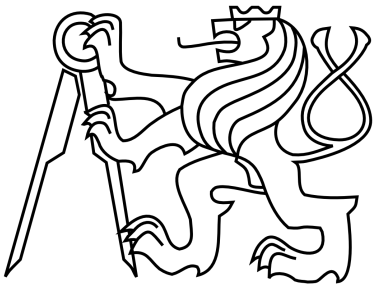
České vysoké učení technické v Praze
Fakulta stavební



155ADKG Algoritmy v digitální kartografii

Množinové operace s polygony

Bc. Lukáš Kettner Bc. Martin Hulín
17.12.2019

Obsah

1 Zadanie

Vstup: množina n polygonů P=$\{P_1, ..., P_n\}$.

Výstup: množina m polygonů $P' = \{P'_1, ..., P'_m\}$.

S využitím algoritmu pro množinové operace s polygony implementujte pro libovolné dva polygony $P_i, P_j \in P$ následující operace:

- Průnik polygonů $P_i \cap P_j$,
- Sjednocení polygonů $P_i \cup P_j$,
- Rozdíl polygonů: $P_i \cap \overline{P}_j$, resp. $P_j \cap \overline{P}_i$.

Jako vstupní data použijte existující kartografická data (např. konvertované shape fily) či syntetická data, která budou načítána z textového souboru ve Vámi zvoleném formátu.

Grafické rozhraní realizujte s využitím frameworku QT.

Při zpracování se snažte postihnout nejčastější singulární případy: společný vrchol, společná část segmentu, společný celý segment či více společných segmentů. Ošetřete situace, kdy výsledkem není 2D entita, ale 0D či 1D entita.

Pro výše uvedené účely je nutné mít řádně odladěny algoritmy z úlohy 1. Postup ošetření těchto případů diskutujte v technické zprávě, zamyslete se nad dalšími singularitami, které mohou nastat.

Hodnocení:

Krok	**Hodnocení**
Množinové operace: průnik, sjednocení, rozdíl	20b
Konstrukce offsetu (bufferu)	*+10b*
Výpočet průsečíků segmentů algoritmem Bentley & Ottman	*+8b*
Řešení pro polygony obsahující holes (otvory)	*+6b*
Max celkem:	**44b**

Čas zpracování: 2 týdny

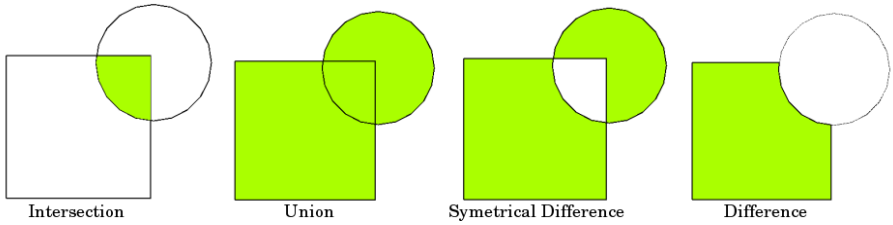
1.1 Bonusové úlohy

V rámci úlohy sú vypracované tieto bonusové úlohy

- Riešenie pre polygóny obsahujúce otvory

2 Popis a rozbor problému

Podstatou úlohy je tvorba aplikácie, v ktorej grafickom rozhraní bude možné prevádzať základné množinové operácie. V rámci úlohy sa zoberáme operáciami prienik, zjednotenie a rozdiel polygónov A a B.



Obr. 1: Typy množinových operácií s polygónmi

3 Popis použitých algoritmov

3.1 Výpočet priesečníkom, zotriedenie a aktualizácia

Využili sme funkciu get2LinesPosition. Táto funkcia kontroluje hrany z polygonu A a polygonu B na existenciu priesečníku. V úlohe bol použitý datový typ QPointFB, ktorý uchováva hodnoty parametrov alfa a beta. Tento typ je odvodený od typu QPointF. Pokiaľ priesečník existoval spočítali sme jeho súradnice.

