VTApi v. 2.0

Technická zpráva - FIT - VG20102015006 - 2013 - 01

Petr Chmelař, Vojtěch Fröml, Tomáš Volf
Martin Pešek, Jozef Mlích, Jaroslav Zendulka

Fakulta informačních technologií, Vysoké učení technické v Brně

20. prosince 2013

Abstrakt

VTApi, zkráceně Video Teror API (Application Programming Interface), je open source aplikační programové rozhraní, vytvořené tak, aby splňovalo potřeby specifických distribuovaných algoritmů počítačového vidění, systémů analytických a pro správu metadat. Dále pro sjednocení a urychlení jejich rozvoje pomocí doplňující metodiky. Je zaměřeno na zpracování a efektivního správu obrazových, video dat a související metadata pro jejich vyhledávání, analýzu a dolování se zvláštním důrazem na jejich časoprostorovou povahu v reálných podmínkách. VTApi je volně rozšiřitelný rámec, založený na progresivním a škálovatelné open source software jako OpenCV pro vysoce výkonné počítačové vidění a dolování dat, PostgreSQL pro efektivní správu dat, indexování a vyhledávání rozšířené o podobnostní vyhledávání, integrované se správou geografických a časoprostorových dat.

Abstract

VTApi is an open source API (Application Programming Interface) designed to fulfill the needs of specific distributed computer vision data and metadata management and analytic systems and to unify and accelerate their development using the supplementary methodology. It is oriented towards processing and efficient management of image and video data and related metadata for their retrieval, analysis and mining with the special emphasis on their spatio-temporal nature in real-world conditions. VTApi is a free extensible framework based on progressive and scalable open source software as OpenCV for high- performance computer vision and data mining, PostgreSQL for efficient data management, indexing and retrieval extended by similarity search and integrated with geography and spatio-temporal data manipulation.

Obsah

1 Úvod

Hlavním cílem projektu VideoTeror je definovat, zkoumat a vytvořit funkční vzorek systému pro zpracování záznamů obrazového a video charakteru za účelem boje proti terorismu.

Tento systém bude sestávat z "datového skladu", do kterého se budou umisťovat záznamy obrazů a videosekvencí, a databáze, v níž budou uloženy výsledky analýzy dat na různých úrovních. Dotazy na výsledky analýzy tak budou prováděny ve formě databázových dotazů. Algoritmy analýzy budou získávat údaje z původních dat v kombinaci s dotazováním výsledků v databázi. Výsledky budou ukládány zpět do databáze. Tímto postupem se vytvoří analytické prostředí, které umožní kombinaci řady přístupů a stane se flexibilním prostředím pro pokročilou analýzu dat. Funkce, které by mohly být v systému implementovány, jsou například:

- Skladování anotovaných videozáznamů, například typu "anotovaná videosekvence" s identifikací typů scény a výskytem objektů ve scéně. Samotné pořizování takových dat není předmětem projektu a spíše se předpokládá získání dat od zadavatele.
- Extrakce příznaků z obrazů a videosekvencí, například založených na detekci klíčových bodů a obdobných (SIFT, SURF, MSER apod,), integrálních a lokálních vlastností obrazů (histogramy jasů, barev, gradientů) a lokálních příznaků (LBP, LRF, Haarovy apod.)
- Strojové učení například pro parametrizované trénování metodou SVM pro analytické úlohy včetně implementace některých vybraných analytických úloh, jako jsou například detekce typu scény na základě anotovaných příkladů, sumarizace videosekvencí, detekce objektů (obličeje osob, dopravní značky apod.)
- Aplikace dalších metod získávání znalostí z dat, například pro detekci nežádoucích událostí, perzistentní sledování podezřelých osob v prostoru pokrytém několika kamerami apod. Vybrané biometrické metody pro identifikaci osob a objektů (například pro zkoumání vztahů mezi mírami objektů, metriky dynamiky pohybu, případně identifikaci osob).

Na základě tohoto cíle bylo vytvořeno aplikační rozhraní VTApi, což je soubor tříd (knihovna) pro zpracování záznamů videa a obrazové informace – kategorizace, vyhledávání a porovnávání, cílem je sjednotit a urychlit vývoj aplikací v oblasti počítačového vidění (v rámci projektu

VideoTeror na FIT VUT v Brně). Je implementováno v programovacím jazyce C++ (volitelně dostupná také v jazyce Python). Využívá nástroje pro zpracování obrazové informace (OpenCV, http://opencv.willowgarage.com/wiki/) a post-relační databázi PostgreSQL (http://www.postgresql.org/) nebo volitelně vestavěnou (souborovou) databázi SQLite (http://www.sqlite.org/) pro uchování metadat k obrazovým datům, jejichž zdroj nebo úložiště pomocí VTApi nedefinujeme, nicméně v případě jejich uložení v adresářové struktuře nabízíme možnost jejich organizace a znovupoužití.

VTApi je doplněno o metodiku použití, která zahrnuje registraci a správu metod vytvářejících metadata a to k jednotlivému použití či v budoucnu pro řetězení v komplexním analytickém procesu. VTApi je tedy primárně určeno pro zjednodušení a podporu vývoje komplexních analýz, vyhledávání či dolování z video a obrazových dat. Umožňuje programátorům aplikací analyzujících video a obrazová data soustředit se pouze na vývoj samotných analytických metod.

Tato technická zpráva navazuje na zprávy projektu z let 2011 a 2012, kde byly prezentovány verze VTApi 1.0 a 1.5. Předkládaná zpráva obsahuje aktualizovaný a rozšířený popis jak funkčnosti dostupné již v první verzi, tak zejména nové rysy rozhraní ve verzi 2.0. Lze ji proto považovat za základní dokumentaci k VTApi. Tato zpráva společně s programovou dokumentací je umístěna na stránkách projektu http://vidte.fit.vutbr.cz/vtapi.html. Zdrojové kódy VTApi jsou dostupné na https://gitorious.org/vtapi/.

2 Základní pojmy

V rámci projektu VideoTeror, jsme se shodli na následujících základních konceptech souvisejících se správou video a obrazových dat a metadat k nim se vztahujícím[1]:

- **Datová sada** (Dataset) je množina (multimediálních) dat spolu s metadaty (popisem dat). Datové sady jsou logicky vzájemně disjunktní, ale některá může být založena na několika dalších.
- **Sekvence** (Sequence) je množina snímků (videa) nebo obrázků, je základní jednotkou datové sady. V sekvenci je předpoklad časové uspořádanosti snímků.
- **Interval** je podmnožina sekvence (množina snímků) zvolená tak, aby bylo možné jim přiřadit shodné informace (metadata). Příkladem je sledovaný objekt ve videu nebo jeho scéna. Metadata mohou být obecně libovolná, ale jsou vždy vytvářena procesem, který je *instancí* nějaké *metody*.
- **Metoda** (Method) je základní programová jednotka VTApi a zároveň definuje strukturu metadat. Metody jsou uloženy v databázi pro možnost znovupoužití a modifikace jejich zdrojových kódů společně s jejich výchozími parametry, které se mohou týkat jak nastavení vlastní metody (funkčnost obdobná třídě Algorithm v OpenCV), tak definovat strukturu a uložení metadat a to včetně parametrů samotných pro zjednodušení opětovného použití metody.
- **Proces** (Process) jako konkrétní instance nějaké metody vyváří metadata se strukturu definovanou metodou, která jsou extrahována ze zdrojových video či obrazových dat nebo vytvořena „ručně“. Proces tedy reprezentuje základní jednotku funkčnosti vytvářeného systému dle metodiky VTApi, spouštěné společně s jejich parametry a to jak vlastními, tak i předdefinovanými.

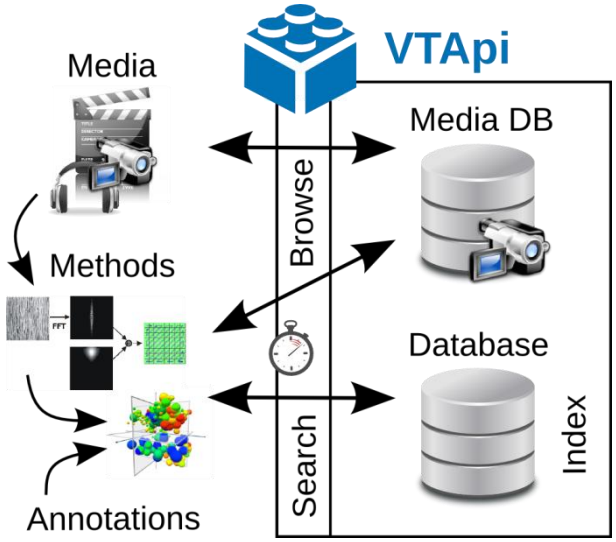
Následují doplňující pojmy:

- **Obrázek** (Image) a **rámec** videa (Frame), případně jejich kolekce (Images a Video), v jejich běžné interpretaci, reprezentují instance intervalů, respektive sekvencí.
- **Tag** je indexační termín. Tyto jsou (v hierarchii) přiřazené multimediálním datům pro jejich popis (anotaci).

[1] Uvedeným konceptům odpovídají v rozhraní VTApi softwarové třídy označené anglickými názvy. Ty jsou, liší-li se od názvů v češtině, uvedeny v závorce.

- **Selekce** (Selection) je podmnožina logicky souvisejících metadat vhodně zvolená tak, aby operace (dotazy) nad nimi byly efektivní a umožňovaly přirozené řetězení procesů (vstupem jednoho je výstup druhého nebo obrazová data). Speciální příklady selekce jsou intervaly nebo tagy.
- **Klíč-hodnota** (Key-Value) je základní mechanismus organizace metadat ve VTApi.. Je to obecná datová struktura umožňující uchování dat ve dvojici <klíč, hodnota> tak, aby při změně definice dat nebylo nutné měnit kód VTAPI.

Základní koncepce vyvíjeného systému a role VTApi v něm je znázorněna na obrázku *Obrázek 2.1*.



Obrázek 2.1 Základní koncepce vyvíjeného systému

3 Příklady použití

Pro účely zpřesnění požadavků na použití navrhovaného systému byly definovány čtyři modelové situace (případové studie).

Situace 1: Sledování objektů více kamerami

V objektu je několik kamer, každá snímá z jiného místa/úhlu. Probíhá záznam videa z kamer. Obecné dotazy na databázi poté jsou:

- Zobraz video sekvence v určitých časových rozpětích z určitých kamer (7:00 - 11:30; 12:00 – 18:00).
- Zobraz zrychlené/zpomalené (násobek) záznamy v daných časových okamžicích z výběru kamer (z datasetu) (7:00 – 11:30; 12:00 – 18:00).
- Možnosti synchronizace videa v rámci datasetu (shift videa do minulosti/budoucnosti), příkladem můžou být stereokamery, rozladěné hodiny na kamerách apod.

Dotazy/situace týkající se trackingu:

- Časově závislé (umístění, velikost) ROI trackovaného objektu; anotace uložená v DB z jednoho videa; Dotaz: ukaž mi ROI sledovaného objektu v ostatních videích v datasetu (dotaz tvořící nové anotace pomocí algoritmu).
- Situace: kamera + termokamera na jednom místě.
- Situace s termokamerou. Dotaz: zobraz úseky videí (abstrakt frames) z datasetu, kde pohybující se objekty měly vyšší teplotu než 30°C (detekce obličejů).
- Může pomoci synchronizaci kamer/trackovaných objektů, výpočtu vzdálenosti objektu (obecně algoritmům).
- Určení vzdálenosti sledovaného objektu – stereokamery.

