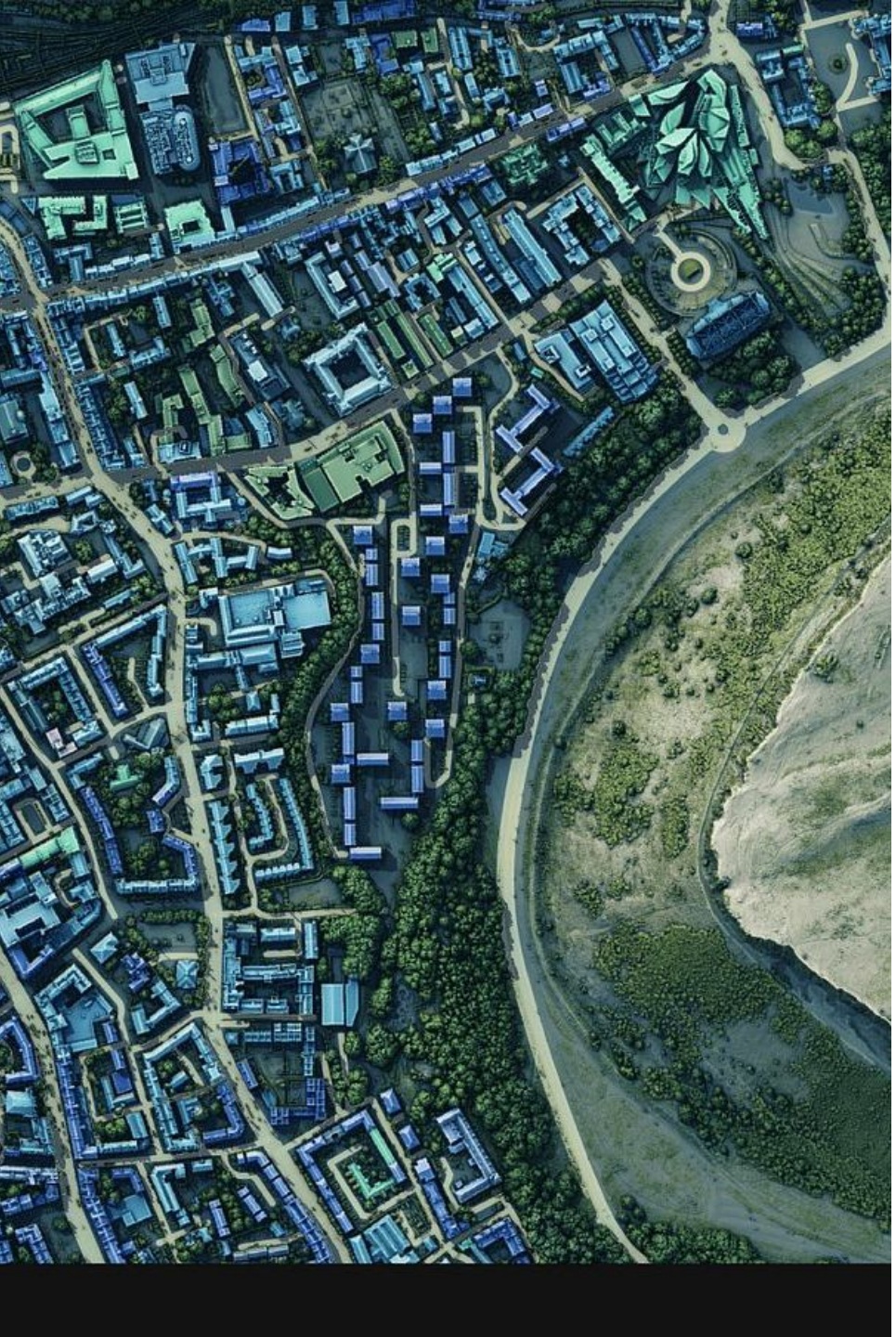


FAKULTA STAVEBNÍ ČVUT V PRAZE | KATEDRA GEOMATIKY

Přednáška 5: Vektorové analýzy a prostorové dotazy

Prostorové relace, DE-9IM, obalové zóny, překryvné operace a úpravy geometrií

prof. Ing. Jiří Cajthaml, Ph.D., 2026

Cíle přednášky a tematické okruhy

Hlavní cíl: Osvojit si teoretické i praktické principy vektorových prostorových analýz, pochopit matematický rámec DE-9IM pro testování relací, ovládnout tvorbu obalových zón a překryvných operací pro multikritériální inženýrská hodnocení.

Blok 1 – Prostorové relace a obalové zóny

Testování topologických relací

bez změny geometrie

Rámec DE-9IM

Interior, Boundary, Exterior

Eukleidovský vs. Geodetický buffer

disolvování a parametrizace

Blok 2 – Překryvné operace a agregace

Geometrické slučování a ořezávání

Intersect, Union, Clip, Erase

Agregace a zjednodušování geometrií

Dissolve, Centroids, Convex Hull

Multikritériální prostorové dotazy

a řešení střetů zájmů

Úvod do prostorových analýz ve vektorovém datovém modelu

Podstata prostorové analýzy

Proces transformování geografických dat na nové informace odhalující skryté prostorové vzorce, vztahy a závislosti.

