

# Návrh gramatiky a uživatelského rozhraní pro filtrování a vizualizaci časoprostorových dat

Richard Hauerland

## Abstrakt

Cílem této práce je navrhnout gramatiku a uživatelské rozhraní pro filtrování a vizualizaci časoprostorových dat. Konkrétně se budeme zabývat vyhodnocováním dopravních dat na základě analýzy trajektorií. Důležitou částí práce je návrh a popis formalismu, který umožňuje prostorovou filtraci a filtraci na základě statických a dynamických atributů. Na základě vytvořeného formalismu provedeme návrh aplikace s uživatelským rozhraním určené k analýze dat. Návrhu uživatelského rozhraní bude předcházet srovnání nejvýznamnějších existujících řešení.

**Klíčová slova:** Vizualizace — Analýza trajektorií — Filtrace — Formalismus

**Přiložené materiály:** [Ukázkové video](#)

[xhauer02@stud.fit.vutbr.cz](mailto:xhauer02@stud.fit.vutbr.cz), Faculty of Information Technology, Brno University of Technology

1	<b>1. Úvod</b>	
2	Použití motorových vozidel je v dnešní době pro	
3	většinu populace primárním způsobem dopravy. Vzhle-	
4	dem k vysokému počtu motorových vozidel na sil-	
5	nicích je nutné efektivně řídit dopravu a především	
6	zajistit maximální bezpečnost na silnicích. Kromě	
7	zlepšení městské infrastruktury je dále možné opti-	
8	malizovat dopravu pomocí monitorování a následné	
9	analýzy získaných dat. Pro získání dat se používají	
10	různé typy senzorů, díky kterým jsme schopni efek-	
11	tivně sledovat dopravní situaci na silnicích. Jedním	
12	z nejvíce efektivních přístupů k monitorování dopravy	
13	je použití videokamer. Pomocí vhodně umístěných do-	
14	pravních kamer jsme schopni monitorovat provoz na	
15	vozovce a získávat tak důležité informace o dopravní	
16	situaci.	
17	Výsledkem monitorování dopravy jsou získaná do-	
18	pravní data. Vzhledem k velkému množství získaných	
19	dat musíme být schopni provést filtraci trajektorií tak,	
20	abychom mohli efektivně přistupovat jen k těm infor-	
21	macím, které jsou pro nás důležité. Nad množinou	
22	získaných trajektorií je dále možné provádět prostoro-	
23	vou filtraci. Může nás například zajímat pouze jeden	
24	pruh vozovky nebo případně průjezd vozidel zvolenou	
25	zónou. Dále musíme být schopni filtrovat trajek-	
26	torie na základě statických atributů, do kterých patří	
	například barva a kategorie vozidla. Je také nutná pod-	27
	pora filtrace podle dynamických atributů zahrnujících	28
	zejména rychlost, zrychlení, dobu výskytu a délku	29
	stání vozidla [1].	30
	<b>2. Existující řešení</b>	<b>31</b>
	Účelem této části je představení již existujících apli-	32
	kací, které umožňují analýzu provozu a zpracování	33
	trajektorií jednotlivých účastníků provozu. Hlavním	34
	důvodem ukázky alternativních řešení je možnost	35
	získat přehled o přístupech k analýze provozu, kterých	36
	tato řešení využívají.	37
	<b>2.1 Miovision</b>	<b>38</b>
	Miovision [2] je společnost zabývající se získáváním	39
	a analýzou dopravních dat. Jedná se o společnost,	40
	kteřá se problematikou dopravních dat zabývá velmi	41
	dlouhou dobu a poskytuje rovnou několik různých	42
	aplikací pro získávání a zpracování dopravních dat.	43
	Jedním z hlavních produktů společnosti Miovision je	44
	aplikace DataLink poskytující celou platformu pro	45
	práci s dopravními daty. Přístup k této platformě je	46
	možný pomocí DataLink portálu, což je prostředí	47
	určené k získávání dopravních dat a statistik v rámci	48
	uživatelem zvolených lokací. Dalším produktem této	49
	společnosti je aplikace TrafficLink, která je více	50

51 zaměřena na optimalizaci dopravy ve velkých městech  
52 a inteligentní řízení provozu v rámci městské in-  
53 frastruktury.