Situace 2: Klasifikace segmentů videa

Video záznamy uložené v databázi jsou rozděleny na segmenty, které lze reprezentovat jedním nebo více klíčovými snímky (inspirováno úlohou TRECVid SIN). Druhou alternativou je, že se pracuje pouze s klíčovými snímky, tedy obrázky, ale může se jednat o libovolné obrázky v databázi (např. projekt ITS - Image Tag Suggestion). Cílem je extrahovat informace z obrázků tak, aby je bylo možné klasifikovat do předem definovaných kategorií (v terminologii VTApi: *přidělit jim tagy*):

- Možnost ukládat obrázky/klíčové snímky do databáze (úložiště)

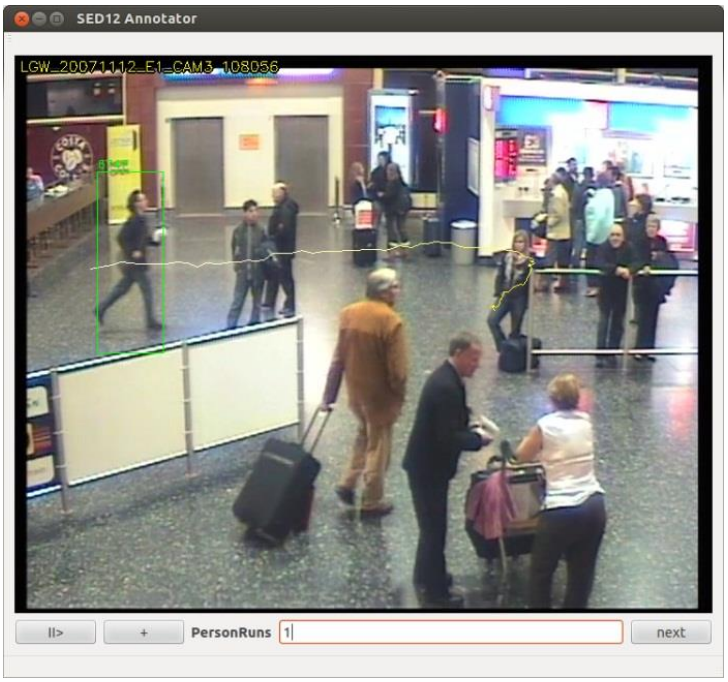
- Možnost načtení obrázků z úložiště a jejich vyhledávání podle tagů přiřazených (anotace) nebo automaticky zjištěných (klasifikace). Uchovávat a dotazovat tyto tagy.
- Podobnostní dotaz na obrázky
- Možnost přidat proces (2 typy metod – anotace a klasifikace).
- Přidat sekvenci (soubor obrázků).
- Přidat intervaly (obrázky).
- Možnost vložit výsledky procesu.
- Update výsledků procesu, na dotaz: ke kterým obrázkům není spočítaný proces.

Situace 3: Klasifikace objektů v dohledovém videu

Video záznamy dohledového videa jsou zpracovány a metadata uložena v databázi, systém by měl nabízet funkčnost obdobnou Situaci 1. Navíc by měl poskytovat podporu pro anotování, fázi učení, testování a aplikaci vytvořených klasifikačních modelů. Obrázek *Obrázek 3.1* ukazuje možné je jednoduché uživatelské rozhraní s funkčností aktivního učení.

Cíle této situace jsou shodné s cíli evaluace TRECVid Interactive SED (surveillance event detection). Jejich úlohou je podpořit interaktivní technologii pro detekci vizuálních událostí ve velké kolekci videa. Tyto události zahrnují například:

- PersonRuns – člověk běží.
- CellToEar – telefonování nebo používání telefonu.
- ObjectPut – odložení nebo předání objektu (ale ne dítěte).
- PeopleMeet – setkání několika osob.
- PeopleSplitUp – rozdělení osob.
- Embrace – objetí.
- Pointing – ukazování.
- ElevatorNoEntry – výtah byl přivolán, ale nebyl použit.
- OpposingFlow – postup proti pohybu osob.
- TakePicture – fotografování.



Obrázek 3.1 Ilustrace interaktivního uživatelského rozhraní anotátoru událostí.

Situace 4: Sledování objektů v dohledovém videu a analýza jejich trajektorií

V prostředí dohledového videa je důležité sledovat pohybující se objekty a extrahovat jejich vizuální a časoprostorové rysy. Taková metadata by pak pro účely dotazování a analýzy měla být vyčištěna, uložena a indexována.

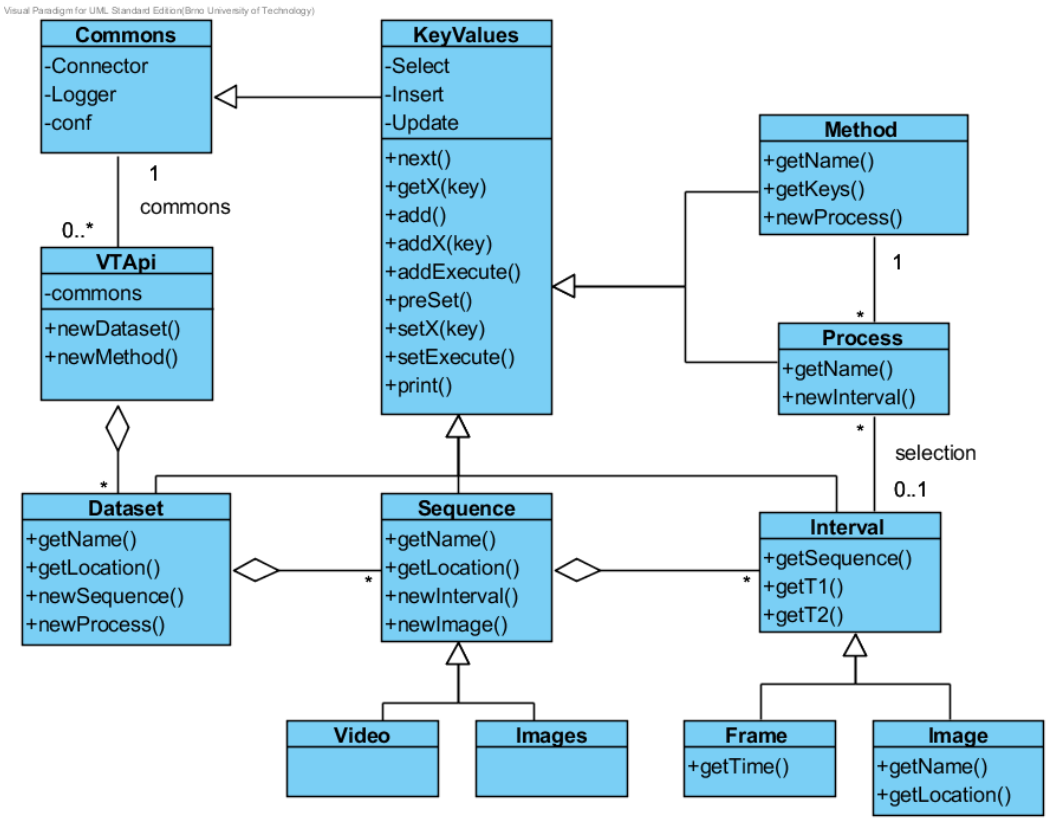
Sledování objektů je složitá úloha, zejména pokud je prováděno v zaplněných scénách. Pro sledování objektů mohou být využity různé nástroje či metody. Výstup takové metody může zahrnovat trajektorie v podobě sekvencí časoprostorových pozic, tvary objektů a případně další rysy pohybujících se objektů. Všechny tyto rysy mohou být dále agregovány, sumarizovány, analyzovány a obohaceny o případné další rysy jako jsou anotace, tagy nebo příslušnost ke třídám.

Pro analýzu dat o pohybujících se objektech mohou být použity různé metody dolování z dat a strojového učení. Taková analýza může zahrnovat shlukování trajektorií, klasifikaci, rozpoznávání objektů, detekci odlehlých trajektorií a další.

4 Popis řešení

4.1 Diagram tříd

Obrázek 4.1 představuje zjednodušený (jen některé třídy a některé vlastnosti) diagram tříd VTApi s třídami podstatnými z hlediska uživatele. Tyto třídy odpovídají konceptům uvedeným v kapitole *2 Základní pojmy*.



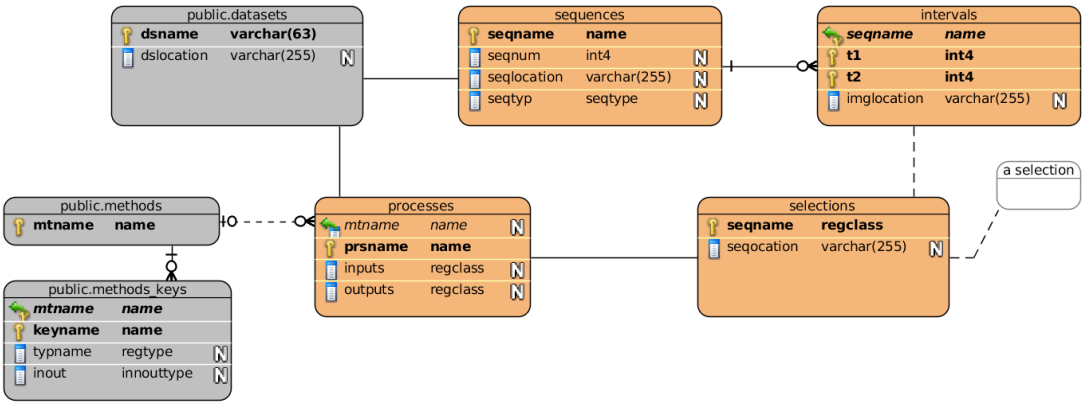
Obrázek 4.1 Zjednodušený diagram tříd VTApi

Všechny tyto třídy dědí převážnou většinu své funkčnosti z obecné třídy **KeyValues** (klíč-hodnota sloupce v tabulce), která v sobě obsahuje funkce pro manipulaci s databázovými objekty prostřednictvím vnořených tříd **Select**, **Insert** a **Update**. Specifikaci a funkčnosti těchto tříd se věnují kapitoly *4.3 Přístup k obrazovým datům* a *4.4 Správa a dotazování dat*.

Třída **VTApi** slouží jako vstupní třída API. Její hlavní funkcí je umožnění konfigurace připojení k databázi a dalších vstupních parametrů prostřednictvím vnořené třídy **commons**. Konfiguraci se věnuje kapitola *4.4 Správa a dotazování dat*.

4.2 Databázový model

Jak bylo vidět na obrázku *Obrázek 2.1*, jsou metadata ukládána v databázi. Odpovídající zjednodušený logický datový model je uveden na obrázku *Obrázek 4.2*. Šedé objekty mají globální charakter, oranžové jsou specifické pro každou datovou sadu (nachází se v odpovídajícím databázovém schématu – viz dále).



Obrázek 4.2 Zjednodušený logický datový model

Porovnáním s diagramem tříd z obrázku *Obrázek 4.1* lze jednoduše odvodit, že:

- třídy **Dataset**, **Sequence**, **Interval**, **Method** a **Process** přímo odpovídají entitním množinám datového modelu, resp. tabulkám databáze. Zapouzdřují přístup k perzistentním objektům uloženým v nich a prováděním databázových dotazů umožňují jejich dotazování, vkládání, mazání a aktualizaci.
- třídy **Video** (video) a **Images** (sada obrázků), resp. **Frame** (snímek videa) a **Image** (obrázek) jako specializace tříd **Sequence ,** resp. **Interval** jsou mapovány na entity množin **sequences**, resp. **intervals** datového modelu.

