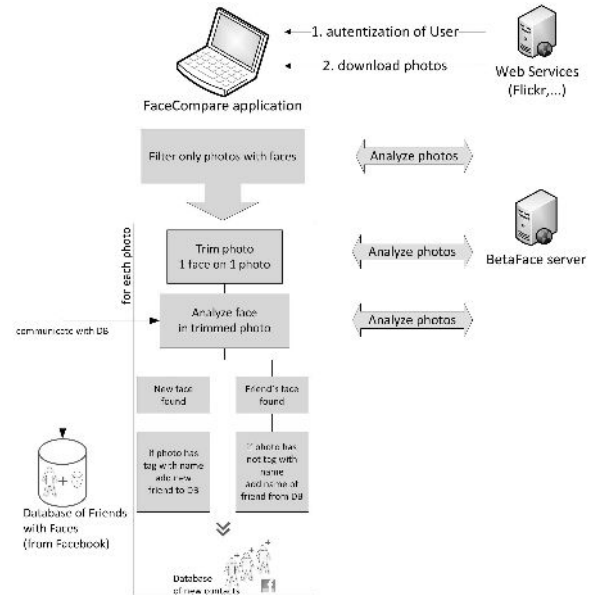


Fig. 7. The algorithm for new contacts suggestions

Basically two situations can occur during the main phase. The first one is that in the analyzing face one of user's friends was detected. The algorithm then checks if the tag of the image contains information about the name of a friend. If there is no name in the tag the algorithm adds this information to photo.

The second scenario occurred when no friends of a user is detected in photo. Then the determinative fact is if photo contains any names of the persons. If there is no names at all in photo's tag the algorithm cannot suggests any new contact. If there is at least one name of a person (which does not belong to user of our application) the algorithm adds record to the Database of new contacts⁶. The record consists of the name(or names) and the face of the person.

Situation when picture's tag contains more than one name:

- the algorithm cannot immediately verifies which name belongs to the detected face;
- all names from the tag have to be saved in the Database of new contacts with the detected face;
- in the final phase, the algorithm try to find all persons (by all names from record) and the right person (whom detected face actually belongs) is found (if there is any).

⁶The Database of new contacts is a separate database and it is different from the Database of friends

C. Final phase - new contacts suggestions

In the final phase the task of the algorithm is to go through all records in the Database of new contacts and try to find specific persons in the social network (by his name and face). If the person is found the specific id of his account in the social network is added to the current record in the database. When all records are processed the Database of new contacts is modified (all records without specific id of the account are deleted) and new contacts are provided to the user of our application.

VI. EXPERIMENT

The experimental application has been tested in 2 phases. In the first one the objects of the test were recognize algorithms in Betaface service itself. The ability to detect and identify faces during different conditions was subject of the first test. The second phase of testing was focused on our experimental algorithm for finding of new contacts. In the second phase only our own Facebook account was used for all testing purposes due to possible law conflict. Probationary Facebook account has 77 friends but only 75 accounts of friends were accessible for further testing (because of the privacy settings of each account see Section V). After the initial filtration, where friends without recognized face in profile picture were deleted, 51 accounts remained for detection phase.

A. Test of Betaface's recognition algorithms

The test set of the pictures was provided by Ralph Gross from Carnegie Mellon University⁷. This set of the picture was taken during two months when 63 people were photographed in more than 4000 images [13]. In our experiment three random persons (two men and one woman) were chosen for analysis. The testing situation is described below:

Detail information about test data:

- 1 Reference picture of a person. The subject (his face) is captured in normal light condition and in normal angle
- 2-4 Face is located in normal angle. Light conditions are different in each particular situation.
- 5-8 Face is located in sharper angles (horizontal and vertical). Uncommon light conditions.
- 9-11 The biggest angles during photography. Normal light conditions.
- 12-14 Different light conditions. Face is located in normal angle.
- 15-18 Normal light conditions. Open and close eyes. The person is captured with and without smile. Person A and B are captured with and without glasses.

The results of this test are shown in Table III. The problems occurred mainly during analysis of the pictures from situations 5 to 11. It is caused by the big angles between face and camera. Especially in situations 9 to 11 where the face is captured almost from the side and the algorithm cannot find

critical points in the face (see Figure 4). On the other hand susceptibility of the algorithms to the different light condition has not been proven.