Specifika vektoru

Pracuje s přesnými souřadnicovými geometriemi bodů, linií a polygonů spojenými s atributovou databází.



Geometrii zachovávající

Prostorové dotazy a testování topologických relací (výstupem je výběr prvků).

Geometrii měnící

Tvorba nových geometrií (buffer, překryvné operace, agregace).

Prostorové relace a topologické testování

Definice prostorové relace: Vztah mezi dvěma či více geografickými objekty vyhodnocovaný na základě jejich relativní polohy v prostoru.

Význam pro inženýrství: Umožňuje automaticky vyhledat prvky splňující kritéria bez nutnosti měnit jejich geometrickou strukturu.

Typy prostorových dotazů



Polohové

Které budovy leží v záplavovém území Q100?



Vzdálenostní

Které studny se nacházejí do 50 m od staveniště?



Topologické

Které parcelní hranice sousedí s plánovanou trasou silnice?

Rámec DE-9IM (Dimensionally Extended 9-Intersection Model)

Matematický základ: Standard OGC pro definici a testování prostorových relací mezi dvěma geometriemi (A a B).

Složky geometrie

Interior (Vnitřek, I)

Vnitřní oblast geometrie bez její hranice.





Boundary (Hranice, B)

Hraniční linie nebo uzly geometrie.

Exterior (Vnějšek, E)

Všechny body prostoru, které nepatří do vnitřku ani hranice.

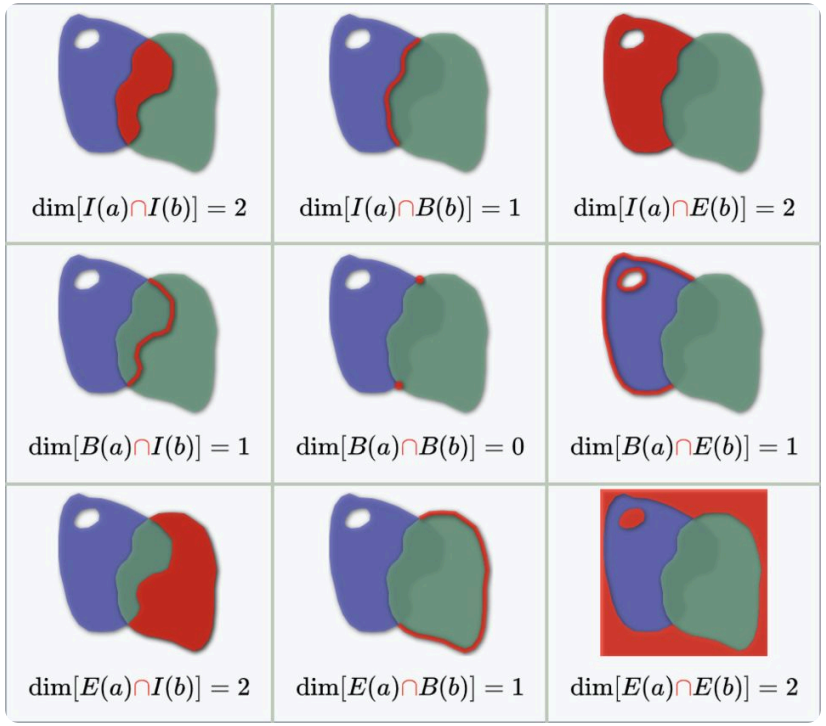


Dimenze průniku: Hodnoty 0 (bod), 1 (linie), 2 (plocha) nebo F (prázdná množina False).

Matice DE-9IM: Konstrukce a zápis

Matice 3×3: Vyjadřuje dimenzi průniku všech kombinací složek geometrií A a B.

Formát matice



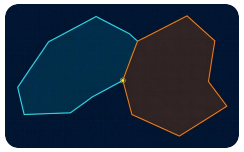
I(A) ∩ I(B)	I(A) ∩ B(B)	I(A) ∩ E(B)
B(A) ∩ I(B)	B(A) ∩ B(B)	B(A) ∩ E(B)
E(A) ∩ I(B)	E(A) ∩ B(B)	E(A) ∩ E(B)

Příklad relace „Equals“ (Identita): Kód matice T*F**F*** vyjadřuje plnou geometrickou shodu dvou prvků.

Význam pro GIS vývojáře: Zajišťuje jednoznačnost a standardizaci prostorových dotazů napříč databázemi (PostGIS, Oracle Spatial, ArcGIS).

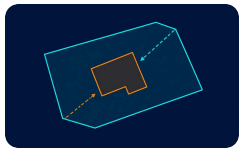


Základní prostorové dotazy: Intersects a Contains/Within



Relace Intersects (Protnutí)

- Geometrie A a B sdílejí alespoň jeden společný bod ve svém vnitřku nebo hranici.
- Najuniverzálnější dotaz (např. vyhledání všech inženýrských sítí protínajících stavební parcelu).