54 Hlavní výhodou produktů od společnosti Miovi-  
55 sion je jejich intuitivnost a relativně snadné použití.  
56 Pro získání dopravních dat a statistik stačí pouze vy-  
57 brat na mapě požadovanou lokaci. K získání statistik  
58 nemusí uživatel vlastnit kamerové vybavení schopné  
59 zachycovat dopravní situaci a ani nepotřebuje mít do-  
60 pravní záznamy. Stačí si v portálu pouze zvolit pozici  
61 na mapě a následně mít rychlý přístup k dopravním sta-  
62 tistikám. Nevýhodou této platformy je naopak značná  
63 závislost na technické podpoře společnosti.

## 64 2.2 GoodVision Video Insights

65 Společnost GoodVision [3] se zabývá vývojem inter-  
66 aktivní aplikace Video Insights, díky které je možné  
67 analyzovat získaná data účastníků provozu. Vstu-  
68 pem této aplikace je nahrávka pořízená pomocí do-  
69 pravní kamery nebo letecký snímek pořízený dronem.  
70 Hlavní výhodou této aplikace je právě filtrace doplněná  
71 o přehlednou vizualizaci výstupů filtrace. Především  
72 prostorové filtrování je velmi užitečné a uživatel má  
73 možnost vytvářet nové elementy podle svých představ.  
74 Vizualizace analyzovaných dat je na velmi dobré  
75 úrovni. Především vytváření vlastních výstupních wi-  
76 dgetů je velkou výhodou této aplikace. Uživatelské  
77 rozhraní aplikace je poměrně intuitivní a je cíleno  
78 především na pokročilé možnosti nastavení vizuali-  
79 zace filtrovaných dat. Mírným omezením této aplikace  
80 je nemožnost provádět pokročilou filtraci díky kombi-  
81 nování filtrů. Vytvořené filtry nelze snadno propojo-  
82 vat a vytvářet tak filtry složitější, které by mohly být  
83 v některých případech velmi užitečné.

## 84 2.3 BriefCam Video Analytics

85 BriefCam [4] je společnost zabývající se zpracováním  
86 videa pomocí neuronových sítí a algoritmů pro zpra-  
87 cování obrazu. V tomto textu si představíme jejich  
88 aplikaci Video Analytics. Nejedná se pouze o jedi-  
89 nou aplikaci, ale rovnou o celou platformu určenou  
90 ke zpracování obrazu díky použitím umělé inteligence.  
91 Výhod této platformy je opravdu mnoho. Ve srovnání  
92 s konkurencí je navíc nabízena inovativní funkciona-  
93 lita v podobě vyhledávání ve více záznamech najednou  
94 a také sledování a vyhledávání objektů napříč záznamy.  
95 Jistou nevýhodou celé platformy je její vysoká ori-  
96 entovanost na detekci a vyhledávání objektů v obra-  
97 zových záznamech, což je na jednu stranu výhoda,  
98 ale slabinou celé platformy je relativně omezená fil-  
99 trace objektů. Filtrování objektů je samozřejmě možné,  
100 ale není možné vytvářet pokročilé filtry jejich kombi-  
101 nováním a propojováním.

## 2.4 Shrnutí konkurence 102

Pro představené alternativní řešení je společně 103  
uživatelsky přívětivé rozhraní a ovládání aplikace. 104  
Především vizualizace dat pomocí widgetů je z hle- 105  
diska prezentování výsledků analýzy velmi užitečná. 106  
Z hlediska funkcionality se v případě představených 107  
aplikací jedná o rozsáhlé projekty, které nabízejí velké 108  
množství funkcí. Všechna popsaná alternativní řešení 109  
mají omezení v případě pokročilé prostorové filtrace. 110  
Uživatel tedy obvykle nemá možnost vytvořit po- 111  
kročilý filtr složený z několika základních filtrů. 112

## 3. Filtrace trajektorií 113

Při tvorbě textu v této sekci bylo využito informací 114  
získaných v [5]. Také bylo využito některých principů 115  
popsaných v [6]. 116

V rámci této práce je úkolem vytvoření forma- 117  
lismu, pomocí kterého je možné specifikovat filtrování 118  
výstupů získaných při analýze dopravy. 119