Entitní množiny datového modelu lze rozdělit do následujících kategorií:

- **Reprezentace obrazových dat**
  - **public.datasets**: obsahuje informace o různých datových sadách. Tyto sady jsou typicky určeny pro různé projekty. Každá sada má své databázové objekty umístěny ve vlastním databázovém schématu, schéma *public* je základní.

    - **sequences**: informace o videích či složkách obrázků
    - **intervals**: informace o jednotlivých obrázcích či částech videa
- **Reprezentace algoritmů**
    - **public.methods**: registrované metody. Jsou společné pro všechny datové sady. Strukturu vstupních a výstupních dat metody určuje kolekce objektů **public.methods_keys**.
    - **processes**: procesy spuštěné nad jednou datovou sadou.
- **Optimalizace**
    - **selections**: výběry dat (selekce) vztahujících se k dané datové sadě. Jedná se o podmnožinu všech obrazových dat (intervalů). Jednu takovouto selekci představuje objekt *a selection*.

V následujících podkapitolách budou popsány mechanismy užití a implementace uvedených tříd ve VTApi.

4.3 Přístup k obrazovým datům

Aplikace na vyhledávání či získávání znalostí z obrazových dat typicky požaduje v souladu s koncepcí z obrázku *Obrázek 2.1* úložiště pro dva typy dat:

- *Vstupní multimediální data*: zpracovávané **obrázky** (či jejich sady) a **videa.**
    - Ukládány uživatelem do **diskových souborů**, logicky uspořádaným do adresářů
- *Vstupní / výstupní popisná data*: související metadata např. ve formě **anotací** či **klasifikací**.
    - Ukládána v **databázi**

VTApi zapouzdřuje přístup a manipulaci s oběma uvedenými typy dat. Poskytuje metody pro reprezentaci uložených obrazových dat (místo uložení, logická hierarchie, popis multimediálního typu a další specifické informace). Tato funkčnost je reprezentována třídami **Dataset**, **Sequence** a **Interval**, které dědí společnou funkčnost ze třídy **KeyValues**.

Následující sekce podrobněji popisují, jaký je vztah těchto tříd k organizaci zdrojových dat v souborovém systému, jak jsou objekty

těchto tříd reprezentovány v databázi a jaké operace definují samotné softwarové třídy. Pro ilustraci jsou zde použity jednoduché příklady přístupu v C++. Použití VTApi pro implementaci některých případových studií z kapitoly *3 Příklady použití* jsou popsána v kapitole *5 Implementace případových situací.*

4.3.1 Třída Dataset

Množina dat související s jednou datovou sadou[2] a současně jedním projektem. Jak už bylo uvedeno, jsou datové sady obvykle navzájem disjunktní, nicméně jeden může být modelován na základě předchozího.

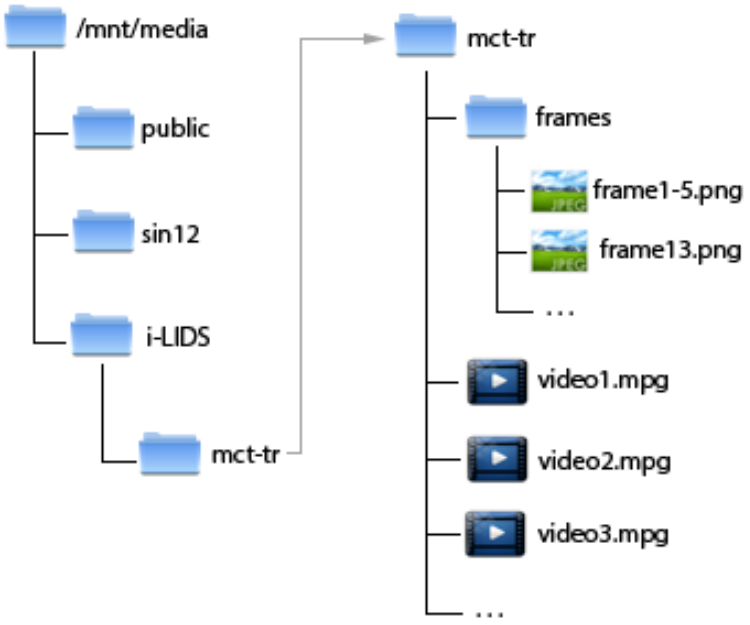
Zdrojová data

Na úrovni diskových souborů se jedná o adresář obsahující soubory zpracovávaných videí a/nebo adresáře s obrázky. Tento adresář je uložen v základním umístění (*location*), které je konfigurovatelné před použitím VTApi (více v kapitole *4.7 Konfigurace*).

Obrázek 4.3 ilustruje příklad reprezentace tří datových sad na disku. Struktura adresářů je následující:

- Základním umístěním je adresář */mnt/media*.
- Datové sady *public* a *sin12* zde nejsou zobrazeny podrobně.
- Datová sada *i-LIDS* má komplikovanější cestu k datům, ta jsou uložena v jeho podadresáří *mct-tr* Obsahuje jednu složku s obrázky *frames* a množství zpracovávaných videí

[2] V dalším textu je používáno pro datovou sadu na některých místech používáno i označení *dataset*.



Obrázek 4.3 Ukázka adresářové struktury datových sad

Databázový objekt

Seznam všech dostupných datových sad je uložen v tabulce **public.datasets.** Může vypadat následovně:

	dsname [PK] name	dslocation character varying	userid name	groupid name	created timestamp with	changed timestamp	notes text
1	public	public/	vfroml	vidte	2012-02-03		test dataset
2	sin12	sin12/	vfroml	vidte	2012-09-23		
3	sunar	i-LIDS/mct_tr/	vfroml	vidte	2012-02-03		TrecVID

Obrázek 4.4 Ukázka seznamu datových sad v tabulce *public.datasets*

Tabulka popisuje **databázi**, která obsahuje pro každou datovou sadu:

- název schématu, kde jsou umístěné databázové objekty reprezentující daný dataset (hodnota ve sloupci *dsname*)
- název adresáře, kde jsou umístěna zdrojová data sady (hodnota ve sloupci *dslocation*). Zdrojová data jsou pak uložena v adresáři *location*/*dslocation*“ (k *location* více v kapitole *4.7 Konfigurace*)
- další doplňující informace (vlastník, skupina, datum vytvoření, poznámky)

Každé **schéma** odpovídající datové sadě typicky **obsahuje** následující objekty:

- základní tabulky *sequences*, *intervals*, *methods* a *processes* (viz datový model na obrázku *Obrázek 4.2*)
- vlastní tabulky/sloupce tabulek **výstupních dat,** specifické pro vyvíjenou aplikaci
- uživatelem definované **datové typy**, lze rozdělit do dvou kategorií:
    - **povinné**: zejména výčtové typy, nutné v každé datové sadě
    - **nepovinné**: zejména geometrické datové typy, příp. typy pro OpenCV, specifické pro konkrétní datovou sadu/projekt
- další specifické databázové objekty (sekvence, triggery, pohledy atd.)

Základní schéma databáze (základní tabulky – viz výše) odpovídající jednomu datasetu se v současné verzi VTApi z bezpečnostních důvodů **vytváří manuálně** administrátorem databáze.

Softwarová třída

Objekt reprezentující existující datový soubor lze v aplikaci vytvořit k další manipulaci jednoduše tovární metodou třídy VTApi:

```
// vstupní třída API
// nastavení konfiguračním souborem "./vtapi.conf" (viz kap. 3.6)
VTApi* vtapi = new VTApi("./vtapi.conf");
// Vytvoření objektu reprezentujícího dataset sunar
Dataset* ds_sunar = vtapi->newDataset("sunar");

// ... práce

// Destrukce objektů
delete (ds_sunar);
delete (vtapi);
```

Třída *Dataset* dědí metody a atributy třídy *KeyValues* (viz kapitola *4.4 Správa a dotazování dat*), *Tabulka 4.1* obsahuje přehled jejích vlastní operací.

Tabulka 4.1 Specifické operace třídy *Dataset*

string getName ( )	

• získá název datové sady	• **parametry**
	  ○ žádné
	• **návratová hodnota**
	  ○ string: název datové sady

string getLocation ( )	
• získá umístění datové sady	• **parametry** ○ žádné • **návratová hodnota**

	○ string: umístění datové sady
Sequence* newSequence (const string& name)	
• vytvoří objekt pro reprezentaci sekvencí (videa, složky obrázků) pro aktuální datová sada	• **parametry** ○ name: nepovinný, lze jím vybrat pouze jednu sekvenci datové sady • **návratová hodnota** ○ Sequence*: ukazatel na objekt reprezentující sekvence
Video* newVideo (const string& name)	
• vytvoří objekt pouze pro reprezentaci videa pro aktuální datová sada	• **parametry** ○ name: nepovinný, lze jím vybrat pouze jedno video datové sady • **návratová hodnota** ○ Video*: ukazatel na objekt reprezentující video (videa)

4.3.2 Sequence

Základní jednotka datové sady, reprezentuje jednu část dat, která je vnitřně časově uspořádána.

Zdrojová data

Na úrovni diskových souborů se jedná o samostatná videa či adresáře s obrázky. Tato data jsou uložena v umístění datové sady, do kterého přísluší. V obrázku *Obrázek 4.4* (výše) existují v datové sadě *sunar* čtyři sekvence: *frames* (složka obrázků), *video1.mpg*, *video2.mpg* a *video3.mpg* (videa).

Databázový objekt

Seznam všech sekvencí příslušné datové sady je uložen v tabulce **[jméno_datasetu].sequences.** Záznam o sekvenci se do ní uloží pomocí operace *Sequence->add()* (viz tabulka *Tabulka 4.2*). Tabulka *sequences* může vypadat následovně:

	seqname [PK] name	seqnum integer	seqlocation character varying	seqtyp seqtype	userid name	groupid name	created timestamp witl	changed timestamp	notes text
1	frames	1001	frames/	images	vfroml	vidte	2012-02-03		
2	video1	1002	video1.mpg	video	vfroml	vidte	2012-02-03		
3	video2	1003	video2.mpg	video	vfroml	vidte	2012-02-03		
4	video3	1004	video3.mpg	video	vfroml	vidte	2012-02-03		

Obrázek 4.5 Ukázka seznamu sekvencí v tabulce *sunar.sequences*

Je vidět, že obsahuje podobná metadata jako tabulka public.datasets, tentokrát vztahující se k sekvencím.

Softwarová třída

Objekt reprezentující všechny sekvence datové sady nebo jenom jednu konkrétní sekvenci lze v aplikaci vytvořit tovární metodou třídy *Dataset*:

```
// Objekt reprezentující dataset sunar
Dataset* ds_sunar = vtapi->new Dataset("sunar");
// Objekt reprezentující všechny sekvence datasetu sunar
Sequence* all_sunar = ds_sunar->newSequence();
// Objekt reprezentující pouze sekvenci video2
Sequence* video2_sunar = ds_sunar->newSequence("video2");

// .. práce

// Destrukce objektů
delete (all_sunar); delete (video2_sunar);
delete (ds_sunar);
```

V některých situacích může být vhodné pracovat pouze s jednou vybranou sekvencí, nikoli se všemi dostupnými. Z ukázky je zřejmé, že tohoto omezení lze dosáhnout omezením názvu sekvence ve funkci *newSequence*.