Relace Contains (Obsahuje) / Within (Leží uvnitř)

- Contains: Geometrie A plně obklopuje geometrii B, pričemž vnitřek B nezasahuje do vnějšku A.
- Within: Inverzní relace k Contains (B je uvnitř A).
- Příklad: Budova (polygon) leží uvnitř stavebního pozemku (polygon).

Prostorové dotazy: Touches a Overlaps

Touches

Dotýká se

Relace Touches

Geometrie A a B sdílejí alespoň jeden bod na své hranici, ale jejich vnitřky se neprotínají.

Příklad v katastru

Sousední katastrální parcely se dotýkají společnou hraniční linií.

Overlaps

Překrývá se

Relace Overlaps

Geometrie A a B mají stejnou dimenzi (např. dva polygony), jejich průnik tvoří geometrii stejné dimenze, ale ani jedna plně neobsahuje druhou.

Příklad

Chráněné území částečně překrývá těžební dobývací prostor.

Testování vzdálenosti (Within a Distance) a prostorové selekce

Relace	Within a Distance	V definované vzdálenosti
Princip	Vyhledá objekty, jejichž minimální vzdálenost od zdrojového prvku je menší nebo rovna zadanému prahu d.	
Geometrie	Nevytváří novou geometrii, slouží výhradně jako selekční filtr v atributové tabulce.	
Praktické využití	Identifikace objektů ohrožených hlukem do 100 m od železniční trati.	Výběr zákazníků žijících do 5 km od plánovaného obchodního centra.



Analýza obalových zón (Buffer) - koncept a parametry

Definice Bufferu

Geometrická operace vytvářející novou plošnou entitu (polygon) vymezující území ve stanovené vzdálenosti od vstupních bodů, linií nebo polygonů.

Princip výpočtu

Množina všech bodů v rovině/prostoru, jejichž vzdálenost od zdrojového objektu je menší nebo rovna poloměru r.

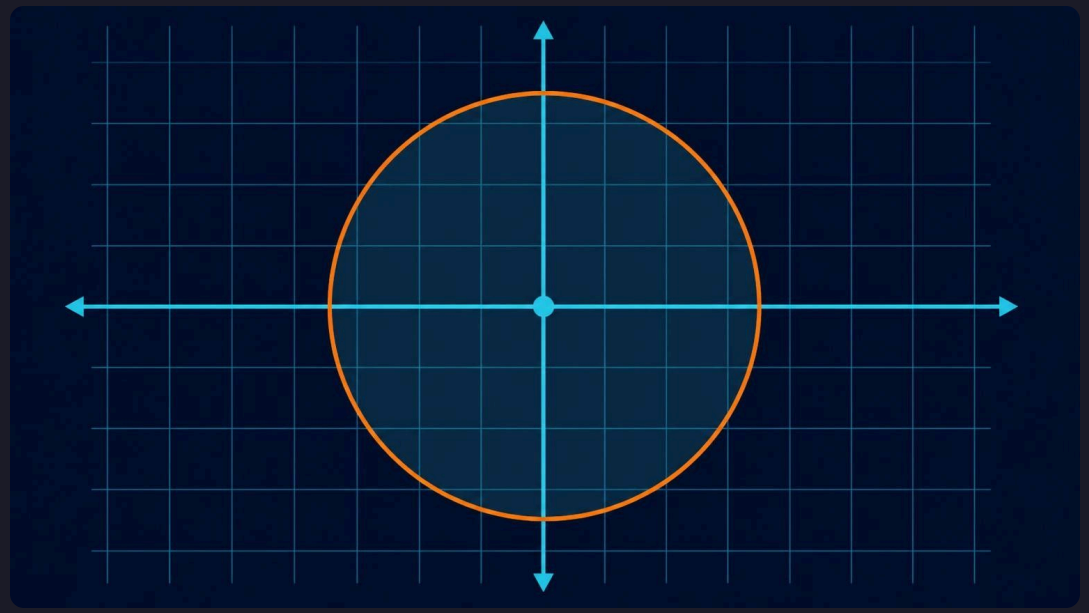
Klíčové parametry tvorby obalové zóny

- Velikost polohového poloměru (konstantní hodnota nebo proměnná čerpaná z atributového pole).
- Způsob ukončení linií (Flat / Round ends).
- Typ strany u linií (Oboustranný / Jednostranný / Levé či Pravé obalové pásmo).

Eukleidovský vs. Geodetický buffer

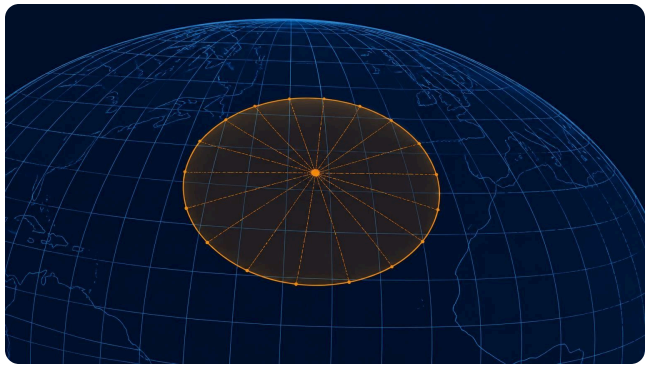
Eukleidovský buffer (Planar Buffer)

Počítán v rovinném kartézském souřadnicovém systému (např. S-JTSK). Předpokládá eukleidovskou geometrii na ploché rovině. Vhodný pro lokální inženýrské stavby a malé rozsahy území.