Pri výpočte priesečníku môžu nastať nasledujúce možnosti :

1. úsečky sú kolineárne
2. úsečky sú rovnobežné
3. úsečky sú rôznobežné
4. úsečky sú mimobežné

Tieto hodnoty sa ukladajúdo datového typu map - kľúč je parameter alfa / beta, hodnota priesečník. Priesečníky boli ďalej vložené do správneho polygónu na správnu pozíciu pomocou funkcie processIntersection.

3.1.1 Implementácia metódy processIntersection

1. Nastavenie tolerancie epsilon
2. $if((t >= epsilon)\&\&(t <= 1 - epsilon)$
3. $i+ = 1$
4. $polygon.insert(polygon.begin()+i, pi$ // priradť priesečník polygónu na pozíciu

3.1.2 Implementácia funkcie computePolygonIntersection

1. Cyklus $for(inti = 0; i < pa.size(); i++)$ - prechádame celý polygón A
2. Vytvotenie map $std :: map < double, QPointFB > intersections$
3. Cyklus $for(intj = 0; j < pb.size(); j++)$ - prechádame celý polygón B

4. $if(get2LinesPosition(...) == INTERSECTED$ podmienka ak existuje prisečník

5. Získaj hodnoty alpha, beta, ulož priesečník do mapy na základe alpha $intersections[alpha] = p_i$

6. $processIntersection(pi, beta, pb, j)$

7. Ak bol nájdený aspoň jeden priesečník

8. prejdi mapu $for(std :: pair < double, QPointFB > item : intersections)$

9. získaj druhú hodnotu z páru $QPointFBpi = item.second$

10. $processIntersection(pi, alfa, pa, i)$

3.2 Ohodnotenie vrcholov

Tento algoritmus uplatňuje ako ohodnocovacie pravidlo polohu vrcholu v polygóne voči druhému vrcholu. Rozsah hodnotenia v závislosti na polohe môže byť Inner, Outer, On. Tieto hodnoty boli uložené do nového datového typu TPointPolygonPosition. K určeniu polohy sme využili Winding Number algoritmus.

3.2.1 Implementácia metódy setPosition

1. Cyklus $for(inti = 0; i < n; i + +)$ - prechádame celý polygón A

2. Výpočet stredového bodu hrany

3. $doublemx = (pa[i].x() + pa[(i + 1)\%n].x())/2;$

4. $doublemy = (pa[i].y() + pa[(i + 1)\%n].y())/2;$

5. Uloženie bodu $QPointFBm(mx, my)$;

6. Určenie polohy metodou Winding Number $TPointPolygonPositionposition = positionPointPolygonWinding(m, pb)$;

7. Uloženie pozície počiatočného vrholu hrany

3.3 Ohodnotenie hran

Výber hran pre množinové operácie znázorňuje nasledujúca tabuľka.

Operace	A	B
$C = A \cap B$	Inner	Inner
$C = A \cup B$	Outer	Outer
$C = A \cap \overline{B}$	Outer	Inner
$C = B \cap \overline{A}$	Inner	Outer
$C = A \triangle B$	Inner + Outer	Inner + Outer

3.4 Vytvorenie hran

Vrcholy, ktorým náleží príslušne ohodnotenie sme následne spojili do hrán a uložili do vektoru, ktorý je vykreslovaný.

3.4.1 Implementácia metódy selectEdges

1. Cyklus $for(inti = 0; i < n; i++)$ prechádzame celý polygon
2. Nájdenie vhodnej hrany
3. $Edgee(pol[i], pol[(i+1)\%pol.size()])$; vytvorenie hrany
4. $edges.push_back(e)$; pridanie hrany do vektoru hran