### 3.1 Reprezentace prostorových dat 120

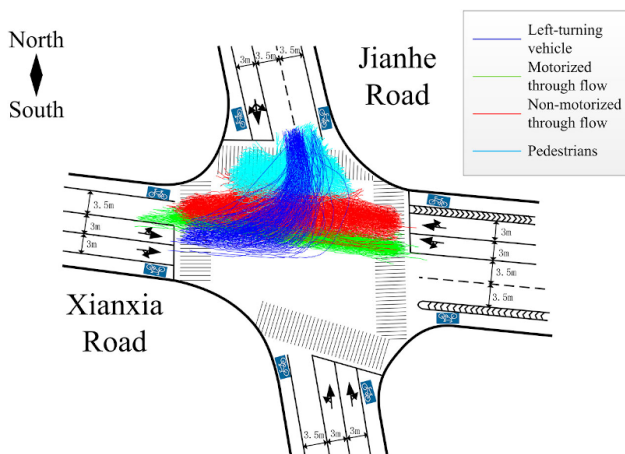
Důležitým úkolem je efektivně reprezentovat samot- 121  
nou dráhu pohybu vozidla. Při prostorové filtraci tra- 122  
jektorií musíme být schopni provést detekci protnutí 123  
brány nebo regionu danou trajektorií. Množina trajek- 124  
torií je vektorová vrstva dat, kterou je potřeba pro- 125  
storově filtrovat. Konkrétní geo-objekt trajektorie je 126  
pak linie tvořená sekvencí čar definovaných množinou 127  
řídících bodů. Prostorové elementy také bereme jako 128  
vektorové objekty, kdy element brány budeme repre- 129  
zentovat jako čáru definovanou dvojicí bodů. Element 130  
zóny bude definován jako polygon, což je uzavřená 131  
linie s určitou plochou [7]. 132

### 3.2 Statické atributy 133

V rámci reprezentace zachyceného objektu je vždy 134  
nutné ukládat jeho statické atributy, které se v průběhu 135  
analýzy nemění. Na základě těchto atributů můžeme 136  
vybrat jen takové trajektorie, které jsou pro nás 137  
zajímavé. Bude proveden návrh a popis různých 138  
operátorů, pomocí kterých jsme schopni zohlednit jen 139  
zájmové trajektorie. Do kategorie statických operátorů 140  
budou patřit operátory typu a barvy objektu. Uživatel 141  
má vždy možnost vybrat si libovolnou podmnožinu 142  
atributů z nabízeného výčtu hodnot. Jednotlivé atributy 143  
pak budou uloženy v rámci geo-objektu dané trajekto- 144  
rie [8]. 145

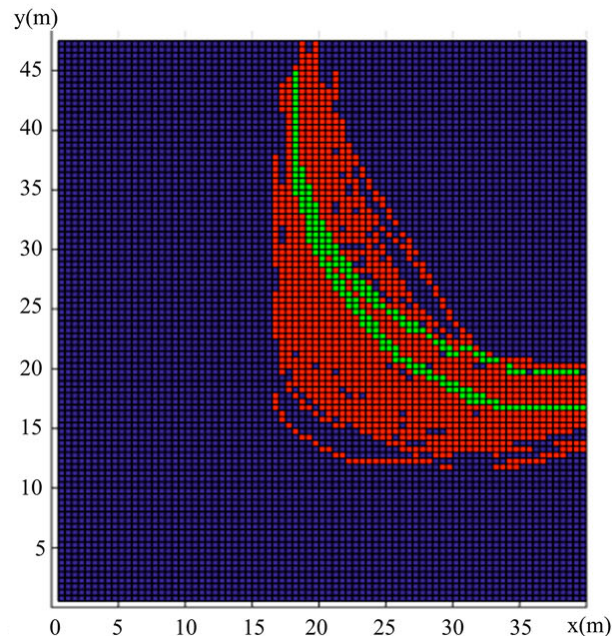
### 3.3 Dynamické atributy 146

Dále nás budou zajímat atributy dynamické. Mezi tyto 147  
atributy řadíme především rychlost, akceleraci, dobu 148  
stání vozidla a případně dobu výskytu objektu. Naše 149



**Obrázek 1.** Ukázka získané množiny trajektorií různých typů objektů detekovaných při průjezdu křižovatkou (převzato z [5]).

lasti mají stejné rozměry. Provádíme tedy výpočet průřezu vektorových objektů a rastru. Pro dosažení rychlejší prostorové filtrace je možné zvolit oblasti s větší plochou. Pokud naopak chceme dosáhnout vysoké přesnosti filtrace, tak je možné volit menší oblasti, na které prostor rozdělíme.