Jako alternativu ke třídě *Sequence* lze použít intuitivnější třídu **Video**, která poskytuje stejnou funkčnost a navíc zajišťuje kontrolu konzistence a správný formát videa. Je tedy závislá na knihovně OpenCV.

```
// Objekt reprezentující video2
Video* video2_sunar = ds_sunar->newVideo("video2");
```

Třída *Sequence* (a rozněž *Video*) opět dědí většinu svých metod a atributů ze třídy *KeyValues* (viz kapitola *4.4 Správa a dotazování dat*). Poskytuje tyto vlastní funkce:

Tabulka 4.2 Specifické operace třídy *Sequence*

string getName ( )	

• získá název sekvence	• **parametry**
	  ○ žádné
	• **návratová hodnota**
	  ○ string: název sekvence

string getLocation ( )	

• získá umístění sekvence	• **parametry**
	  ○ žádné
	• **návratová hodnota**
	  ○ string: umístění sekvence

Interval* newInterval(const string& name)	
• vytvoří objekt pro reprezentaci intervalů (obrázků, snímků	• **parametry** ○ name: nepovinný, lze jím vybrat pouze jeden interval sekvence

videa) pro aktuální sekvenci	• **návratová hodnota** ○ Interval*: ukazatel na objekt reprezentující interval (intervaly)
Image* newImage (const string& name)	

• vytvoří objekt pouze pro reprezentaci obrázku pro aktuální sekvenci	• **parametry**
	  ○ name: nepovinný, lze jím vybrat pouze jeden obrázek sekvence
	• **návratová hodnota**
	  ○ Image*: ukazatel na objekt reprezentující obrázek (obrázky)

bool add (string name, string location, string type)	

• přidá do databázové tabulky *[jméno_datasetu] .sequences* záznam o nové sekvenci	• **parametry**
	  ○ name: název sekvence
	  ○ location: umístění sekvence (název videa či složky obrázků)
	  ○ type: jeden z typů sekvence (*images* – obrázky, *video*)
	• **návratová hodnota**
	  ○ bool: ukazatel úspěchu

Následující příklad ilustruje přidání sekvence (existující video) do datové sady *sunar*:

```
// Objekt reprezentující dataset sunar
Dataset* ds_sunar = vtapi->new Dataset("sunar");
// Objekt reprezentující všechny sekvence datasetu sunar
Sequence* all_sunar = ds_sunar->newSequence();
// Přidání nového videa do datasetu pod názvem video8
all_sunar->add("video8", "video8.mpg", "video");
// Provedení databázového dotazu
all_sunar->addExecute();
```

4.3.3 Interval

Podmnožina sekvence zvolená tak, aby jí bylo možné přiřadit jednotný příznak či metadata (např. výskyt nějakého objektu v obraze). Jedná se tedy o jeden či více obrázků (snímků videa), u kterých se předpokládá časová spojitost.

Zdrojová data

Na úrovni diskových souborů se jedná o jednotlivé obrázky ve složce sekvence. Časové intervaly v konkrétním videu jsou vyjádřeny pouze metadaty v databázi.

Databázový objekt

Seznam všech intervalů příslušné sekvence je uložen v tabulce **[jméno_datasetu].intervals.** Záznam o intervalu se do ní uloží pomocí funkce *Interval->add()* (viz tabulka *Tabulka 4.3*). Tabulka může vypadat následovně:

	seqname [PK] character	t1 [PK] intege	t2 [PK] intege	imglocation character varying	tags integer[]	svm real[]	userid name	created timestamp	notes text
1	frames	1	1	frame1-5.png	{2,3,5,8}		vfroml	2011-10-	
2	frames	2	2	frame13.png	{0,2,3,9}		vfroml	2011-10-	
3	video1	1	3		{1,9,10}		vfroml	2011-12-	
4	video1	7	12		{3,12,8,9,6}		vfroml	2013-01-	
5	video3	5	69		{0,1,7,8}		vfroml	2013-01-	

Obr. 3.7: Ukázka seznamu intervalů v tabulce sunar.intervals

Sloupce *t1* a *t2* vymezují rozsah intervalu – snímků videa dle jejich pořadí, u obrázků vymezují pořadí ve složce (obě čísla jsou tedy identická).

Sloupce *tags* a *svm* slouží jako ukázka uživatelských vstupně/výstupních dat anotací.

Sloupce *userid* (uživatel) *created* (časové razítko) a *notes* (poznámky) mají pouze informační charakter, jsou volitelné.

Objekt reprezentující všechny intervaly dané sekvence nebo konkrétní interval lze vytvořit pomocí tovární metody třídy *Sequence* následovně:

```
// Objekt reprezentující dataset sunar
Dataset* ds_sunar = vtapi->new Dataset("sunar");
// Objekt reprezentující pouze sekvenci video2
Sequence* video3_sunar = ds_sunar->newSequence("video3");
// Objekt reprezentující všechny intervaly videa video3
Interval* intall_video3 = video3_sunar->newInterval();
// Objekt reprezentující pouze intervaly videa video3 <5,69>
Interval* int1_video3 = video3_sunar->newInterval(5, 69);

// .. práce

// Destrukce objektů
delete (intall_video3); delete (int1_video3);
delete (video3_sunar); delete (ds_sunar);
```

V některých situacích může být opět vhodné pracovat pouze s jedním vybraným intervalem, nikoli se všemi dostupnými. Podobně jako u třídy *Sequence* toho lze dosáhnout omezením rozsahu intervaluči názvu obrázku ve funkci *newInterval*.

Jako alternativu k třídě *Interval* pro manipulaci s obrázky lze použít třídu **Image**:

```
// Objekt reprezentující pouze složku obrázků frames
Sequence* frames_sunar = ds_sunar->newSequence("frames");
// Objekt reprezentující obrázek frame13.png
Image* frame13_sunar = frames_sunar->newImage("frame13.png");
```

Třída **Interval** (Image) opět dědí většinu svých metod a atributů ze třídy *KeyValues* (viz kapitola *4.4 Správa a dotazování dat*). Poskytuje tyto vlastní funkce:

Tabulka 4.3 Specifické funkce třídy *Interval*

string getSequenceName ( )	

• získá název sekvence, do které tento interval přísluší	• **parametry**
	  ○ žádné
	• **návratová hodnota**
	  ○ string: název sekvence

Sequence* getSequence ( )	

• získá objekt reprezentující sekvenci, do které tento interval přísluší	• **parametry**
	  ○ žádné
	• **návratová hodnota**
	  ○ Sequence*: ukazatel na objekt sekvence

int getStartTime ( )	

• získá počáteční čas intervalu	• **parametry**
	  ○ žádné
	• **návratová hodnota**
	  ○ int: počáteční čas intervalu

int getEndTime ( )	

• získá koncový čas intervalu	• **parametry**
	  ○ žádné
	• **návratová hodnota**
	  ○ int: koncový čas intervalu

bool add (const string& sequence, const int t1, const int t2, const string& location)	

• přidá do databázové tabulky *[jméno_datasetu] .intervals* záznam o novém intervalu	• **parametry**
	  ○ sequence: název sekvence, do které bude nový interval příslušet
	  ○ t1: počáteční čas intervalu
	  ○ t2: koncový čas intervalu
	  ○ location: umístění obrázku
	• **návratová hodnota**
	  ○ bool: ukazatel úspěchu

Následující příklad ilustruje přidání intervalu do videa *video3* v datové sadě *sunar*:

```
// Objekt reprezentující dataset sunar
Dataset* ds_sunar = vtapi->new Dataset("sunar");
// Objekt reprezentující pouze sekvenci video3
Sequence* video3_sunar = ds_sunar->newSequence("video3");
// Objekt reprezentující všechny intervaly sekvence video3
Interval* intall_video3 = video3_sunar->newInterval();
// Přidání nového intervalu do videa video3
intall_video3->add("video3", 5, 8);
// Provedení databázového dotazu
intall_video3->addExecute();
```

4.4 Správa a dotazování dat (třída KeyValues)

Všechny výše popsané třídy reprezentující datové objekty dědí atributy a metody třídy **KeyValues**. Tato třída je pojmenována podle základního principu přístupu klíč-hodnota k uloženým popisným metadatům obrazových dat. Jedná se tedy o nejpodstatnější část celého konceptu VTApi.

Třída **KeyValues** zajišťuje následující funkčnost:

- **procházení obrazových dat:** jak bylo uvedeno v kapitole *4.3 Přístup k obrazovým datům*, objekty třídy *Dataset*, *Sequence* a *Interval* mohou reprezentovat jeden objekt, ale i seznam objektů (např. konkrétní datový soubor nebo všechny datové soubory). Jejich procházení zajišťuje nejdůležitější a zřejmě nejpoužívanější **operace next()** (viz kapitola *4.4.1 Operace next*()).
- **získávání uložených metadat**, pomocí sady tzv. **operací getX** (viz kapitola *4.4.2 Sada operací getX*)
- **provádění databázových dotazů** a příkazů pomocí vnořených tříd **Select**, **Insert** a **Update** (viz kapitoly 4.4.3 až 4.4.5).
- **uživatelské nastavení:** připojení k databázi, logování a další parametry (viz kapitola *4.7 Konfigurace*). Toto zajišťuje vnořená třída **Commons**, která je koncovému uživateli skryta.
- **tisk** výsledků dotazů (operace *print()* a *printAll()*)

4.4.1 Operace next()

Všechny instance tříd reprezentující obrazová data v sobě obsahují seznam příslušných objektů, které mohou potenciálně reprezentovat. Tedy např. objekt třídy *Dataset* obsahuje seznam všech datových sad

(pokud jsme jej neomezili pouze na jeden specifický dataset, jak bylo popsáno výše). Podobně objekty *Sequence*, *Interval* apod.

Operace *next*() třídy *KeyValues* umožňuje procházení tohoto seznamu posouváním vnitřního ukazatele na právě aktivní prvek. Každým jejím zavoláním nad objektem bude tedy tento objekt reprezentovat následující datovou sadu, sekvenci či interval. Toto umožňuje efektivní procházení velkého množství obrazových dat a vyhledávání v jejich příslušných metadatech.

Jednoduchý příklad užití ilustruje následující část kódu, ve kterém se vypíší všechny sekvence datové sady *sunar.*

```
// Objekt reprezentující dataset sunar
Dataset* ds_sunar = vtapi->new Dataset("sunar");
// Objekt reprezentující všechny sekvence datasetu sunar
Sequence* seq_sunar = ds_sunar->newSequence();
// Cyklus procházení sekvencí
while (seq_sunar->next()) {
    string name = seq_sunar->getName();
    cout << name;
}
```

Objekt *seq_sunar* bude postupně reprezentovat všechny dostupné sekvence. Vrátí-li operace *next()* hodnotu NULL, objekt se nastaví opět do původního stavu. Analogicky lze procházet datové soubory, intervaly, videa, snímky videa, obrázky a procesy.

Další důležitou vlastností operace *next()* je zajištění konzistence reprezentace dat při jejich procházení. Toto je zajištěno **automatickým prováděním** nepotvrzených příkazů **add** a **update** před zavoláním operace.