Geodetický buffer (Geodesic Buffer)

Počítán přímo na zakřiveném povrchu elipsoidu (WGS-84 / ETRS89). Zohledňuje zakřivení Země a projekční zkreslení. Nevyhnutelný pro kontinentální a globální analýzy (např. letové koridory, mezinárodní produktovody).



Volitelné parametry bufferu: Dissolve, Caps a Joins

Využití v inženýrské praxi: Dissolve buffer eliminuje duplicitní výpočet výměr chráněných pásem u složitých liniových sítí.

1

No Dissolve

Volba Dissolve Option (Rozpouštění hranic): Vznikne samostatný polygon bufferu pro každý vstupní prvek (dochází k překryvům).

2

Dissolve All

Všechny překrývající se obalové zóny se sloučí do jediného uceleného polygonu.

3

Join Type a End Type

Volba typu rohu a zakončení: Round (Oblé rohy a konce) vs. Miter/Square (Ostré zkosené rohy).

Aplikace obalových zón: Ochranná pásma inženýrských sítí

Zákonná ochranná pásma infrastruktury v ČR:

1

VTL Plynovod

Ochranné pásmo 8 až 40 m od osy potrubí dle tlaku.

2

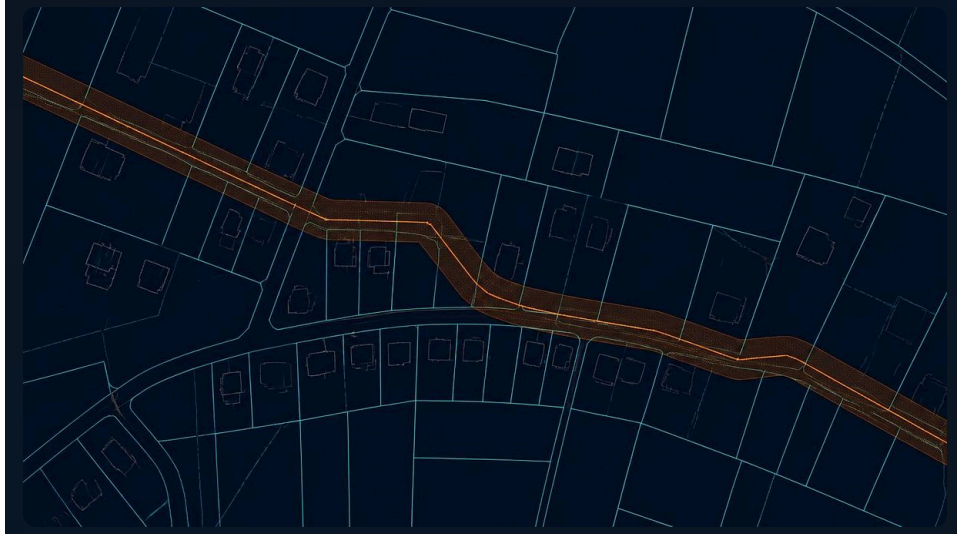
Nadzemní elektrické vedení (110 kV)

Ochranné pásmo 12 m od krajního vodiče.

3

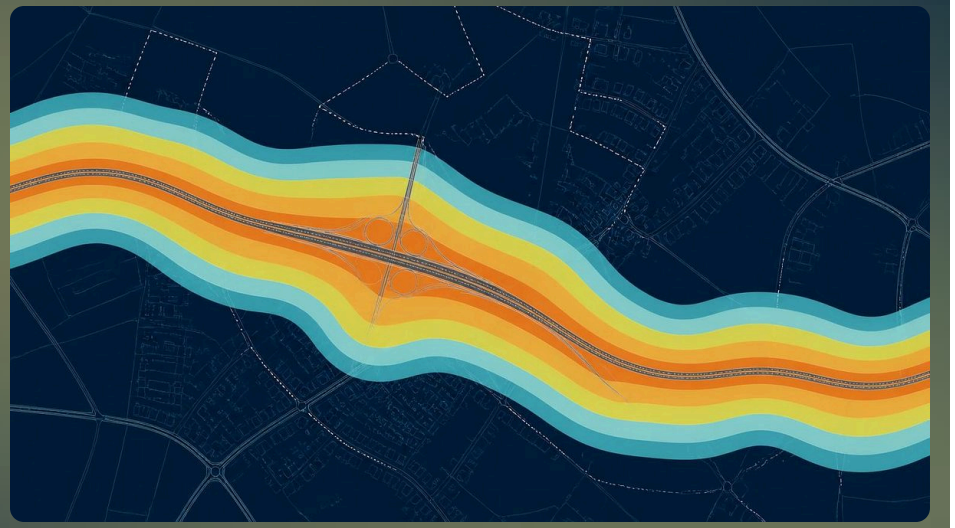
Vodovodní a kanalizační řady

Ochranné pásmo 1,5 až 2,5 m od vnějšího líce potrubí.