**Obrázek 2.** Ukázka dělení prostoru s množinou trajektorií na mřížku menších oblastí (převzato z [5]).

150 schopnost filtrovat trajektorie na základě dynamických  
151 atributů je naprosto klíčová. Musíme být například  
152 schopni spolehlivě a efektivně detekovat takové ob-  
153 jekty, které překračují určený rychlostní práh. Atribut  
154 je označován jako dynamický, protože se jeho hodnota  
155 může průběžně měnit v závislosti na čase analýzy. Je  
156 tedy nutné počítat s časovým vývojem daného atributu.

157 Za účelem reprezentace dynamických atributů bu-  
158 deme definovat časovou masku, což je struktura, díky  
159 které jsme schopni popsat množinu všech časových  
160 úseků dané trajektorie. Díky časové masce jsme  
161 schopni pracovat se stavem trajektorie ve zvoleném  
162 časovém období. Každý časový úsek trajektorie za-  
163 hrnuje získané dynamické atributy. Proces časové fil-  
164 trace trajektorií zahrnuje nalezení odpovídajícího dy-  
165 namického atributu z masky a ověření, zda získaná  
166 hodnota náleží zvolenému rozsahu hodnot [9].

### 167 3.4 Prostorová filtrace

168 Za účelem prostorové filtrace budeme využívat fil-  
169 trační rastrovou masku obsahující pouze binární hod-  
170 noty. Buňky s hodnotou 1 značí, že v odpovídající ob-  
171 lasti prostoru se nachází část daného elementu. Buňky  
172 s hodnotou 0 naopak reprezentují oblasti, na kterých se  
173 části elementu nenachází. Samotný výpočet průřezu  
174 bude proveden pomocí rastrové analýzy. K výpočtu  
175 využijeme mapové algebry, kdy provedeme booleov-  
176 skou operaci průniku nad rastrovou vrstvou trajektorie  
177 a rastrovou vrstvou prostorového elementu. K získání  
178 výstupní množiny trajektorií daného prostorového ele-  
179 mentu pak využijeme booleovské operace sjednocení  
180 nad všemi rastrovými vrstvami, na které byla apli-  
181 kována předchozí operace průniku [10].

182 Pro vytvoření rastrových masek geo-objektů  
183 musíme rozdělit vektorovou vrstvu do množiny  
184 obdélníkových oblastí, kdy všechny vzniklé ob-

### 3.5 Kombinace operátorů

Za účelem kombinování operátorů provedeme návrh booleovských operátorů, díky kterým je možné sdružovat výsledky z různých operátorů dohromady. Budou podporovány booleovské operátory typu sjednocení, průniku a doplňku. Díky přítomnosti booleovských operátorů jsme dokonce schopni vytvářet stromovou strukturu složenou z různých operátorů. Každým uzlem tohoto stromu bude konkrétní operátor. Listovými uzly takového stromu pak budou právě takové operátory, jejichž výstupy nás budou zajímat v rámci zpracování výsledků analýzy. Kořenem stromové struktury bude vstupní množina trajektorií získaných při analýze provozu. Z každého uzlu stromu jsme pak schopni propojit výstupní množinu odpovídajícího operátoru se vstupem operátoru jiného.

## 4. Popis formalismu

Provedeme popis formalismu umožňujícího filtraci trajektorií. Postupně budeme definovat jednotlivé základní struktury, ze kterých budeme následně konstruovat struktury složitější. Budeme zde pracovat s obecným počtem prvků ve strukturách, kdy skutečný počet prvků se bude moci měnit v závislosti na

185  
186  
187  
188  
189  
190

191

192  
193  
194  
195  
196  
197  
198  
199  
200  
201  
202  
203  
204  
205  
206

207

208  
209  
210  
211  
212  
213



214 použité aplikaci. V rámci každé kategorie operátorů je  
 215 na ukázkou definován pouze nejvýznamnější operátor.  
 216 Zbylé operátory daného typu lze definovat analo-  
 217 gickým způsobem.

## 218 4.1 Prostorové elementy

219 Bod v prostoru můžeme zadefinovat jako uspořádanou  
 220 dvojici horizontální a vertikální souřadnice naší scény,  
 221 a to následujícím způsobem:

222  $P = (X, Y)$  kde:

- 223 •  $X$ : horizontální souřadnice bodu v prostoru, kde  
 224  $X \in \mathbb{N}$ ,
- 225 •  $Y$ : vertikální souřadnice bodu v prostoru, kde  $Y \in$   
 226  $\mathbb{N}$

227 Region v prostoru budeme reprezentovat jako uzavřený  
 228 polygon alespoň třetího stupně. Samotnou definici po-  
 229 lygonu provedeme pomocí uspořádané  $n$ -tice bodů.  
 230 Níže můžeme vidět definici regionu:

231  $R = (P_1, P_2, \dots, P_n)$ , kde  $n \in \mathbb{N} \wedge n \geq 3 \wedge \exists L_n : L_n =$   
 232  $(P_n, P_1) \wedge \forall i \in \mathbb{N}, i < n : \exists L_i : L_i = (P_i, P_{i+1})$

## 233 4.2 Filtrační masky

234 Pomocí následující uspořádané  $n$ -tice budeme defino-  
 235 vat časový úsek trajektorie, kterou tvoří časová značka  
 236 úseku, doba trvání daného úseku a dále pak hodnoty  
 237 dynamických atributů:

238  $S = (Tim, Dur, Vel, Acc, Sta)$  kde:

- 239 •  $Tim$ : časová značka daného časového úseku  
 240 uložená v podobě hodnoty v milisekundách, kde  
 241  $Tim \in \mathbb{N}$ ,
- 242 •  $Dur$ : doba trvání daného časového úseku v mili-  
 243 sekundách, kde  $Dur \in \mathbb{N}$ ,
- 244 •  $Vel$ : průměrná rychlost objektu v rámci časového  
 245 úseku, kde  $Vel \in \mathbb{R}$ ,
- 246 •  $Acc$ : průměrná akcelerace objektu v rámci  
 247 časového úseku, kde  $Acc \in \mathbb{R}$ ,
- 248 •  $Sta$ : doba stání objektu v rámci časového úseku,  
 249 kde  $Sta \in \mathbb{N}$

250 Časová maska trajektorie je pak definována jako  
 251 uspořádaná  $n$ -tice navazujících časových úseků:

252  $TimeMask$ : časová filtrační maska v podobě sekvence  
 253 časových úseků, kde  $TimeMask = (S_1, S_2, \dots, S_n)$  pro  
 254  $n \in \mathbb{N}$

Na základě prostorové masky jsme schopni popsat tra- 255  
 jektorii nebo prostorový element v prostoru. Níže lze 256  
 vidět samotnou definici prostorové masky, která je re- 257  
 prezentována binární hodnotou: 258

$AreaMask$ : matice prostorové filtrační masky, kde 259  
 $AreaMask = (a_{i,j}), i, j = 1, \dots, n \wedge \forall i, j \in \mathbb{N} : a_{i,j} \in$  260  
 $\{0, 1\}$  261

## 4.3 Trajektorie 262

Dráhu trajektorie budeme definovat jako uspořádanou 263  
 $n$ -tici řídicích bodů trajektorie. Jsou zahrnuty potřebné 264  
 statické atributy. Za účelem dynamické filtrace je nutné 265  
 uložit časovou masku trajektorie. Dále je potřeba uložit 266  
 prostorovou masku, abychom mohli aplikovat prostoro- 267  
 vou filtraci trajektorie. Níže můžeme vidět výslednou 268  
 reprezentaci trajektorie: 269

$T = (Path, Type, Color, TimeMask, AreaMask)$  kde: 270

- $Path = (P_1, P_2, \dots, P_n)$ , kde  $n \in \mathbb{N} \wedge n \geq 2 \wedge \forall i \in$  271  
 $\mathbb{N}, i < n : \exists L_i : L_i = (P_i, P_{i+1})$  je uspořádaná  $n$ -tice 272  
 řídicích bodů reprezentujících trajektorii v pro- 273  
 storu, 274
- $Type$ : typ objektu, kde  $Type \in Types$ , 275
- $Color$ : barva objektu, kde  $Color \in Colors$ , 276
- $TimeMask$ : časová maska trajektorie, 277
- $AreaMask$ : prostorová maska trajektorie 278

## 4.4 Statické operátory 279

V rámci analýzy provozu je nutná implementace 280  
 operátorů určených k filtraci získaných trajektorií 281  
 na základě statických atributů. Definice barevného 282  
 operátoru je následující: 283

$ColorOperator = (In, Out, Enum)$  kde: 284

- $In$ : množina vstupních trajektorií operátoru, kde 285  
 $In = \{T_1, T_2, \dots, T_n \mid n \in \mathbb{N}\}$ , 286
- $Out$ : množina všech výstupních trajektorií 287  
 operátoru, kde  $Out = \{T_1, T_2, \dots, T_n \mid n \in \mathbb{N} \wedge \forall i \in$  288  
 $\mathbb{N}, i \leq n : T_i \in In \wedge \pi 3(T_i) \in Enum\}$ , 289
- $Enum$ : množina akceptovaných barev objektů, kde 290  
 $Enum \subseteq Colors$  291