4.4.2 Sada operací getX

Operace *next()* umožňuje navigaci v databázi dat a popisných metadat. K získání požadovaných hodnot z databáze slouží sada operací **getX**, kde *X* je příslušný **datový typ**. Jako parametr operace *getX* se zadává jeho název. VTApi implementuje následující operace třídy *KeyValues*:

Tabulka 4.4 Přehled podporovaných datových typů

getValue	Získání hodnoty **jakéhokoliv** typu převedeného na textovou reprezentaci		
Číselné typy			
getInt	32bit číselná hodnota *int*	**getFloat**	64bit reálná hodnota *float*
getIntA	pole hodnot *int*	**getFloatA**	pole hodnot *float*
getIntV	vektor hodnot *int*	**getFloatV**	vektor hodnot *float*
getIntVV	libovolně rozměrný vektor hodnot *int*	**getFloatVV**	libovolně rozměrný vektor hodnot *float*
getInt8	64bit číselná hodnota *long*	**getFloat8**	64bit reálná hodnot *double*
Textové typy			
getChar	znak	**getString**	textový řetězec
getCharA	pole znaků		
Geometrické typy (PostGIS)			
getPoint	2D bod	**getPolygon**	mnohoúhelník
getPointV	pole 2D bodů	**getPath**	cesta
getLineSegment	část lomené čáry	**getCube**	n-dimenionální kostka
getBox	Ohraničující kvádr	**getGeometry**	univerzální geometrie (GEOS)
getCircle	kružnice	**getLineString**	lomená čára (GEOS)
OpenCV typy			
getCvmat	OpenCV matice *cvMat*	**getCvMatND**	OpenCV matice *cvMatND*
Ostatní typy			
getTimestamp	časové razítko	**getIntOid**	databázový identifikátor *OID*

Následující příklad ilustruje použití operace *getX* (konkrétně *getFloatV*).

```
// Objekt reprezentující dataset sunar
Dataset* ds_sunar = vtapi->new Dataset("sunar");
// Objekt reprezentující video3 z datasetu sunar
Sequence* video3_sunar = ds_sunar->newSequence("video3");
// Objekt reprezentující intervaly v sekvenci video3
Interval* int_video3 = video3_sunar->newInterval();
// Cyklus procházení intervalů
while (int_video3->next()) {
    // Získání metadat ze sloupce tags
    vector<float> tags = int_video3->getFloatV("tags");
    if (tags.empty()) {
        // interval není otagován
        // .. práce
    }
    tags.clear();
}
```

4.4.3 Třída Select

Každý objekt třídy *KeyValues* obsahuje jako atribut instanci třídy **Select**. Slouží ke konstrukci databázových dotazů, které se primárně volají po zavolání funkce *next()*. Lze je ale také konstruovat a provádět pomocí následujících operací třídy *Select*:

Tabulka 4.5 Specifické operace třídy *Select*

bool from (const string& table, const string& column)	

• určuje tabulku, nad kterou se dotaz bude provádět (FROM) a příslušný sloupec	• **parametry**
	  ○ *table*: tabulka
	  ○ *column*: sloupec tabulky
	• **návratová hodnota**
	  ○ bool: vždy true

bool whereString (const string& key, const string& value, const string& oper, const string& table)	

• konstruuje WHERE sekci dotazu	• **parametry**
	  ○ *key*: sloupec tabulky
	  ○ *value*: hodnota pole
	  ○ *oper*: operátor (implicitně =)
	  ○ *table*: tabulka obsahující sloupec *key* (implicitně ‘’)
	• **návratová hodnota**
	  ○ bool: vždy true

bool execute ( )	

• provede dotaz (commit)	• **parametry**
	  ○ žádné
	• **návratová hodnota**
	  ○ bool: ukazatel úspěchu

Třídu **KeyValues** lze instanciovat i samostatně k obecné manipulaci s databázovou tabulkou. Následující příklad ukazuje konstrukci vnořené třídy *Select.* Dotaz vrací názvy sekvencí (*seqname*) z tabulky *tags,* které obsahují pole anotací [1,3].

```
// Objekt datasetu
Dataset* dataset = vtapi->newDataset();
// Obecný objekt KeyValues
KeyValues* tags = new KeyValues (*dataset);
// Vytvoření instance třídy Select
tags->select = new Select(*tags);
// SELECT   seqname
// FROM     tags
// WHERE    annotations @> ARRAY[1,3]
tags->select->from("tags", "seqname");
tags->select->whereString("annotations", "ARRAY[1,3]", "@>");
// Procházení výsledků
while (tags->next()) {
    // .. prace
}
```

4.4.4 Třída Insert

Třída **Insert** slouží ke konstrukci databázových příkazů vkládání do tabulky. Typicky není nutné ji používat, tuto funkčnost plně zaobalují operace *add()* tříd *Sequence* a *Interval* (viz. kapitola 4.3 *Přístup k obrazovým datům*). Nicméně lze ji (s určitou dávkou opatrnosti – kontrola překlepů, vkládání do správné tabulky apod.) využít i samostatně pro konstrukci vlastních příkazů za pomocí sady operací **keyX**, kde **X** je datový typ vkládané hodnoty.

Tabulka 4.6 Přehled sady operací *keyX* třídy *Insert*

keyInt	32bit číselná hodnota *int*	**keyFloat**	64bit reálná hodnota *float*
keyIntA	pole hodnot *int*	**keyFloatA**	pole hodnot *float*
keyString	textový řetězec	**keySeqtype**	výčtový typ typů sekvencí
keyStringA	pole textových řetězců	**keyInouttype**	výčtový typ typů vstup/výstup
		keyPermissions	výčtový typ přístupových práv

Všechny funkce *keyX* požadují jako první parametr název sloupce (klíč), do kterého hodnotu vkládat. Druhým parametrem je samotná hodnota. K potvrzení příkazu slouží funkce *execute()*.

Záznam se vkládá do tabulky určené objektem, ze které se třída Insert instanciuje (v následujícím příkladě je tímto objektem třída sekvencí *seq_sunar*).

Následující příklad ukazuje vložení informace o sekvenci *video5* (videosoubor video5.mpg) do datasetu *sunar*. Není specifikována vlastní tabulka, implicitně se tedy použije základní tabulka *sequences*.

```
// Objekt datasetu
Dataset* dataset = vtapi->newDataset();
// Objekt reprezentující všechny sekvence datasetu sunar
Sequence* seq_sunar = ds_sunar->newSequence();
// Vytvoření instance třídy Insert
seq_sunar->insert = new Insert(*seq_sunar);
// Specifikace příkazu Insert
seq_sunar->insert->keyString("seqname", "video5");
seq_sunar->insert->keyString("seqlocation", "video5.mpg");
seq_sunar->insert->keySeqtype("seqtyp", "video");
// Potvrzení dotazu
seq_sunar->insert->execute();
```

4.4.5 Třída Update

Třída **Update** slouží ke konstrukci databázových příkazů aktualizace záznamů tabulky. Pro její použití zaobaluje sadu operací **setX**, kde **X** je datový typ aktualizované hodnoty.

Tabulka 4.7 Přehled sady operací *setX*

setInt	32bit číselná hodnota *int*	**setFloat**	64bit reálná hodnota *float*
setIntA	pole hodnot *int*	**setFloatA**	pole hodnot *float*
keyString	textový řetězec		

Všechny operace *setX* požadují jako první parametr název sloupce (klíč), do kterého hodnotu vkládat. Druhým parametrem je samotná hodnota. K potvrzení příkazu slouží funkce *execute()*.

Upravovaný záznam (tabulka, řádek) je určen objektem, ze kterého se třída Update instanciuje (v následujícím příkladě se jedná o řádek se záznamem o sekvenci *video5*).

Předpokládejme, že máme naplněné pole tagů (*float* tags*) pro *video5* v datasetu *sunar*. Náseldující příkaz ukazuje jejich aktualizaci.

```
// Objekt datasetu
Dataset* dataset = vtapi->newDataset();
// Objekt reprezentující sekvenci video5
Sequence* video5_sunar = ds_sunar->newSequence("video5");
//Přesuneme se na konkrétní záznam
video5_sunar->next();
// Vytvoření instance třídy Update
video5_sunar->update = new Update(*video5_sunar);
// Aktualizace pole tagů sekvence video5
video5_sunar->setFloatA("tags", my_tags);
// Potvrzení dotazu
video5_sunar->update->execute();
```

4.5 Metodika

Pro práci s daty byly vytvořeny dvě třídy Method a Process. Metodu si lze představit jako zdrojový kód třídy, která definuje jak parametry, tak funkce. Kdežto proces jako zkompilovaný kód běžící na nějakém konkrétním stroji s konkrétními vstupy a výstupy.

4.5.1 Method

Metody dědí vlastnosti z KeyValues, nicméně některé funkce mají přetížené – týké se to především metod getX() a setX(), které pracují s parametry dané metody, nicméně logika jejich použití zůstává nezměněna.

Tabulka 4.8 Specifické operace třídy Method

string getX (const string& name)	
• získá hodnotu proměnné typu X	• **parametry** ○ název proměnné • **návratová hodnota** ○ hodnota proměnné typu X
string setX (name, X value [, string type])	
• vloží hodnotu proměnné typu X	• **parametry** ○ název proměnné ○ hodnota typu X ○ vstup/výstupní typ • **návratová hodnota** ○ žádná
TKeyValues getKeys ( )	
• získá klíče dané metody ve formátu TKeyValues	• **parametry** ○ žádné • **návratová hodnota** ○ Seznam klíčů
loadCode ()	
• vytvoří soubor obsahující zdrojové kódy metody, případně vygeneruje nové	• **parametry** ○ žádné • **návratová hodnota** ○ úspěch
saveCode()	
• uloží soubor obsahující zdrojové kódy metody do databáze	• **parametry** ○ žádné • **návratová hodnota** ○ úspěch
newProcess (const string& name)	

• vytvoří nový spustitelný Process	• **parametry** ○ zvolený název procesu • **návratová hodnota** ○ Process

Mimo to mají třídy z něj odvozené ještě dvojici metod init() a exit(), které musí být na začátku a konci každé funkce run metody odvozené z Method. Tyto funkce zajišťují funkcionalitu kódu a uložení proměnných. Na příkladu je ilustrace metod pro práci s metodou:

```
// vytvoreni nove metody
Method m = Method->add("Test1");
// pridani implicitniho parametru
m->addInt("i", 1, "out");
// ulozeni zmen
m->addExecute();

TKeyValues kv = m->getKeys();

// VTApi vytvorilo soubor ./methods/test1/test1.h
m->loadCode();

// vytvoreni noveho procesu a jeho spusteni
Process p = m->newProcess("test");
p->run();

// vyzvednuti navratove hodnoty
int i = p->getInt("i");
```

4.5.2 Process

Proces má obdobné možnosti pro získání a nastavení proměnných jako Method. Nicméně jeho nejdůležitějším úkolem je vlastní spuštění procesu.

Tabulka 4.9 Specifické operace třídy Process

run ( )	
• spustí kód metody jako proces	• **parametry** ○ žádné • **návratová hodnota** ○ žádná, k proměnným je přístup pomocí metod typu getX()

Následující příklad znázorňuje implementaci spustitelné instance třídy Test1.

```
#include <vtapi.h>

/**
 * Method Test1
 */
class Test1 : public Method {
public:
    int i = 1;

    /**
     * Constructor
     */
    Test1();

    /**
     * Run - the method code
     * @return
     */
    bool run();
};


#include <methods/Test1/Test1.h>

Test1::Test1() : Method("Test1") {
    /* enter your code here */
}

bool Test1::run() {
    this->init();
    /* enter your code here */

    this->exit();
}
```

4.6 Datová úložiště

Od verze 1.6 umožňuje VTApi k uložení metadat nově alternativně databázi PostgreSQL (s rozšířeními PostGIS a GEOS) nebo SQLite. Tato úložiště se výrazně liší především ve vnitřní reprezentaci metadat a výkonnostních parametrech, nicméně všechny aplikace VTApi jsou mezi nimi plně přenositelné a zpětně kompatibilní.

