



Kartografické modelování

IX – síťové analýzy vzdáleností

jaro 2014

Petr Kubíček

kubicek@geogr.muni.cz

**Laboratory on Geoinformatics and Cartography (LGC)
Institute of Geography
Masaryk University
Czech Republic**



Analýzy nad vektorovou sítí

- **Analýzy sítí jsou významnou oblastí aplikace GIS.**
- **V podstatě se jedná opět o hledání nejkratší vzdálenosti, ale s tím rozdílem, že sítě jsou vektorovou reprezentací.**
- **Sít' tvoří (orientovaný) ohodnocený graf, skládající se z uzlů (průsečíků) a hran (linií).**

- Před využíváním síťových analýz je nutné vytvořit všechny datové struktury, které jsou pro pozdější analýzy nutné – tedy vytvořit síť.
- Postup tvorby sítě:
 - Je třeba získat liniovou vrstvu, nad kterou budou analýzy prováděny (ulice, rozvody, kanalizace).
 - Tato data musí být topologicky čistá (hlavně musí splňovat **konektivitu a znalost směru**) – nutná a v zásadě postačující podmínka pro analýzy sítí.
 - Následně lze síti přiřadit pravidla, která určují, jak je možné se pohybovat mezi jednotlivými uzly.
 - Přiřazení dalších atributů pro výstupy z analýz (zejména **itineráře**) – přidání jmen ulic, významných bodů (adres), názvy křižovatek, ...



Pravidla pohybu po síti

Pravidla uzlová a hranová:

- **Uzlová pravidla** definují směr pohybu uzlem.
 - Například, pokud budu mít uliční síť, na některých křižovatkách není povoleno odbočení doleva či doprava.
- **Hranová pravidla** definují směr a rychlost pohybu po hraně.
 - Ulice mohou být jednosměrné, uzavřené, s nadefinovanou maximální a průměrnou rychlostí.
- Pravidla mohou definovat pro různé druhy dopravy, pro různou denní dobu, ... atd.
- Pravidla jsou obvykle **uložena v atributových tabulkách**.
- Poznámka: protože změna atributu nemusí vždy přijít pouze v uzlu (například změna max. povolené rychlosti), využívá se někdy speciální datový model pro liniové vrstvy – **dynamickou segmentací**.



Dynamická segmentace a lineární referencování

Vlastnosti

Pravidla umožní simulovat následující vlastnosti:

- **Cena cesty** (pomocí max. rychlosti, času cesty a vzdálenosti) – základní atribut síťových dat, hrana musí obsahovat tento atribut vyjádřený alespoň jedním z těchto způsobů.
- **Lze vytvořit i další modifikace cen cesty:**
 - Může se měnit s **denní dobou** – ráno, odpoledne, v noci.
 - Může **záviset na směru průchodu hranou či uzlem** (cesta tam je časově kratší, než cesta zpět, odbočení doprava je kratší než zabočení doleva).
 - Změna atributu může v reálném světě přijít kdykoli na linii a ne jen v uzlu (např. změna maximální rychlosti). Pokud nemáme možnost do našeho modelu implementovat cesty (routes), pak je nutné linie rozdělit na více segmentů spojenými uzly.

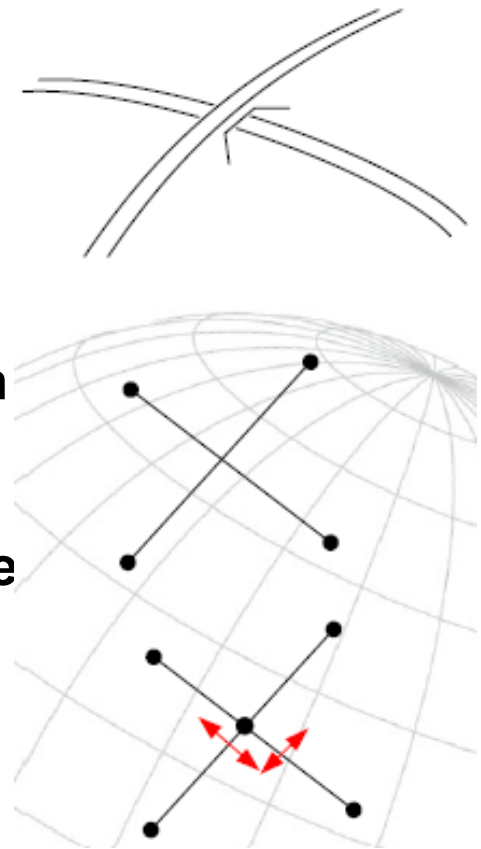
Vlastnosti

Směrování – přikázané směry jízdy, zákazy (speciální uzlová pravidla), včetně speciálních zákazů pro určité typy pohybujících se objektů (do ulice nesmí nákladní vozidlo) a přiřazení cen za provedení změny směru.