Inženýrský postup v GIS

1. Vytvoření oboustranného bufferu se šířkou dle zákona kolem linie sítě.
2. Překryv ochranného pásma s katastrální mapou pro identifikaci dotčených parcel.



Aplikace obalových zón: Hluková a hygienická pásma

Hluková pásma kolem komunikací

Vytvoření odstupňovaných obalových zón (Variable Buffer) na základě intenzity dopravy.

Vymezení zón s překročením hygienických limitů hluku (např. 55 dB v noci).

Hygienická pásma vodních zdrojů (PHO)

PHO I. stupně: Přísné ochranné pásmo v bezprostředním okolí odběru (buffer 10–50 m).

PHO II. stupně: Širší pásmo vymezené na základě hydrogeologického modelu.

Úvod do překryvných operací (Overlay Analysis)

Princip overlay analýzy: Geometrické sloučení nebo ořezání dvou či více vektorových vrstev za současného výpočtu nových geometrií a sloučení jejich atributových tabulek.

Rozdíl oproti prostorovému dotazu

Překryvná operace fyzicky mění geometrickou strukturu dat a vytváří novou výstupní vrstvu!

Podmínka použití

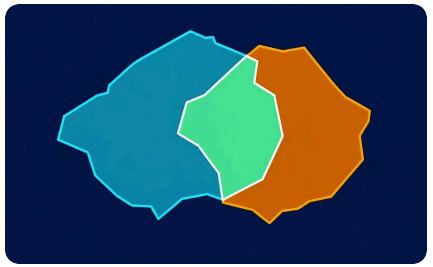
Vstupní vrstvy musí ležet v identickém souřadnicovém systému (CRS, např. EPSG:5514).

Základní typy overlay operací

Intersect, Union, Clip, Erase, Symmetrical Difference.

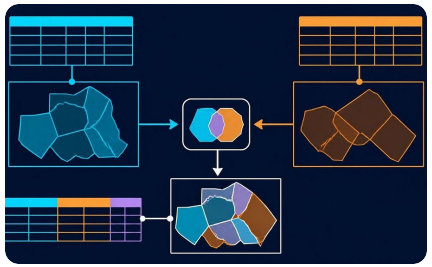
Operace Průnik (Intersect)

Definice operace Intersect: Vytvoří novou geometrii z území, která se současně překrývají ve všech vstupních vrstvách (odpovídá logickému operátoru AND).



Vstupní geometrie

Možné kombinovat Polygon × Polygon, Line × Polygon, Point × Polygon.



Atributový přenos

Výstupní prvek obsahuje všechny atributy z první i druhé vstupní vrstvy.



Inženýrský příklad

Průnik trasy plánované cesty (linie) s lesními porosty (polygon) vrátí přesné úseky lesa určené k kácení.

Operace Sjednocení (Union)

Definice operace Union: Sloučí veškerou geometrii obou vstupních vrstev do nového uceleného souboru (odpovídá logickému operátoru OR).

Omezení geometrie

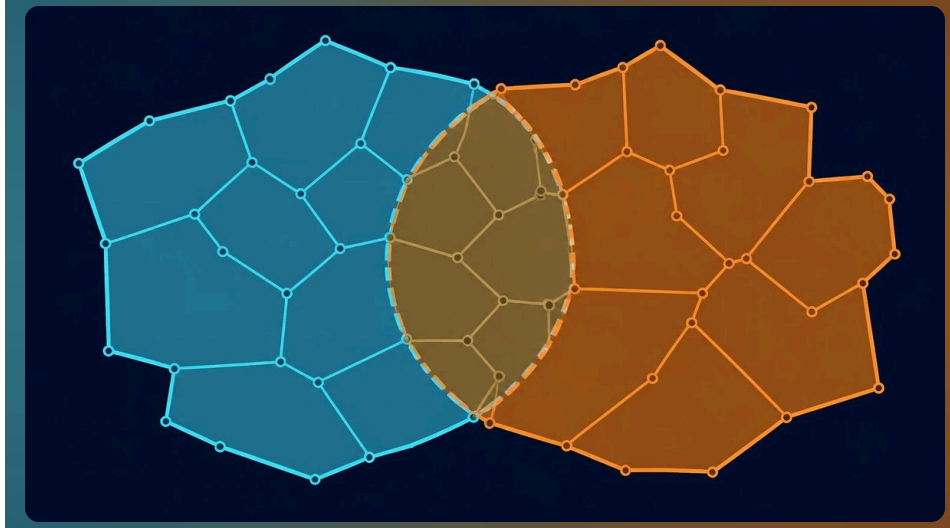
Lze provádět výhradně nad plošnými prvky (Polygon × Polygon!).

Atributový přenos

Výstup obsahuje polygony, které patří do obou vrstev, i polygony patřící pouze do jedné z nich (chybějící atributy jsou vyplněny hodnotou NULL).

Využití v územním plánování

Sjednocení vrstvy druhu pozemků s vrstvou územního plánu pro kompletní bilanci změn v území.