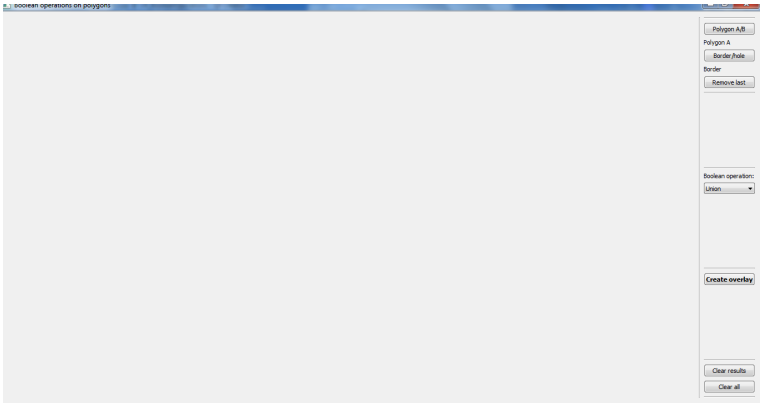
4 Vstupné dáta

Vstupnými dátami sú dva polygóny, naklikané ručne v grafickom rozhraní aplikácie. Pomocou tlačítka PolagonA/B je možné prepínať medzi kresbou jednotlivých polygónov.

5 Výstupné - generovanie množinových operácií

Výstupnými dátami je graficky reprezentované zobrazenie množinových operácií.

6 Ukážka vytvorenej aplikácie



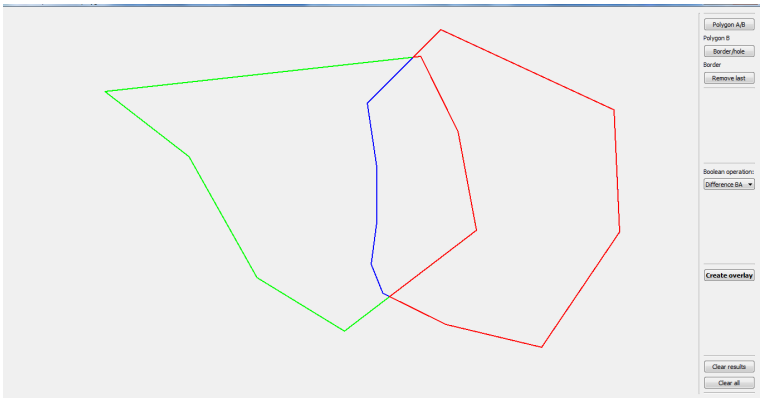
Obr. 2: Ukážka grafického rozhrania aplikácie

Obr. 3: Ukážka grafického rozhrania aplikácie - 2 polygóny

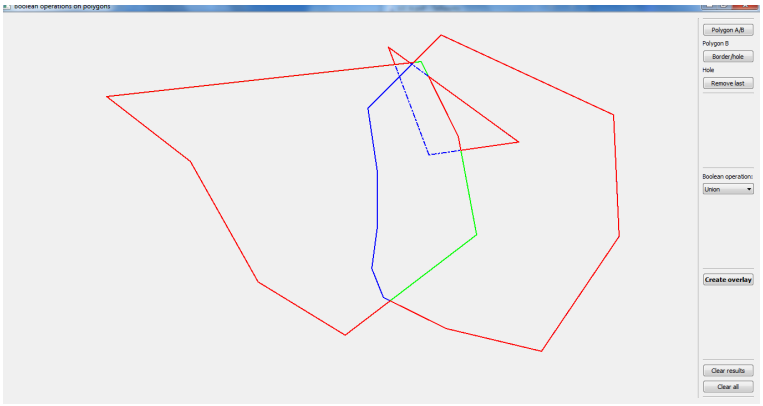
Obr. 4: Ukážka grafického rozhrania aplikácie - Union

Obr. 5: Ukážka grafického rozhrania aplikácie - Intersect

Obr. 6: Ukážka grafického rozhrania aplikácie - Difference AB



Obr. 7: Ukážka grafického rozhrania aplikácie - Difference BA



Obr. 8: Ukážka grafického rozhrania aplikácie - Holes pri operácii Union

7 Dokumentácia

7.1 Trieda Algorithms

Triedu Algorithms sme použili pre deklarovanie funkcií pre výpočtové algoritmy tvorby množinových operácií s polygónmi.