Situation	Person A	Person B	Person C
s1	N.A.	N.A.	N.A.
s2	detected	detected	
s3	detected	detected	detected
s4	detected	detected	detected
s5			detected
s6-s11			
s12	detected	detected	detected
s13	detected	detected	detected
s14	detected	detected	detected
s15	detected	detected	detected
s16	detected	detected	N.A.
s17	detected	detected	detected
s18	detected	detected	detected

TABLE III
RESULTS OF THE FIRST PHASE OF THE TESTING

The results for person A and B is same only difference is person C. First fact is that person C has not picture from situation 16 because she has not wear glasses. The results of the C are different in the situations 2 and 5. The face of a C is captured in low part of the image and the face is less susceptible to bigger angles between face and camera. The result shows that average success rate of Betaface service during face recognition is 58 percent.

B. Test of our experimental algorithm

The source of pictures with possible new contacts (as it is described in Section V) was our Flickr profile. For the test purpose set of 20 images with different people was chosen. Every photo was captured with the user of our application. The set of all photos can be divided to two groups, each group contains 10 photos. The first contains photos with names of the persons captured in it. The second one contains only photos without any names. Each subset can be divided as follows:

- 5 pictures with current friends in Facebook
- 5 pictures with unknown people

All tags that were attached to the specific pictures contain names of the persons in the format that enables to algorithm find the person in social network. If the picture contains the tag, it has a number in column *new face* equal to the number of names in its tag. If in the *new face* column is number with a star it means that the new face cannot be recognized (there is no tag with name in the picture). With this dataset the test was performed and the results are shown in Table IV

In set of 20 pictures there were 10 people that can be found in ideal case. All these 10 faces were detected in the pictures. 4 of the 10 faces were also successfully detected in the Facebook and 4 new suggestions of contacts were provided to the user. Satisfactory is also fact that zero incorrect new suggestions were provided. Function for create tags with names was detected as not so reliable since in 7 of 20 pictures at least one error in tag appeared.

⁷http://www.ri.cmu.edu/research_project_detail.html?project_id=418&menu_id=261

Picture	Number of New face	Number of Friends	Number of Detected faces	New connection detected		Tags added	
				correct	incorrect	correct	incorrect
1	0	2	2	0	0	1	0
2	0	3	3	0	0	0	2
3	0	2	3	0	0	0	0
4	1	0	1	0	0	0	1
5	2	1	4	1	0	1	1
6	1*	0	1	0	0	0	0
7	1*	0	1	0	0	0	0
8	0	1	3	0	0	1	0
9	3*	0	2	0	0	0	0
10	1*	0	1	0	0	0	0
11	0	1	2	0	0	0	0
12	0	4	0	0	0	0	0
13	0	6	6	0	0	1	2
14	2	0	2	2	0	2	0
15	2*	7	9	0	0	1	3
16	0	2	2	0	0	0	1
17	(4+1*)	0	6	0	0	0	2
18	1*	0	1	0	0	0	0
19	1	0	1	1	0	1	0
20	0	2	2	0	0	0	0

TABLE IV
RESULTS OF THE SECOND PHASE OF THE TESTING

VII. CONCLUSION AND FUTURE WORK

The main goal of our work was to create new experimental algorithm that can be used for new contact suggestions inside the specific social network (in our case Facebook). We have to suggest better way how the new links can be established since nowadays there are a lot of different options for this purposes but all of them with big amount of an error suggestions. The face recognition was chosen as an effective method for better results during finding new contacts inside the social network.

As a source of the input images from which the algorithm can received sufficient amount of data Flickr service was used. The critical for successful determination of the new contact is appropriate set of input images and correct names of the persons in tags.

As our results shows the experimental algorithm was successful in phase of new contact suggestions where from 10 new people who appeared in the test set of 20 images recognized and suggest 4 new links in the social network. Other faces of 6 remaining persons were successfully detected in the picture but cannot be find in the social network. Respectively they were found by their names, but cannot be verified by their profile pictures in the social network. Very good result was fact that algorithm did not suggest any wrong new contacts what was the main goal of the experimental solution.

Less effective was the algorithm in the second phase where new tags for images should be created. There was noticeable error rate where in 35% of analyzing images at least one mistake appeared during person recognition. It shows that face recognition algorithms is still not efficient enough.