Operace Ořez (Clip)

Definice operace Clip

Použije druhou vrstvu jako „vykrajovátko“ (Cookie Cutter) pro oříznutí rozsahu prvků první vrstvy.

Charakteristika atributů

Na rozdíl od Intersectu se atributy z ořezávací vrstvy NEPŘENÁŠEJÍ do výstupní tabulky!

Typy geometrií

Ořezávat lze body, linie i polygony ořezávacím polygonem.

Praktické využití

Oříznutí celostátní databáze ZABAGED na přesný rozsah řešeného katastrálního území nebo zájmového staveniště.

Operace Vymazání (Erase / Difference)

Definice operace Erase

Odstraní z první vstupní vrstvy všechny plochy nebo geometrie, které se překrývají s vymazávací vrstvou (odpovídá logickému operátoru NOT).

Vztah k ostatním operacím

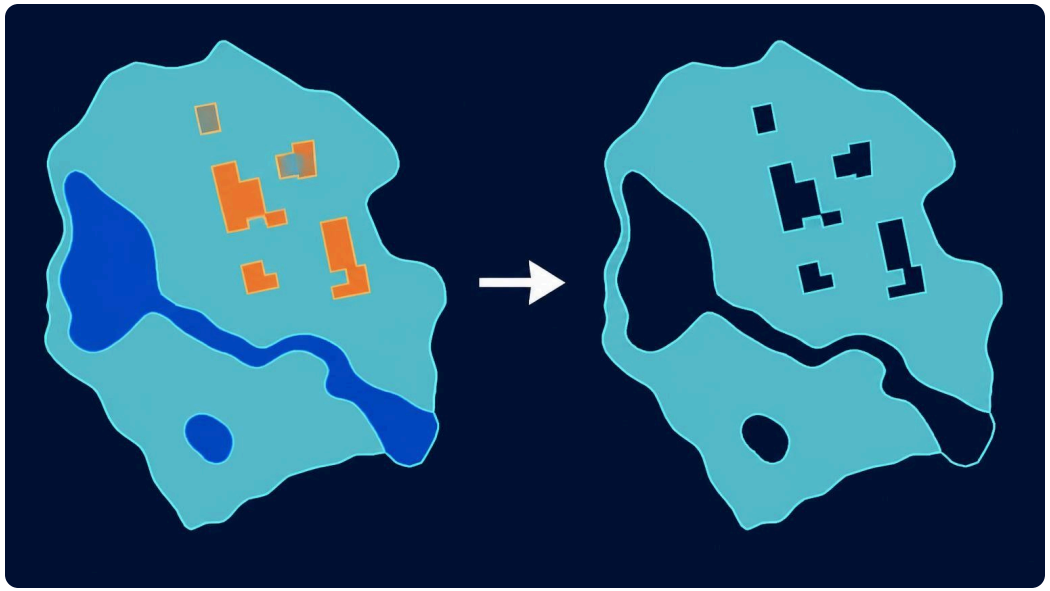
Geometrický doplněk k operaci Clip.

Atributový přenos

Atributy z vymazávací vrstvy se nezasílají do výstupu.

Inženýrský příklad

Vymazání zastavěných ploch a vodních ploch z mapy území pro získání ploch dostupných pro novou výstavbu.



Porovnání překryvných operací

Srovnávací přehled základních typů overlay analýz:

Intersect (Průnik)

Společná plocha | Přenáší atributy obou vrstev | Logický AND.

Union (Sjednocení)

Veškerá plocha | Přenáší atributy obou vrstev | Logický OR.

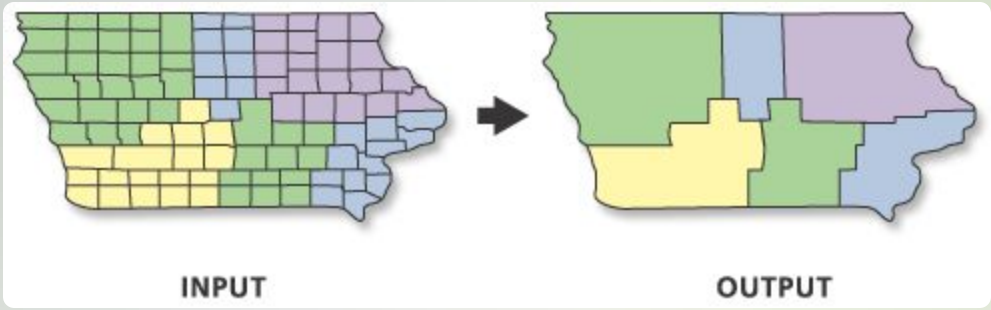
Clip (Ořez)

Oříznutá plocha | Nepřenáší atributy ořezávače | Oříznutí rozsahu.

Erase (Vymazání)

Zbývající plocha | Nepřenáší atributy vymazávače | Logický NOT.

Volba operace: Závisí na požadovaném matematickém logickém cíli a potřebě sloučení atributových databází.



Úpravy geometrií: Operace Dissolve (Slučování polygonů)

Definice operace Dissolve

Agregační operace, která slučuje sousedící polygony nebo linie sdílející stejnou hodnotu zvoleného atributu.