7.1.1 Metódy

getAngle2Vectors

- Slúži k určeniu uhlu medzi dvoma priamkami. Jej návratovou hodnotou je double

- na vstupe má : súradnice bodov p_1, p_2, p_3, p_4 určujúcich prvú a druhú priamku
- výstupom je hodnota uhlu medzi priamkami

getPointLinePosition

- Slúži na určenie polohy bodu voči priamke. Jej návratovou hodnotou je integer.
- na vstupe má : súradnice určovaného bodu q , súradnice bodov priamky p_1 p_2
- na výstupe hodnoty :
  - LeftHp
  - RightHp
  - Colinear

positionPointPolygonWinding

- slúži k určeniu polohy bodu prostredníctvom Winding Number algoritmu. Jej návratový typ je integer.
- na vstupe má : QPointFB q – bod ktorého polohu určujeme, std::vector<QPointFB> pol – polygon, voči ktorému určujeme polohu bodu q
- výstupom je hodnota :
  - Outer
  - Inner

get2LinesPosition

- funkcia slúžia k výpočtu polohy dvoch priavok voči sebe.
- na vstupe je sú body QPointFB p1, p2, p3, p4, pi
- na výstupe hodnoty :
  - Identical
  - Paralel
  - Intersected

- NonIntersected

booleanOperations

- funkcia slúžia k prevedeniu množinových operácií..
- na vstupe je sú polygóny bodov QPointFB polygonA, polygonB a typ operácie
- na výstupe je vektor hrán odpovedajúci zvolenej operácii pre polygóny

processIntersection

- funkcia slúžia k prevedeniu zaradenia vypočítaného priesečníku na správnu pozíciu v príslušnom polygóne. Jej návratovym typom je void.

computePolygonIntersection

- funkcia slúžia k výpočtu priesečníku. Jej návratovym typom je void.

setPositionsAB

- funkcia je pomocnou funkciou pre boolenOperations. Jej návratovym typom je void.

setPositions

- funkcia slúži k určeniu pozície hrany. Jej návratovym typom je void.

selectEdges

- funkcia slúži k vybraniu príslušných hrán. Jej návratovym typom je void.

booleanOperationsHoles

- funkcia slúžia k prevedeniu množinových operácií pri zadaní Holes.
- na vstupe je sú polygóny bodov QPointFB polygonA, polygonB a typ operácie

- na výstupe je vektor hrán odpovedajúci zvolenej operácii pre polygóny

mergeVectors

- funkcia slúži k zlúčeniu vektorov hrán. Jej návratovym typom je void.

7.2 Trieda Draw

Trieda Draw slúži ku grafickému vykresleniu množinových operácií.

7.2.1 Členské premenné

std::vector<QPointFB>a, b

- vektory bodov, ktoré tvoria jednotlivé polygóny A a B. Polygón A sa vykresluje plnou čiarou zelenej farby, polygon B plnou čiarou modrej farby.

std::vector<QPointFB>inA, inB

- vektory bodov, ktoré tvoria diery v jednotlivých polygónoch. U každého polygónu je možná len jedna diera. Diery sa vykreslujú rovnakou farbou ako polygóny, no čiarkovanou čiarou.

std::vector<Edge>res

- je to vektor, ktorý obsahuje hrany tvoriace výsledok množinovej operácie. Tá je vykreslená červenou farbou.

std::vector<Edge>removeEdges

- je to vektor, ktorý obsahuje hrany, ktoré majú byť vo výsledku zakryté / zafarbené. Ich vykreslenie je prevedené bilou farou, čo je mierne vidieť ale v rámci praktického použitia to bolo najjednoduchšie možné riešenie.

bool ab

- táto premenná indikuje v akom bode je kreslenie, či užívateľ kreslí polygón A alebo B. V deafault nastavení sa kreslí polygon A.

bool inout

- premenná indikuje kreslenie hranice / diery. Defaultne nastavenie je kresba hranice.