## 4.5 Dynamické operátory 292

Dynamické operátory filtrují vstupní množinu trajek- 293  
 torií podle náležitosti hodnoty atributu do zvoleného in- 294  
 tervalu. Pro získání aktuální hodnoty atributu je volána 295  
 funkce, která vrací současnou hodnotu na základě 296

297 trajektorie specifikované v jejím parametru. Definice  
298 operátoru rychlosti je pak následující:

299  $VelocityOperator = (In, Out, Vel_{min}, Vel_{max})$  kde:

- 300 •  $In$ : množina vstupních trajektorií operátoru, kde  
301  $In = \{T_1, T_2, \dots, T_n \mid n \in \mathbb{N}\}$ ,
- 302 •  $Out$ : množina všech výstupních trajektorií  
303 operátoru, kde  $Out = \{T_1, T_2, \dots, T_n \mid n \in \mathbb{N} \wedge \forall i \in$   
304  $\mathbb{N}, i \leq n : T_i \in In \wedge Vel_{min} \leq velocity(T_i) \leq Vel_{max}\}$ ,
- 305 •  $Vel_{min}$ : minimální průměrná rychlost objektu, kde  
306  $Vel_{min} \in \mathbb{R}$ ,
- 307 •  $Vel_{max}$ : maximální průměrná rychlost objektu, kde  
308  $Vel_{max} \in \mathbb{R}$

#### 309 4.6 Prostorové operátory

310 Získání výstupní množiny trajektorií u tohoto typu  
311 operátorů vyžaduje výpočet prostorové filtrace.  
312 K výpočtu průsečíku trajektorií s prostorovým  
313 elementem využijeme možností prostorové masky.  
314 Výstupem provedené prostorové filtrace je množina  
315 binárních vektorů. Níže lze vidět definici prostorového  
316 operátoru regionu:

317  $ZoneOperator = (R, In, AreaMask, BitMask, Out)$  kde:

- 318 •  $R$ : ohraničující region operátoru,
- 319 •  $In$ : množina vstupních trajektorií operátoru, kde  
320  $In = \{T_1, T_2, \dots, T_n \mid n \in \mathbb{N}\}$ ,
- 321 •  $AreaMask$ : prostorová maska regionu,
- 322 •  $BitMask = \{B_1, B_2, \dots, B_n \mid n \in \mathbb{N} \wedge \forall i \in \mathbb{N}, i \leq n :$   
323  $B_i = (b_1, b_2, \dots, b_k), \text{ kde } k = |In| \wedge \forall j \in \mathbb{N}, j \leq k :$   
324  $b_j = \{0, 1\}\}$  je výsledná množina binárních vek-  
325 torů po provedení filtrace trajektorií pomocí pro-  
326 storové masky,
- 327 •  $Out$ : množina všech výstupních trajektorií  
328 operátoru, kde  $Out = \{T_1, T_2, \dots, T_n \mid n \in \mathbb{N} \wedge \forall i \in$   
329  $\mathbb{N}, i \leq n : T_i \in In \wedge \exists B \in BitMask : \pi_i(B) = 1\}$

#### 330 4.7 Booleovské operátory

331 Z důvodu kombinace operátorů je nutná implemen-  
332 tace booleovských operátorů, díky kterým bude možné  
333 spojovat výstupy operátorů a dále s nimi pracovat.  
334 Ukázka definice booleovského operátoru sjednocení je  
335 následující:

336  $UnionOperator = (In, Out)$  kde:

- 337 •  $In$ : množina množin vstupních trajektorií  
338 operátoru, kde  $In = \{In_1, In_2, \dots, In_m \mid m \in$   
339  $\mathbb{N} \wedge \forall i \in \mathbb{N}, i \leq m : In_i = \{T_1, T_2, \dots, T_n \mid n \in \mathbb{N}\}\}$ ,

- $Out$ : sjednocení všech vstupních množin trajektorií, 340  
kde  $Out = \bigcup_{i=1}^{\infty} In_i$  341

## 5. Uživatelské rozhraní 342

V rámci této části textu se zabýváme popisem gra- 343  
fického uživatelského rozhraní určeného k vizualizaci 344  
a filtraci dopravních dat a trajektorií. Jednotlivé kom- 345  
ponenty uživatelského rozhraní jsou stavěny na od- 346  
povídajících strukturách z formalismu. 347