Nastavení a konfigurace úložiště se provádí v souboru vtapi.conf (viz kapitola *4.7 Konfigurace*). K inicializaci základní kostry obou typů databází jsou poskytnuty SQL skripty uloženy v adresáři `script/`.

4.6.1 PostgreSQL

VTApi je primárně určeno k nasazení se SŘBD PostgreSQL, jakožto poměrně robustním a výkonnostně optimalizovaným otevřeným systémem bohatým na funkcionalitu a s možností jeho rozšíření pro podporu vícedimenzionálních datových typů. Pro využití plné funkcionality VTApi by databáze měla obsahovat rozšíření PostGIS pro správu složitějších geometrických typů, dále datový typ OpenCV matice

`cvMat`, eventuálně datový typ `cube` reprezentující n-dimenzionální kostku.

Nastavení připojení pro databázi PostgreSQL v konfiguračním souboru může vypadat následovně:

```
# database backend [postgres|sqlite]
backend="postgres"

# PostgreSQL connection string
connection="host=localhost port=4321 dbname=vidte user=vidte password="
```

Databázový model pro PostgreSQL odpovídá původnímu návrhu, ilustruje jej *Obrázek 2.1*. K reprezentaci dat příslušející jednomu datasetu je vyhrazeno databázové schéma s názvem odpovídajícím názvu datasetu. Sdílené informace (o samotných datasetech či metodách) obsahuje hlavní databázové schéma *public*.

Inicializační skript **`create_public_pg.sql`** vytvoří základní schéma `public` včetně výčtových datových typů, seznamu datasetů a tabulek pro budoucí využití v metodologii VTApi.

Inicializační skript **`create_dataset_pg.sql`** vytvoří schéma databáze odpovídající jednomu datasetu. Před jeho použitím je třeba modifikovat název vytvořeného datasetu, příp. manuálně definovat tabulky/sloupce tabulky `intervals` (ta může mít i jiný název) pro vlastní vstupní / výstupní hodnoty.

Podporované datové typy s databází PostgreSQL zobrazuje *Tabulka 4.10.*

Tabulka 4.10 Základní podporované datové typy PostgreSQL

Název	Alias	Popis
bigint	int8	8-bytové celé číslo se znaménkem
character varying	varchar	textový řetězec s proměnnou délkou
character	char	znak
double precision	float8	8-bytové desetinné číslo se znaménkem
integer	int, int4	4-bytové celé číslo se znaménkem
real	float4	4-bytové desetinné číslo se znaménkem
smallint	int2	2-bytové celé číslo se znaménkem
text	-	textový řetězec
timestamp	-	časové razítko (bez časové zóny)

Zpracování obrazových dat vyžaduje podporu pro vícedimenzionální pole hodnot, jejich přehled zobrazuje *Tabulka 4.*.

Tabulka 4.11 Vícedimenzionální datové typy PostgreSQL

Název	Popis
`int4[]`	pole 4-bytových celých čísel
`int8[]`	pole 8-bytových celých čisel
`float4[]`	pole 4-bytových desetinných čísel
`float8[]`	pole 8-bytových celých čísel
`cube`	n-dimenzionální kostka obsažen v oficiálních rozšířeních PostgreSQL jako instalovatelný modul
`cvmat`	OpenCV matice kompozitní datový typ

4.6.2 SQLite

SQLite je bez-serverová souborová light-weight databáze s minimem integrované funkcionality, na kterou se můžeme spolehnout v případě PostgreSQL. Jedná se z pohledu VTApi především o neexistující podporu uživatelem definovaných datových typů. Složitější (vícedimenzionální, kompozitní) datové typy jsou převáděny na textovou reprezentaci. Další omezení SQLite představuje nemožnost zabezpečení databáze proti její manipulaci neoprávněným uživatelem. Řešení bezpečnosti spočívá čistě na uživateli. Databáze také podporuje pouze výrazně omezenou syntaxi jazyka SQL.

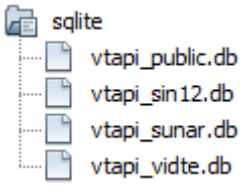
Nastavení připojení pro databázi SQLite v konfiguračním souboru může vypadat následovně:

```
# database backend [postgres|sqlite]
backend="sqlite"

# SQLite databases folder
dbfolder="/mnt/data/vidte/"
```

Na úrovni souborového systému odpovídá databáze jednomu souboru. Pro jednu databázi nelze vytvářet více schémat. Datové úložiště je tedy adresář obsahující následující databázové soubory s předdefinovaným způsobem jejich pojmenování (ukázka viz. *Obrázek 4.6*):

- `vtapi_public.db` : odpovídá schématu public v původním návrhu
- `vtapi_X.db` : soubory odpovídající každý jednomu datasetu s názvem X



Obrázek 4.6 Ukázka obsahu databázového adresáře SQLite

Inicializační skript **`create_public_sl.sql`** vytvoří základní objekty databáze odpovídající schématu `public` - seznam datasetů a tabulky pro budoucí využití v metodologii VTApi.

VTApi podporuje pro SQLite všechny datové typy z tabulek *Tabulka 4.10* a *Tabulka 4.* s výjimkou typu `cube`.

4.7 Konfigurace

VTApi podporuje nastavení připojení k datovému úložišti a dalších možností, a to prostřednictvím **konfiguračního souboru** a možných **parametrů příkazové řádky** (lze kombinovat, příkazová řádka má v případě konfliktu přednost). Tato konfigurace se předává jako parametr konstruktoru třídy *VTApi* a následně se kopíruje do všech objektů reprezentujících data prostřednictvím skryté vnořené třídy **Commons**.

Spuštění VTApi pouze s konfiguračním souborem:

```
VTApi* vtapi = new VTApi("/path/to/vtapi.conf");
// .. práce
delete(vtapi);
```

Spuštění VTApi s parametry a konfiguračním souborem:

```
int main(int argc, char** argv) {
        VTApi* vtapi = new VTApi(argc, argv);
        // .. práce
        delete(vtapi);
    }
```

V tabulce *Tabulka 4.12* je uveden seznam konfigurovatelných parametrů, včetně zkratek pro použití v příkazové řádce.

Tabulka 4.12 Přehled konfigurovatelných parametrů

Parametr	Zkratka	Implicitní hodnota	Popis
config	-	./vtapi.conf	Umístění konfiguračního souboru
log	-	./vtapi.log	Umístění souboru logu
user	u	-	Jméno uživatele
password	p	-	Heslo uživatele
location	l	-	Základní umístění souborů obrazových dat
backend	b	-	Typ datového úložiště [postgres|sqlite]
dbfolder	d	./sqlite	Umístění adresáře s databázovými soubory SQLite
connection	c	-	Specifikace připojení ve formátu: *host=... port=... dbname=... user=... password=....*
format	f	standard	Formát výstupu tisku (*standard / csv / html / binary / sparse*)
input	i	-	Specifikace vstupního streamu
output	o	-	Specifikace výstupního streamu
queryLimit	-	-	Omezení maximálního počtu řádků ve výsledku jednoho dotazu
arrayLimit	-	-	Omezení maximálního počtu zobrazených prvků tisknutého pole
Specifikace kontextu dat			
where	W	-	SQL řetězec definující klauzuli WHERE všech dotazů SELECT
dataset	D	-	Užití pouze určené datové sady
sequence	S	-	Užití pouze určené sekvence
interval	I	-	Užití pouze určeného intervalu
method	M	-	Užití pouze určené metody
process	P	-	Užití pouze určeného procesu
selection	E	-	Užití pouze určené selekce

Syntaxe konfiguračního souboru je jednoduchá – *parametr=hodnota*, záznamy odděleny řádkováním. Komentáře lze uvodit znakem #.Ukázka jednoduchého konfiguračního souboru:

```
# VTApi configuration file

user="vfroml"
password="*****"

location="/home/vojca/prace/test/"

backend="sqlite"

dbfolder="/mnt/data/vidte/"

verbose

querylimit=10000
arraylimit=10

dataset="sunar"
```

5 Implementace případových situací

Typické použití knihovny VTApi pro účely zpracování obrazových dat zahrnuje následující kroky:

- Nahrání informací o obrazových datech do úložiště (databáze).
  K tomuto účelu lze použít automatizovaný skript, který uloží např. celý adresář s videi.
- Alokace místa pro výstupy algoritmů (tabulky, sloupce v databázi).
- Registrace analytických algoritmů, tedy především formát jejich vstupů a výstupů. V současné verzi se provádí manuálně.
- Implementace samotného analytického programu – procházení obrázků/videí dle uložených metadat a dosavadních výsledků analýzy; spouštění registrovaných algoritmů, ukládajících extrahovaná data.
- Dotazování na výsledky procesů.

V této kapitole je popsáno použití VTApi pro dílčí úlohy dvou případových studií z kapitoly *3 Příklady použití*. Jde o úlohy z evaluací TRECVid (situace 2) – kapitola *5.1 Vyhledávání a klasifikace statických obrázků* a shlukování trajektorií (situace 4) – kapitola *5.2 Shlukování trajektorií a detekce odlehlých trajektorií.* V kapitole *5.3 Sledování objektů v reálném čase* je popsán experiment zaměřený na časovou náročnost některých operací s trajektoriemi.

5.1 Vyhledávání a klasifikace statických obrázků

OpenCV nabízí široké možnosti extrakce rysů a klasifikačních technik, ale neobsahuje prostředky pro efektivní ukládání dat pro jejich vyhledávání a další zpracování. Příkladem je vyhledávání obrázků Google nebo TRECVid, kde je vyhledávání založeno na různých typech (nízko až vysoko-úrovňových, lokálních i globálních) rysů vztažených k nějakému objektu společně s jejich anotacemi.

Proto byly v rámci VTApi implementovány různé podobnostní metriky. Rozšíření pgDistance dostupné ve VTApi provádí podobnostní dotazy (CBIR) pomocí vzdálenosti jednotlivých vektorů rysů v databázi PostgreSQL, například cosinovou nebo Eucleidovskou vzdáleností. Toto je možné podpořit efektivními indexačními technikami, jako jsou GIN (invertovaný index) GiST spolu s filtračními metodami jako jsou bitmapové nebo haldové indexy, R-strom, KD-strom nebo Quad-strom

pro obsažnost (operátor @>) nebo vyhledání prvků v nejbližší okolí (operátor <->).

Následující příklad předpokládá dataset obrázků nazvaný „search“ v databázi. Pokud chceme vytvořit dotaz založený na podobnosti (distance_square_int4()) deskriptorů rozložení barvy (colorLayout) k obrázku "Q.jpg", pak může vypadat jako v následujícím příkladu.

```
// VTApi entry point, using Dataset "search"
VTApi* vtapi = new VTApi(argc, argv);
Dataset* dataset = vtapi->newDataset("search");
// code of the ColorLayout Method, using Selection "image"
Image* image = new Image(&dataset, "image");
while (image->next()) {
    vector color = colorLayout(image->getDataLocation());
    image->setIntA("color", color);
}
// retrieve Image(s) according to their similarity to "Q.jpg"
Image* nearest = new Image(&dataset);
nearest->select->from("image", "distance_square_int4(color, "
    + toString(colorLayout("Q.jpg")) +")");
nearest->select->orderby("distance_square_int4");
nearest->next();   // is the most similar image
```

5.2 Shlukování trajektorií a detekce odlehlých trajektorií

Pro nalezení shluků trajektorií pohybujících se objektů jsme využili OpenCV implementaci algoritmu Expectation-maximization (EM), jehož cílem je odhadnout parametry modelu GMM (Gaussian Mixture Model). Trajektorie byly z dohledového videa extrahovány pomocí OpenCV *blobtrack* dema rozšířeného o extrakci dalších rysů. Extrahované trajektorie byly následně agregovány do podoby vektoru rysů.