For the future improvement of the algorithm mainly analyze of the names in the image's tags should be improved. In the testing set of images all names in tags were listed only in the correct form (name and surname of a person). If the algorithm will be transferred to the practical usage also other version

of the service for face recognize should be used. Free variant of the Betaface service is not designed for extensive usage of many users. It is also appropriate to consider implementation of the better face recognition service what can lead to better results especially in creation of the tags phase.

Acknowledgement

The following grants are acknowledged for the financial support provided for this research: Grant Agency of the Czech Republic - GACR P103/13/08195S, by the Development of human resources in research and development of latest soft computing methods and their application in practice project, reg. no. CZ.1.07/2.3.00/20.0072 funded by Operational Programme Education for Competitiveness, co-financed by ESF and state budget of the Czech Republic, and by Grant of SGS No. SP2013/114, VŠB - Technical University of Ostrava, Czech Republic.

REFERENCES

- [1] Facebook. Facebook Blog[online]. [cite 2013-03-10]. <http://blog.facebook.com/blog.php?post=467145887130>
- [2] Office of the Data Protection Commissioner. Complaint against Facebook Ireland Ltd.[online]. [cite 2013-03-10]. http://europe-v-facebook.org/Complaint_09_Face_Recognition.pdf
- [3] Data Protection Commissioner. Facebook Ireland Audit Report[online]. [cite 2013-03-10]. <http://www.dataprotection.ie/docs/Facebook-Ireland-Audit-Report-December-2011/1187.htm>
- [4] Turk,Matthew - Pentland,Alex. Eigenfaces for Recognition - Journal of Cognitive Neuroscience. Massachusetts Institute of Technology,1991. p.71-86
- [5] Bledsoe,Wilson,Woodrow. The model method in facial recognition. Palo Alto:Panoramic Research Inc,1966
- [6] Bledsoe,Wilson,Woodrow. Man-Machine facial recognition. Palo Alto:Panoramic Research Inc
- [7] Goldstein,A.,Jay - Harmon,D.,Leon - Lesk,B.,Ann., Identification of human faces - proc. IEEE vol.59,1971. p.748-756
- [8] Fischler,A.,Martin - Elschlager,A.,Robert. The Representation and matching of pictorial structures - proc. IEEE vol.c-22,1973. p.67-92
- [9] Yuille,L.,Alan - Cohen,S.,David - Hallinan,W.,Peter. Feature extraction from faces using deformable templates - International Journal of Computer Vision,1992. p.99-111
- [10] Kohonen,Teuvo - Oja,Erkki - Lehtio,Pekka. Storage and processing of information in distributed associative memory systems - chapter from Parallel models of associative memory, Lawrence Erlbaum Associates, Publishers Hillsdale,1981. p.105-143
- [11] Fleming,K.,Michael - Cottrell,W.,Garrison. Categorization of faces using unsupervised feature extraction - IJCNN International Joint Conference,1990. p.65-70
- [12] Facebook. Graph Search[online]. [cite 2011-04-07]. <https://www.facebook.com/about/graphsearch>
- [13] Sim, Terence - Baker, Simon - Bsat, Maan. The CMU Pose, Illumination, and Expression (PIE) Database of Human Faces, Carnegie Mellon University [CMU-RI-TR-01-02],2001. 18 pages
- [14] Federal Trade Commission. Best Practices for Common Uses of Facial Recognition Technologies[Staff Report]. Federal Trade Commission,2012. 30 pages
- [15] Stone,Zack - Zickler,Todd - Darrell,Trevor. Autotagging Facebook: Social Network Context Improves Photo Annotation - Computer Vision and Pattern Recognition Workshops. IEEE Computer Society Conference on ,2008. p.1-8
- [16] Mavridis,Nikolaos - Kazmi,Wajahat - Toulis,Panos. Friends with Faces: How Social Networks Can Enhance Face Recognition and Vice Versa - Chapter from Computational Social Network Analysis. Springer-Verlag London Limited,2010. p.453-482
- [17] Mavridis,Nikolaos - Datta,Chandan - Emami,Shervin - Tanoto,Andry - BenAbdelkader,Chiraz - Rabie,Tamer. FaceBots: Social Robots Utilizing FaceBook - Human-Robot Interaction Human-Robot Interaction. ACM/IEEE 4th International Conference,2009. 195 pages