### 5.1 Vizualizace scény 348

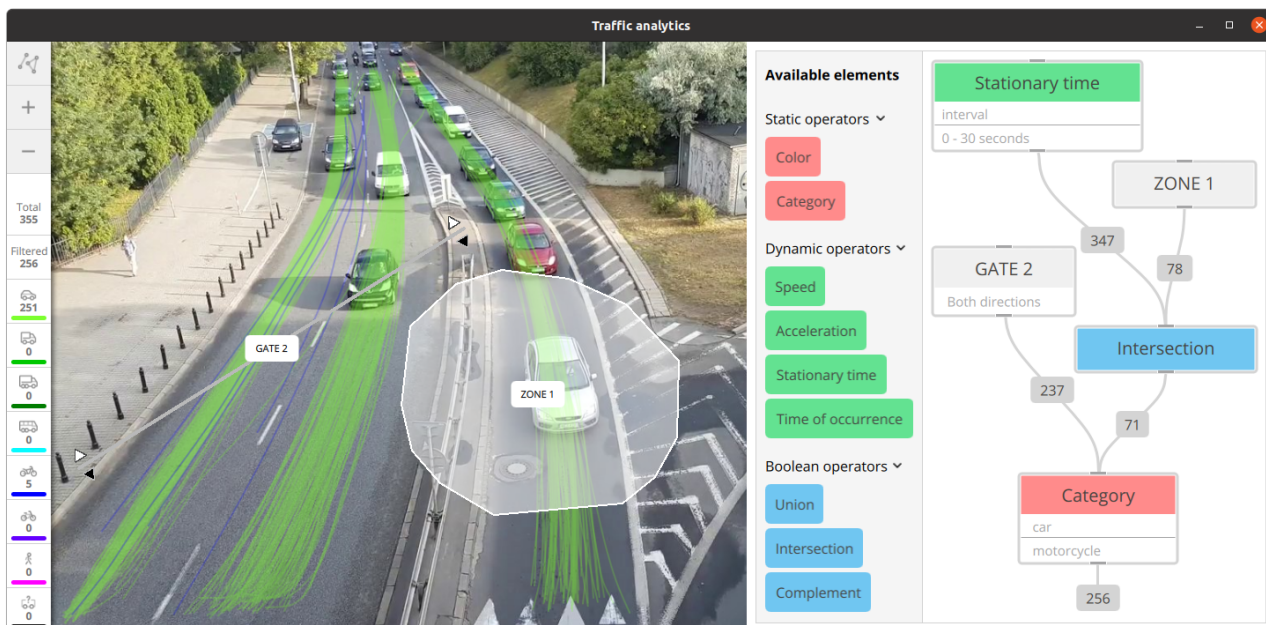
Hlavní součástí uživatelského rozhraní je vizuali- 349  
zace scény. Výstupem vizualizace scény je tedy 350  
množina trajektorií vykreslovaná na zvoleném obra- 351  
zovém záznamu. Pomocí procesu rasterizace jsme 352  
schopni převést geometrickou reprezentaci trajektorie 353  
na množinu pixelů obrazu. Trajektorie jednotlivých ka- 354  
tegorií vozidel jsou vykreslovány v různých barevných 355  
odstínech. Díky použití více druhů barev jsme schopni 356  
zlepšit čitelnost samotného výstupu vizualizace scény. 357  
Je potřeba zmínit skutečnost, že celá vstupní množina 358  
trajektorií je rovnou načtena ze zdrojového souboru 359  
při spuštění aplikace. Scéna je tedy rovnou vykres- 360  
lována v čase konce analýzy se všemi trajektoriemi 361  
a se snímkem scény z konce nahrávky. Aplikace tedy 362  
nepodporuje vykreslování videa, ale pouze statického 363  
ukázkového snímku. 364

### 5.2 Prostorové elementy 365

Podstatnou funkcionalitou navržené aplikace musí být 366  
možnost prostorové filtrace. Tato filtrace vyžaduje vy- 367  
tvoření odpovídajících prostorových elementů v rámci 368  
scény. V naší aplikaci podporujeme dva různé typy pro- 369  
storových elementů. Jedná se o bránu a polygonální 370  
region. Brána je úsečka, kterou mají filtrované trajek- 371  
torie protínat. U každé brány si uživatel může vybrat 372  
směr filtrace. Druhým podporovaným prostorovým ele- 373  
mentem je polygonální region, který musí filtrované 374  
trajektorie protnout. Uživateli je umožněno vytvoření 375  
libovolného tvaru podporovaných elementů na zvolené 376  
pozici v rámci scény. 377