Před vlastním shlukováním je nutné načíst z databáze vektory rysů, které reprezentují jednotlivé trajektorie. Z načtených vektorů rysů jsou pak připraveny trénovací vzorky pro EM algoritmus. S využitím VTApi je tento proces možné provést například následujícím způsobem (uvažujme, že trajektorie jsou uloženy v selekci „tracks“):

```
Mat samples;   // cv::Mat pro trénovací vzorky
VTApi* vtapi = new VTApi(argc, argv);
Dataset* dataset = vtapi->newDataset("train");   //
trénovací sada
dataset->next();
Sequence* sequence = dataset->newSequence();
while (sequence->next()) {    // pro každé video
  Interval* track = new Interval(*sequence, "tracks");
```

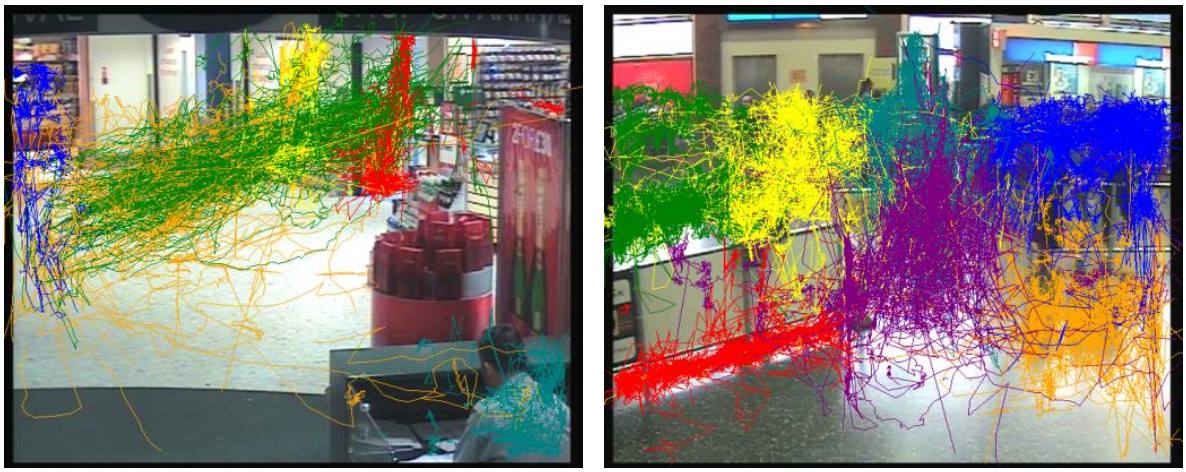
```
  while (track->next()) {      // pro každou trajektorii
    Mat sample;    // cv::Mat pro vektor rysů trajektorie
    float feature = track->getFloat("feature");
    // ... načtení rysů a naplnění vektoru rysů
    samples.push_back(sample);
  }
}
```

Připravené trénovací vzorky jsou následně předloženy EM algoritmu, který odhadne parametry GMM modelu. Naučený model je následně využit pro přiřazení jednotlivých trajektorií k příslušným shlukům. Vlastní shlukování a uložení výsledků do databáze s využitím VTApi ukazuje následující příklad:

```
CvEM model;          // GMM-EM model
CvEMParams params;   // parametry pro EM
// ... nastavení EM parametrů včetně počtu shluků
model.train(samples, Mat(), params, NULL);
// ... zvolení datové sady a sekvencí (viz předchozí
příklad)
while (track->next()) {
  Mat sample;
  // ... načtení rysů a naplnění vektoru rysů
  int cluster = (int) model.predict(sample));  //  zjištění
čísla shluku
  track->setInt("cluster", cluster);           //   uložení
čísla shluku
}
```

Pro ilustraci bylo provedeno shlukování trajektorií extrahovaných z druhého datasetu videí z datové sady i-LIDS, která pochází z pěti kamer v prostředí LGW letiště. Na obrázku *Obrázek 5.1* je příklad vizualizace některých získaných výsledků. Různé barvy trajektorií zde odpovídají různým shlukům. Vykreslení trajektorie do obrázku může být realizováno například následujícím způsobem:

```
// ... zvolení datové sady a sekvencí (viz předchozí
příklad)
while (track->next()) {
  int cluster = track->getInt("cluster");    //    zjištění
čísla shluku
  // načtení GEOS geometrie reprezentující trajektorii:
  GEOSGeometry* ls = track->getLineString("locations");
  //  vyjádření  geometrie  jako  sekvence  prostorových
souřadnic:
  const GEOSCoordSequence* cs = GEOSGeom_getCoordSeq(ls);
  // ... vykreslení trajektorie do obrázku (barva podle
čísla shluku)
}
```



Obrázek 5.1 Příklad výsledků shlukování trajektorií z první kamery pomocí algoritmu EM (vlevo) a příklad shlukování trajektorií ze třetí kamery pomocí algoritmu k-means (vpravo).

GMM model naučený během shlukování lze využít také pro detekci odlehlých trajektorií, tedy takových, které mohou odpovídat neobvyklému nebo podezřelému chování pohybujících se objektů. Jako odlehlá trajektorie je pak označena trajektorie, která nevyhovuje naučenému modelu. Odlehlost trajektorie se může projevit buď tím, že se trajektorie nachází v oblasti s nízkou pravděpodobností vzhledem k modelu, nebo lze trajektorii přiřadit do více shluků zároveň, ale do žádného s dostatečnou pravděpodobností.

5.3 Sledování objektů v reálném čase

Zpracování trajektorií obvykle probíhá v reálném čase, proto byly provedeny experimenty zaměřené na zjištění časové náročnosti a dalších zdrojů při správě trajektorií z OpenCV blobtracku.

Na úrovni databáze vznikly funkce *box3d2cube* a *cube2box3d*, které slouží pro vzájemnou konverzi datových typů pro časoprostorová data, a to konkrétně funkce pro vzájemnou konverzi mezi datovým typem *box3d* (z databázového rozšíření PostGIS) a typem *cube* (z databáze PostgreSQL). Současně jsou k funkci *box3d2cube* napsány pomocné databázové triggery, které v případě vložení nebo změny geometrie uloží minimální ohraničující kvádr (Minimum Bounding Box, MBB) reprezentovaný ve formě kostky (cube).

Příklad využití: Pro každý datový typ pro časoprostorová data (tedy datový typ pro trojrozměrná data) z rozšíření PostGiS, viz datové typy PostGIS podporované ve VTApi (kapitola *4.4.2 Sada operací getX*), například *LineString* pro trajektorie, je možné získat pomocí funkce *box3d* jeho MBB a ten se pak pomocí funkce *box3d2cube* převede

na kostku. Samotná kostka je pak indexována pomocí indexu GIST. Index nad těmito daty se vytváří manuálně.

Podobnostní dotazy byly provedeny pomocí operátoru '@>' (containment), který vrátil 4 trajektorie obsažené v dotazovaném ohraničujícím kvádru (vybrán náhodně).

Tabulka 5.1 Výsledky výkonnostního testu vkládání a dotazování trajektorií.

	insert/update	vyber vše	obsažené (4)	síťová data
lokální DB	220 ± 1 s	43 ± 1 s	0.1 s	0B
vzdálená	220 ± 5 s	74 ± 1 s	0.2 s	334 MB

V tomto případě bylo použito 7269 trajektorií, sledovaných během 4 hodin ve videu pomocí 5 kamer (paralelně) v prostoru plném lidí na letišti (z datasetu AVSS / i-LIDS). Z tabulky 1 plyne, že v obou sestaveních na 13“ notebooku (1.4 GHz ULV CPU, 2 GB RAM, 128 GB SSD) s databází lokálně nebo připojenou přes síť je systém schopný běžet v reálném čase.

6 Technická dokumentace

Technická dokumentace je přiložena v příloze společně s diagramem tříd v podobě generované ze zdrojových kódů (C++), které je společně s dokumentací možné získat na stránkách https://gitorious.org/vtapi. Zde se dále nachází Wiki, která popisuje základní předpoklady pro funkci (použité knihovny), dále návod na kompilaci ze zdrojových kódů (pro operační systémy POSIX/Linux a Windows) různých částí API:

- Vlastní projekt VTApi (C++, adredáře include, src).
- Rozhraní zpřístupňující API z příkazové řádky (VTCli).
- Programová dokumentace včetně plnohodnotného diagramu tříd a databáze dle případu použití „Situace 2“ (TRECVid SIN, ITS).
- Rozhraní jazyka Python za podpory knihovny Boost (VTAPyI, adresář pyi).
- VTApi může být závislé na několika dalších knihovnách – OpenCV (doporučeno), PostGIS, jak je popsáno v sekci instalace (kapitola 6.2).

Technická dokumentace je dále dostupná z http://vidte.fit.vutbr.cz/vtapi.html.

6.1 VTCli

Nástroj **VTCli** je konzolová aplikace implementující jednoduché rozhraní pro spouštění nejpoužívanějších funkcí VTApi. Byla vyvinuta specificky pro účely automatizace některých objemově náročných úkonů (např. nahrání dat do databáze) a testování funkčnosti VTApi.

Konfigurace aplikace se provádí pomocí parametrů příkazové řádky (viz předchozí sekce) a příslušného konfiguračního souboru.

Nástroj může pracovat ve dvou různých módech:

- **Interaktivní**
  - Aplikace bude čekat na vstupy uživatele a vypisovat na standardní výstup
- **Jednorázový**
  - Aplikace se spustí jednorázově, zadá-li uživatel jako parametry příkazové řádky za konfigurační parametry také **samotný příkaz** (jejich přehled viz níže)**.** Tento

příkaz se pak jednorázově provede a aplikace se ukončí.