Vlastnosti

Neuzlové body – díky topologickému požadavku konektivity (linie se mohou protínat pouze v uzlových bodech) je třeba vyřešit situace, kdy je třeba modelovat podjezdy a nadjezdy. K tomuse obvykle používají dvě metody:

- **neplanární uzel** – systém povolí protnutí liniiových prvků bez nutnosti vytvoření uzlových bodů - takže pro tento bod neexistuje křižovatka.
- **planární uzel** – systém protíná liniiové prvky pouze v uzlech, pak je nutné zadat takové uzlové atributy, které systém informují zda se jedná o křižovatku nebo o podjezd či nadjezd.



Vlastní analýzy nad sítí

- **Hledání optimální trasy** – jde o vyhledání optimální trasy mezi dvěma nebo více body (ve stanoveném pořadí nebo bez) na základě ceny cesty (vzdálenost, čas, ...). Analýza umí produkovat i pokyny o cestě pro řidiče.

Directions

Starting from Muj obchod
Turn right onto 4TH
Travel on 4TH for 0.454 km
Turn right onto I 80
Travel on I 80 for 0.219 km
Continue straight onto PERRY
Travel on PERRY for 0.287 km
Turn left onto EMBARCADERO
Travel on EMBARCADERO for 0.262 km
Continue straight onto JAMES LICK
Travel on JAMES LICK for 0.051 km
Continue straight onto EMBARCADERO
Travel on EMBARCADERO for 0.152 km
Turn left onto 1ST
Travel on 1ST for 0.555 km
Continue straight onto BUSH
Travel on BUSH for 0.051 km
Turn right onto BATTERY
Travel on BATTERY for 0.620 km
Turn right onto JACKSON
Travel on JACKSON for 0.113 km
Turn right into L'Oliver





Vlastní analýzy nad sítí

Hledání cesty do nejbližšího zařízení – drobná modifikace předchozí analýzy. Jde o vyhledání optimální trasy do nejbližšího (optimálního) zařízení.

- Příklad: Hromadná dopravní nehoda ve velkém městě. Jde o to, nalézt co nejrychlejší způsob, jak se k nehodě dostat sanitkou. Řešení je nalezení optimální cesty od optimálního zařízení k nehodě.
- Je možné ještě hledat optimální cestu od nehody do **nejbližší nemocnice**. Tyto cesty totiž vzhledem ke konfiguraci sítě (jednosměrky) či vzhledem k času (ucpané ulice v určitém v důsledku nehody) nemusí být stejné!