Odstranění vnitřních hranic

Zanikají společné hranice mezi prvky a vzniká ucelený větší polygon.

Agregace atributů

Při disolvování lze matematicky agregovat ostatní čísla (např. spočítat součet výměr SUM nebo průměrnou cenu AVG).

> ⚠ **Příklad v geografii**
>
> Sloučení parcel katastrálního území podle atributu Vlastník tvoří ucelené majetkové državy.

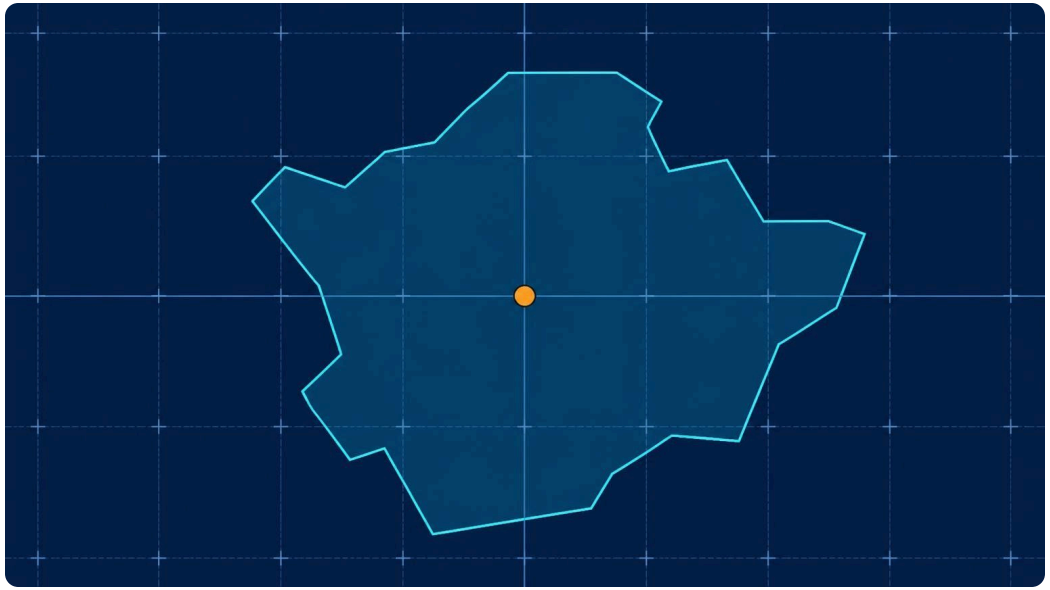
Generování těžišť (Centroids) a konvexních obalů

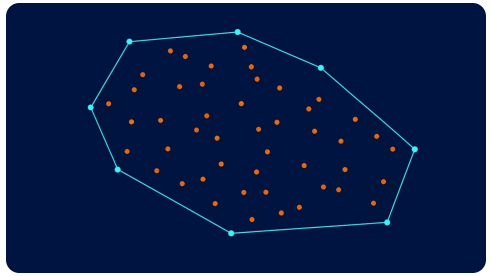
Operace Centroid (Těžiště)

- Výpočet geometrického středu hmotnosti polygonu nebo liniové sítě.
- Vytvoří náhradní bodový prvek nesoucí atributy původního polygonu.
- Využití: Převod polygonů budov na adresní body pro síťové analýzy.

Operace Convex Hull (Konvexní obal)

- Vytvoří nejmenší konvexní polygon obepínající množinu bodů nebo geometrií (princip "napnuté gumičky").
- Využití: Rychlé vymezní zájmového obvodu staveniště z mračna měřických bodů.





Rozdělování geometrií (Split a Multipart to Singlepart)

Operace Split (Rozdělení)

- Rozdělení polygonu nebo linie protnutím dělicí linií na více samostatných prvků.
- Využití: Dělení stavební parcely na nově vznikající pozemky.

Složené geometrie (Multipart Features)

- Jeden řádek v atributové databázi reprezentuje více samostatných plošných ostrovů (např. souostroví nebo obec s exklávou).

Dělení Multipart to Singlepart

Rozpadne složenou geometrii na samostatné prvky, přičemž každý získá vlastní řádek v atributové tabulce.

Pokročilé prostorové spojení (Spatial Join)

Definice Spatial Join: Připojení atributů z dceřiné vrstvy k mateřské vrstvě na základě jejich vzájemné prostorové relace (místo spolehlivého klíče PK/FK!).

1

Možná pravidla prostorové relace

Intersects, Contains, Within, Closest (Nejbližší prvek).

2

Agregační pravidla při vazbě 1:N

Pokud jedné parcele odpovídá N bodů studní, Spatial Join umožňuje vypočítat průměrnou hloubku (AVG) nebo počet studní (COUNT).

3

Význam pro praxi

Zásadní nástroj pro syntézu nesourodých geodatových sad bez společného kódování.

Multikritériální vektorová analýza (Vektorový MCA)

Principy MCA v GIS: Proces vyhledávání optimálních lokalit na základě kombinování více prostorových podmínek a omezení.