Tabulka 6.1 Přehled příkazů aplikace VTCli

Příkaz	Následuje	Popis
query	SQL řetězec dotazu	Provedení vlastního databázového dotazu
select	dataset | sequence | interval | process **[ARGS]**	Provedení dotazu
insert	sequence | interval | process **[ARGS]**	Provedení příkazu vložení
test	-	Provedení testovací funkce
help	-	Zobrazení nápovědy
exit	-	Ukončení nástroje

Tab. 3.9: Přehled příkazů nástroje VTCli

Formát parametrů **[ARGS]** je *vlastnost=hodnota*, příp. *vlastnost=hodnota1,hodnota2,…*

Tabulka 6.2 Parametry příkazů *select* a *insert* aplikace VTCli

Parametry select			
dataset			
name	název datasetu	**location**	umístění datových souborů datasetu
sequence			
name	název sekvence	**location**	umístění datových souborů sekvence
num	unikátní číslo sekvence	**type**	typ sekvence (*images / video*)
interval			
seqname	název sekvence, do které tento interval patří	**t1**	počáteční čas intervalu
location	umístění obrázku	**t2**	koncový čas intervalu
method			
name	název metody		
process			
name	název procesu	**method**	název metody, jejíž instancí je tento proces
inputs	datový typ vstupů (tabulka)	**outputs**	datový typ výstupů (tabulka)

Parametry insert			
sequence			
name	název sekvence (povinné)	**location**	umístění datových souborů sekvence
num	unikátní číslo sekvence	**type**	typ sekvence (*images / video*)
interval			
seqname	název sekvence, do které tento interval patří	**t1**	počáteční čas intervalu (povinné)
location	umístění obrázku	**t2**	koncový čas intervalu (povinné)
process			
name	název procesu (povinné)	**method**	název metody, jejíž instancí je tento proces
inputs	datový typ vstupů (tabulka)	**outputs**	datový typ výstupů (tabulka)

6.1.1 Ukázky použití aplikace VTCli

Interaktivní mód

Spuštění s parametrem umístění konfiguračního souboru:

```
./vtcli --config="./vtapi.conf"
```

Dotaz na dostupné datasety:

```
> select dataset
dsname|dslocation    |userid|groupid|created            |changed  |notes
name  |varchar       |name  |name   |timestamp          |timestamp|text
------+--------------+------+-------+-------------------+---------+------------
sin12 |sin12/        |vfroml|vidte  |2012-08-23 04:41:22|         |
sunar |i-LIDS/mct_tr/|vfroml|vidte  |2012-01-03 20:41:41|         |TrecVID
public|public/       |vfroml|vidte  |2012-01-03 20:41:41|         |test dataset
(3 rows)
```

Dotaz na sekvence datasetu:

```
> select sequence
seqname|seqnum|seqlocation|seqtyp |userid|groupid|created            |changed  |notes
name   |int4  |varchar    |seqtype|name  |name   |timestamp          |timestamp|text
-------+------+-----------+-------+------+-------+-------------------+---------+-----
video1 |1002  |video1.mpg |video  |vfroml|vidte  |2012-01-03 20:41:41|         |
video2 |1003  |video2.mpg |video  |vfroml|vidte  |2012-01-03 20:41:41|         |
video3 |1004  |video3.mpg |video  |vfroml|vidte  |2012-01-03 20:41:41|         |
frames |1001  |frames/    |images |vfroml|vidte  |2012-01-03 20:41:41|         |
(4 rows)
```

Dotaz na intervaly sekvence *video1*:

```
> select interval seqname=video1
seqname|t1  |t2  |imglocation|tags      |svm    |userid|created           |notes
varchar|int4|int4|varchar    |_int4     |_float4|name  |timestamp         |text
-------+----+----+-----------+----------+-------+------+------------------+-----
video1 |1   |3   |           |1,9,10    |       |vfroml|2011-11-08 20:01:55|
video1 |7   |12  |           |3,12,8,9,6|       |vfroml|2013-00-09 21:51:25|
video1 |2   |6   |           |2,5       |       |vfroml|2013-00-10 18:04:06|
(3 rows)
```

Vložení nového intervalu do sekvence *video1*:

```
> insert interval seqname=video1 t1=10 t2=16 tags=2,6,3
seqname|t1  |t2  |imglocation|tags      |svm    |userid|created           |notes
varchar|int4|int4|varchar    |_int4     |_float4|name  |timestamp         |text
-------+----+----+-----------+----------+-------+------+------------------+-----
video1 |1   |3   |           |1,9,10    |       |vfroml|2011-11-08 20:01:55|
video1 |7   |12  |           |3,12,8,9,6|       |vfroml|2013-00-09 21:51:25|
video1 |2   |6   |           |2,5       |       |vfroml|2013-00-10 18:04:06|
video1 |10  |16  |           |2,6,3     |       |vfroml|2013-00-10 18:30:23|
(4 rows)
```

Jednorázový mód

Spuštění sady příkazů vložení intervalů do datasetu *sunar*:

```
$ ./vtcli --dataset="sunar" insert interval seqname=video2 t1=1 t2=6 tags=1,5,6,9
$ ./vtcli --dataset="sunar" insert interval seqname=video2 t1=3 t2=9 tags=2,6,9,11,12
$ ./vtcli --dataset="sunar" insert interval seqname=video3 t1=2 t2=3 tags=2,6,9,11,12
```

6.2 Poznámky k instalaci

Instalace vyžaduje následující předpoklady:

- Linux, Windows
- GCC 4.5.2+ (4.6 and 4.7 pro kompilaci)
- PostgreSQL 9.2 a novější – libpq, libpqtypes 1.5

a/nebo

- OpenCV 2.4 (doporučeno)
- Postgis 2.1 (doporučeno), PROJ4 4.8 (reprojection), GEOS 3.3.8 (geometry), GDAL 1.9 (raster).

Získání aktuálních zdrojových kódů VTApi (v. 2.0)

```
> git clone git://gitorious.org/vtapi/vtapi.git
```

Pro verzi v1 (2011)

```
> git clone -b v1 git://gitorious.org/vtapi/vtapi.git
> git pull origin v1
```

Pro verzi v1.5 (2012)

```
> git clone -b v1 git://gitorious.org/vtapi/vtapi.git
> git pull origin v1
```

Pro uživatele systému Windows (x86) je k dispozici balíček na adrese http://vidte.fit.vutbr.cz/dist/VTApi_Windows.zip, který slouží pro podporu instalace VTApi. Čtěte README.txt, prosíme.

Následuje popis konfigurace a instalace VTApi je založený na autotools. Obvyklý postup instalace software pomocí autotools spočívá v zadaní následujících příkazů:

```
./autogen.sh
./configure
make
make install
```

Nastavení autotools pro překlad programu se provádí v konfiguračních souborech *./configure.ac* a *Makefile.am*, *src/Makefile.am*. V configure.ac se definují pravidla zjišťující přítomnost a umístění jednotlivých knihoven. Na základě tohoto se nastavují přepínače při překladu CFLAGS, CXXFLAGS a LDFLAGS. V Makefile.am se potom definuje seznam zdrojových souborů patřících k aplikaci nebo ke knihovně.

Program *./configure* následně zjištujě nastavení systému (nainstalované knihovny) a umožňuje nastavit varianty překladu. Knihovnu lze přeložit například bez podpory opencv, sqlite nebo postgisu. Vytvoření programové dokumentace je potřeba explicitně povolit. K tomtuto slouží následující přepínače:

```
--without-opencv
--without-sqlite
--without-postgis
--enable-doc
```

Program *./configure* může indikovat nepřítomnost nějaké knihovny chybovým hlášením. Například:

configure: error: the ltdl.h header is missing. Please install package libtool-ltdl-devel!

V případě, že systém obsahuje alespoň minimální sadu knihoven potřebných k překladu a běhu knihovny, tak se úspěšně vytvoří *Makefile*. Dostupná a zvolená sada knihoven podporovaných přeloženým VTApi je vypsána. Podpora knihoven cube a dalších potřebných pro práci s postgisem je označena slovem FIXME, protože v době vytváření instalátoru nebylo jeji funkčnost možné testovat (programová implementace nebyla funkční).

```
OpenCV:          yes
procps:          yes
sqlite3:         yes
postgresql:      yes
postgis:         yes
 - geos:         yes
 - lwgeom:       yes
 - cube:         no
documentation:   yes
```

Následný překlad knihovny se provede pomocí příkazu *make*. Samotná knihovna a TUI/CLI (text user interface/command line interface) aplikace je přeložená v adresářích uvnitř projektu.

Pro instalaci se použije příkaz *make install*. Tento krok bude pravděpodobně vyžadovat administrátorské oprávnění.

7 Závěr

V rámci testování proběhly 2 typy testů – funkční a výkonnostní. Prvním typem funkčního testu (verifikačním) je test vestavěný a spustitelný z VTCli ($ vtapi test). Druhým typem funkčního testu (validační) je demonstrativní použití VTApi pro klasifikaci a vyhledávání obrazových dat, jak je uvedeno v případu použití „Situace 2“. V rámci tohoto použití byl proveden výkonnostní test na serveru pořízeném v rámci projektu VideoTeror (s testem na síti FIT) s následujícími výsledky:

Množství dotazů je c.a. 1000 za sekundu (pomocí operace newInterva()).

Množství vkládaných/upravovaných dat je c.a. 1000 za sekundu (při celkové velikosti 4MB).

VTApi je využito v systému SUNAR-ED. Ten sestává ze tří částí – modulu počítačového vidění (SUNAR-SED), serverová část aplikace (SUNAR-VRM) a uživatelského rozhraní (Annotator). Z hlediska správy anotovaných dat VTApi poskytuje podporu v podobě ukládání dvojic klíč-hodnota a používáním selekcí, které umožňují efektivní přístup k prvkům kolekce takových dvojic.

Ve verzi 2.0 oproti předchozím verzím přibyla datová nezávislost (databáze SQLite), operace s metodami, instalátor a množství dalších změn v kódu. Ve verzi 2.5, která bude vyvíjena v roce 2014, plánujeme doplnění a zjednodušení funkčnosti metod a procesů – jejich řetězení, a realizaci případných dalších požadavků a námětů, které vzejdou z požadavků při používání VTApi v. 2.

Výchozí bod pro získání dalších informací a programové dokumentace je na adrese http://vidte.fit.vutbr.cz/vtapi.html.

8 Příloha Sady dat

V rámci projektu VideoTeror testujeme VTApi na následujících datových sadách (Dataset):

- TRECvid SIN (ITS) na základě dat „Internet Archive videos with Creative Commons licenses“ (50GB, 200 hodin) v MPEG-4/H.264 s trváním mezi 10s s 3,5min (IACC.1, http://www.archive.org/details/movies) spolu s anotovanými 346 koncepty (herec, letadlo, pláž, …).

  Více viz http://www-nlpir.nist.gov/projects/tv2011/tv2011.html#sin.

- TRECVid SED / AVSS Challenge na základě dat „HOSDB's i-LIDS Multiple Camera Tracking Training Corpus “ (128GB, 44 hodin, 5 kamer) z letiště London Gatwick v MPEG-2 nebo AVI (i-LIDS MCTTR, http://scienceandresearch.homeoffice.gov.uk/hosdb/cctv-imaging-technology/video-based-detection-systems/i-lids) spolu s anotovanými trajektoriemi některých osob (v XML) a popisem některých událostí (sjednoceno v 2012).

  Více viz http://www-nlpir.nist.gov/projects/tv2011/tv2011.html#sed a http://www.itl.nist.gov/iad/mig/tests/avss/2010/.

- Volně přístupný dataset University of Washington Image Database (Washington), (300MB, 1200 obrázků) zařazených do 21 kategorí (domorodci, fotbal, yellowstone, ...).

  Více viz http://www.cs.washington.edu/research/imagedatabase/.

- ImageNet je obrázková databáze organizovaná podle hierarchie WordNet (podstatná jména), kde v každém uzlu hierarchie jsou stovky až tisíce obrázků.

Více viz http://www.image-net.org/explore.

9 Literatura

[1] Chmelař, P., Fröml, V., Volf, T., Zendulka, J.: VTApi v. 1.0 Technická zpráva FIT - VG20102015006 - 2011 – 01. FIT VUT v Brně. 2011, 16 s.

[2] Chmelař, P., Fröml, V., Volf, T., Zendulka, J.: VTApi v. 1.5 Technická zpráva FIT – VG20102015006 – 2012 -01. FIT VUT v Brně. 2012, 40 s.

[3] Chmelař, P., Pešek, M., Volf, T., Zendulka, J., Fröml, V.: VTApi: an Efficient Framework for Computer Vision Data Management and Analytics, In: Advanced Concepts for Intelligent Vision Systems (ACIVS) - Proceedings of the 15th International Conference, ACIVS 2013, Poznań, PL, Springer, 2013, s. 378-388, ISBN 978-3-319-02894-1.