7.2.2 Metódy

paintEvent

- slúži k vykresleniu naklikaných hran v tvare polygónov. Návratovým typom je void.

void mousePressEvent

- slúži k vykresleniu bodu stlačením tlačidla myši, v okamihu stlačenia tlačidla na myši sa uložia súradnice bodu. Návratovým typom je void.

void drawPolygon

- slúži k vykresleniu polygónu. Návratovým typom je void.

void clearResult

- slúži k vymazaniu výsledku vykonanej množinovej operácie. Návratovým typom je void.

void removeLast

- slúži k vymazaniu poslednej pridanej hrany polygónu. Návratovým typom je void.

void clearAll

- slúži k vymazaniu obsahu celého grafického okna aplikácie. Návratovým typom je void.

getA

- slúži k vráteniu členskej premennej a

getB

- slúži k vráteniu členskej premennej b

getAHole

- slúži k vráteniu členskej premennej inA

getBHole

- slúži k vráteniu členskej premennej inB

getRes

- slúži kvráteniu členskej premennej res

getRemoveEdges

- slúži k vráteniu členskej premennej removeEdges

bool getPolygonStatus

- slúži k vráteniu členskej premennej ab

bool getDrawStatus

- slúži k vráteniu členskej premennej inout

setA

- slúži k nastaveniu členskej premennej a

setB

- slúži k nastaveniu členskej premennej b

setRes

- slúži k nastaveniu členskej premennej res

setRemoveEdges

- slúži k nastaveniu členskej premennej removeEdges

void changePolygon

- slúži k zmene polygónu pri vykreslovaní

7.3 Trieda Edge

Je to definície datového typu Edge. Reprezentuje usporiadanú dvojicu vrcholov, ktoré tvoria hranu.

7.4 Trieda QPointFB

Je to odvodená trieda od triedy QPointF. Pridali sme k nej hodnotu parametru alpha/beta.

7.5 Trieda Types

Tieda Types slúži pre definovanie nových datových typov, ktoré nám umožnili ľahšiu a prehladnejšiu implementáciu algoritmov.

7.6 Trieda Widget

Tieda Widget obashuje metódy ktoré sú odkazom na sloty umožňujúce vykonávať príkazy z grafického rozhrania aplikácie. Nemajú žiadne vstupné hodnoty, návratovým typom je void.

7.6.1 Metódy

on_pushButton_switch_clicked

- tlačidlo **Polygon A/B** po kliknutí naň sa zmení vykreslovanie polygonu A na B a opačne

on_pushButton_createOverlay_clicked

- tlačidlo **Create overlay** po kliknutí naň sa vygeneruje zvolená množinová operácia

on_pushButton_clearResult_clicked

- tlačidlo **Clear result** po kliknutí naň sa vymaže výsledok množinovej operácie

on_pushButton_clearAll_clicked

- tlačidlo **Clear all** po kliknutí naň sa vymaže celé grafické okno Canvasu

on_pushButton_changeInOut_clicked

- tlačidlo **Border / Holel** kliknutím naň je možné meniť kresbu polygónu / hole

on_pushButton_removeLast_clicked

- tlačidlo **Removel lastl** kliknutím naň sa odstráni posledná vytvorená hrana

8 Záver

Výsledkom úlohy je funkčná aplikácia a grafická prezentácia množinových operácií. V aplikácii je zakomponovaná tvorba dier (holes). Hrany, ktoré majú byť vo výsledku skyté sú vykreslované bielou farbou, čo si pozorný užívateľ aplikácie určite všimne. Bohužiaľ vzhľadom na časové možnosti autorov bola táto možnosť najvhodnejším možným riešením. Tento bod je určite námetom na vylepšenie aplikácie, kedy by hrany, ktoré nemajú byť vykreslované boli vyhľadané a odstránené.

Zoznam obrázkov