Kroky multikritériálního vyhodnocení

1. Stanovení vylučujících kritérií (Vylučovací zóny / Constraints – např. záplavové území Q100, chráněná příroda).
2. Stanovení optimálních kritérií (Faktory / Factors – např. vzdálenost od silnice < 200 m, sklon < 5°).
3. Provedení sekvence operací Buffer, Intersect a Erase.
4. Výstup: Polygonová vrstva vhodných stavebních parcel.

Aplikace 1: Vyhledávání vhodných stavebních lokalit

Zadání inženýrské úlohy: Nalezení vhodné parcely pro výstavbu krajského logistického centra.

Vstupní kritéria a postup v GIS

1. Vzdálenost od sjezdu z dálnice do 2 km → Buffer 2 km od dálnice.
2. Mimo záplavové území Q100 → Erase vrstvy inundace DIBAVOD.
3. Mimo I. a II. třídu ochrany ZPF → Erase nejkvalitnější půdy.
4. Plocha pozemku > 10 000 m² → Atributový filtr WHERE Area > 10000.

⚠ **Výsledek**

Finální výběr vhodných pozemků pro majetkoprávní výkup.

Aplikace 2: Vyhodnocení střetů zájmů u liniových staveb

Příprava záborového elaborátu dálnice

1

Buffer

Vytvoření záborového pasu liniové stavby pomocí operace Buffer (např. šířka 50 m).

2

Intersect

Provedení operace Intersect záborového pasu s katastrální mapou parcel (ISKN).

3

Calculated Area

Přepočet výměr dotčených částí parcel v m² (Calculated Area).

4

Propojení s RÚIAN

Propojení s RÚIAN pro automatické vygenerování seznamu majitelů k výkupu pozemků.

Přínos pro inženýry: Dramatické zrychlení majetkoprávní přípravy stavby bez rizika opomenutí.

Automatizace vektorových analýz (ModelBuilder a Python)

Potřeba automatizace

Opakované provádění desítek analytických kroků u velkých projektů.

Nástroje automatizace v GIS

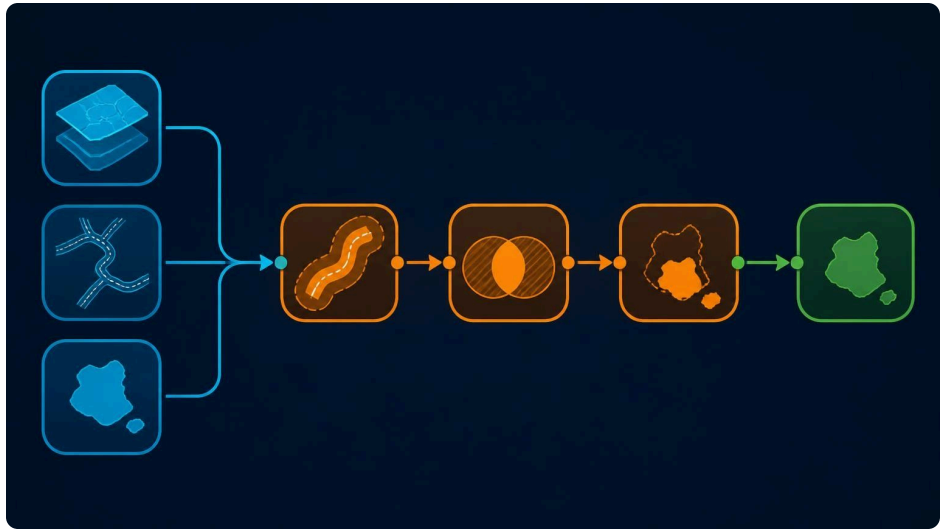
Visual Programming (Esri ModelBuilder / QGIS Graphical Modeler)

Tvorba analytických vývojových diagramů propojením ikon nástrojů.

Python scripting (ArcPy / PyQGIS)

Psaní skriptů pro dávkové zpracování dat (Batch Processing).

Výhody: Opakovatelnost, eliminace lidských chyb, usnadnění variantního posuzování stavby.



Shrnutí přednášky a klíčové pojmy ke zkoušce

Klíčové teze

DE-9IM

DE-9IM definuje topologické relace na základě průniku vnitřku, hranice a vnějšku geometrií.

Buffer

Buffer vytváří obalové zóny (eukleidovské pro rovinu, geodetické pro elipsoid).

Překryvné operace

Překryvné operace (Intersect, Union, Clip, Erase) tvoří nové geometrie a slučují atributy.

Dissolve a Spatial Join

Dissolve agreguje polygony, Spatial Join propojují databáze na základě polohy.

Studijní literatura a zdroje

Doporučená literatura

MITCHELL, A. (1999)

The ESRI Guide to GIS Analysis, Volume 1: Geographic Patterns & Relationships. ESRI Press.

OGC Standards

OpenGIS Implementation Standard for Geographic information - Simple feature access.

Online akademické zdroje

QGIS User Guide – Vector Spatial Analysis

docs.qgis.org

ArcGIS Pro Documentation – Spatial Analyst & Vector Overlay

pro.arcgis.com