### 5.3 Filtrační strom 378

Vytváření pokročilých operátorů je realizováno struk- 379  
turou, kterou nazýváme filtrační strom. Uzly této stro- 380  
mové struktury jsou jednotlivé operátory propojené 381  
pomocí propojovacích křivek. Filtrační strom je tvořen 382  
pouze jediným kořenovým operátorem, který je im- 383  
plicitní. Postupným připojováním dalších operátorů 384  
vzniká pokročilejší filtrační strom. V případě propojení 385  
dvou operátorů dochází k tomu, že všechny trajektorie 386



**Obrázek 3.** Ukázka výsledné aplikace s prostorovými elementy a filtračním stromem.

387 filtrované prvním operátorem musí být dále filtrované  
 388 operátorem druhým. Samozřejmě je možné navázat  
 389 výstup jednoho operátora na více vstupů různých  
 390 operátorů.

## 391 6. Závěr

392 Cílem této práce byl návrh gramatiky a uživatelského  
 393 rozhraní pro filtrování a vizualizaci časoprostorových  
 394 dat. Bylo provedeno představení nejvýznamnějších  
 395 existujících aplikací, které umožňují vizualizaci a fil-  
 396 traci dopravních dat. Následoval popis formalismu  
 397 umožňujícího filtraci na základě statických a dyna-  
 398 mických atributů a dále také filtraci prostorovou. Na  
 399 základě vytvořeného formalismu byl proveden návrh  
 400 a implementace aplikace s uživatelským rozhraním,  
 401 která je určena k vizualizaci a analýze dopravních dat.

## 402 Poděkování

403 Chtěl bych poděkovat mému vedoucímu panu Ing. Ja-  
 404 roslavovi Rozmanovi, Ph.D. za jeho pomoc při psaní  
 405 tohoto článku.

## 406 Literatura

- 407 [1] Zuchao Wang, Min Lu, Xiaoru Yuan, Junping  
 408 Zhang, and Huub Wetering. Visual traffic jam  
 409 analysis based on trajectory data. *IEEE transac-  
 410 tions on visualization and computer graphics*,  
 411 19:2159–68, 12 2013.
- 412 [2] *Miovision: Traffic Systems Management*. [on-  
 413 line]. [cit. 2020-01-18]. Dostupné z: <https://miovision.com>.  
 414

- [3] *GoodVision Video Insights - Advanced Traffic* 415  
*Analytics Platform*. [online]. [cit. 2020-01-18]. 416  
 Dostupné z: <https://goodvisionlive.com>. 417  
 418
- [4] *BriefCam: Transforming video into actionable in-* 419  
*telligence*. [online]. [cit. 2020-01-18]. Dostupné 420  
 z: <https://www.briefcam.com>. 421
- [5] Yiming Xu, Zian Ma, and Jian Sun. Simulation 422  
 of turning vehicles' behaviors at mixed-flow in- 423  
 tersections based on potential field theory. *Trans-* 424  
*portmetrica B: Transport Dynamics*, 7:1–21, 03 425  
 2018. 426
- [6] Venkatesan Kanagaraj, Gowri Asaithambi, To- 427  
 mer Toledo, and Tzu-Chang Lee. Trajectory data 428  
 and flow characteristics of mixed traffic. *Trans-* 429  
*portation Research Record: Journal of the Trans-* 430  
*portation Research Board*, 2491:1–11, 10 2015. 431
- [7] Otto Huisman and Rolf de By. *Principles of* 432  
*geographic information systems : an introductory* 433  
*textbook*. 01 2009. 434
- [8] Bernard Jacob and Eric Violette. Vehicle tra- 435  
 jectory analysis: An advanced tool for road sa- 436  
 fety. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 437  
 48:1805–1814, 12 2012. 438
- [9] K. K. Santhosh, D. P. Dogra, P. P. Roy, and B. B. 439  
 Chaudhuri. Trajectory-based scene understand- 440  
 ing using dirichlet process mixture model. *IEEE* 441  
*Transactions on Cybernetics*, pages 1–14, 2019. 442
- [10] P. Folger. Geospatial information and geographic 443  
 information systems (gis): Current issues and 444  
 future challenges. pages 1–34, 01 2011. 445