Kartografické modelování

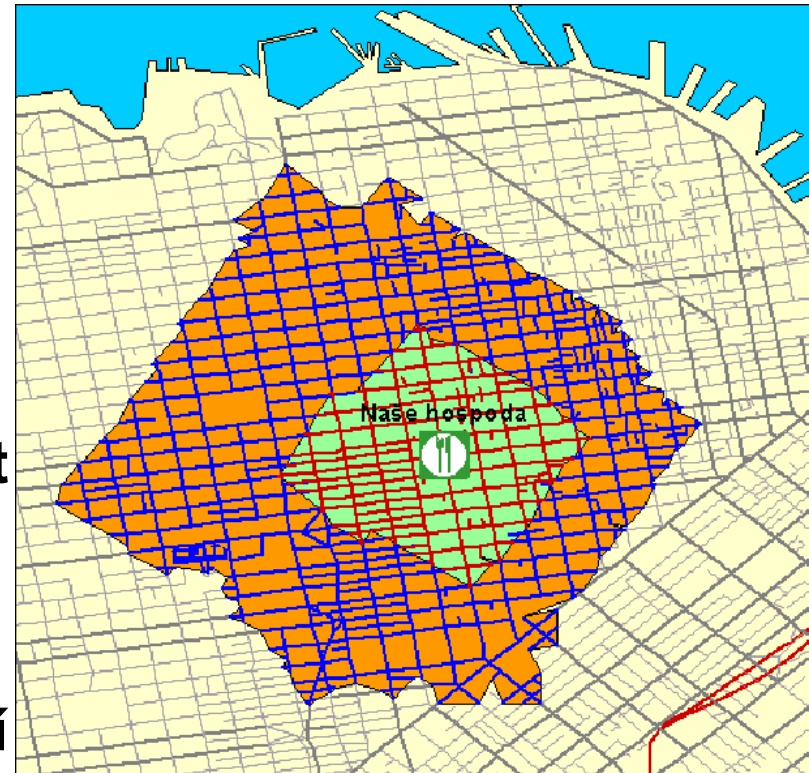


Vlastní analýzy nad sítí

Alokace zdrojů – další možnost aplikace analýzy sítí.

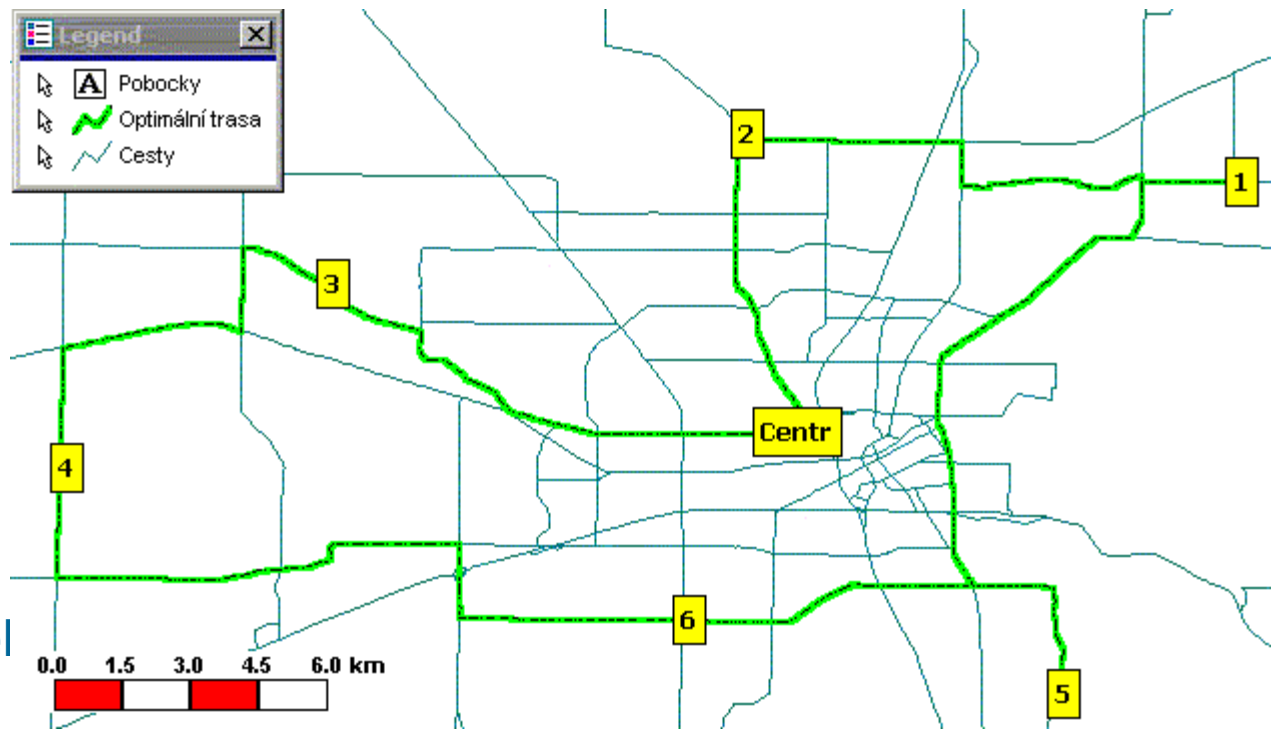
- Vyhledání všech lokalit, které jsou od vybraného objektu vzdáleny nějakou cenou cesty.
- Příklad: vzdálenost do 30 minut od vyhlášené restaurace. Jak je vidět, je to analýza podobná vytváření obalových zón (buffers), ale bere v úvahu cenu cesty definovanou pomocí sítě (není to jen vzdálenost vzdušnou čarou).
- Výsledkem této analýzy jsou tzv. izochrony, což jsou čáry spojující body se stejným časem k dosažení výchozího bodu.

Kartografické modelování



Vlastní analýzy nad sítí

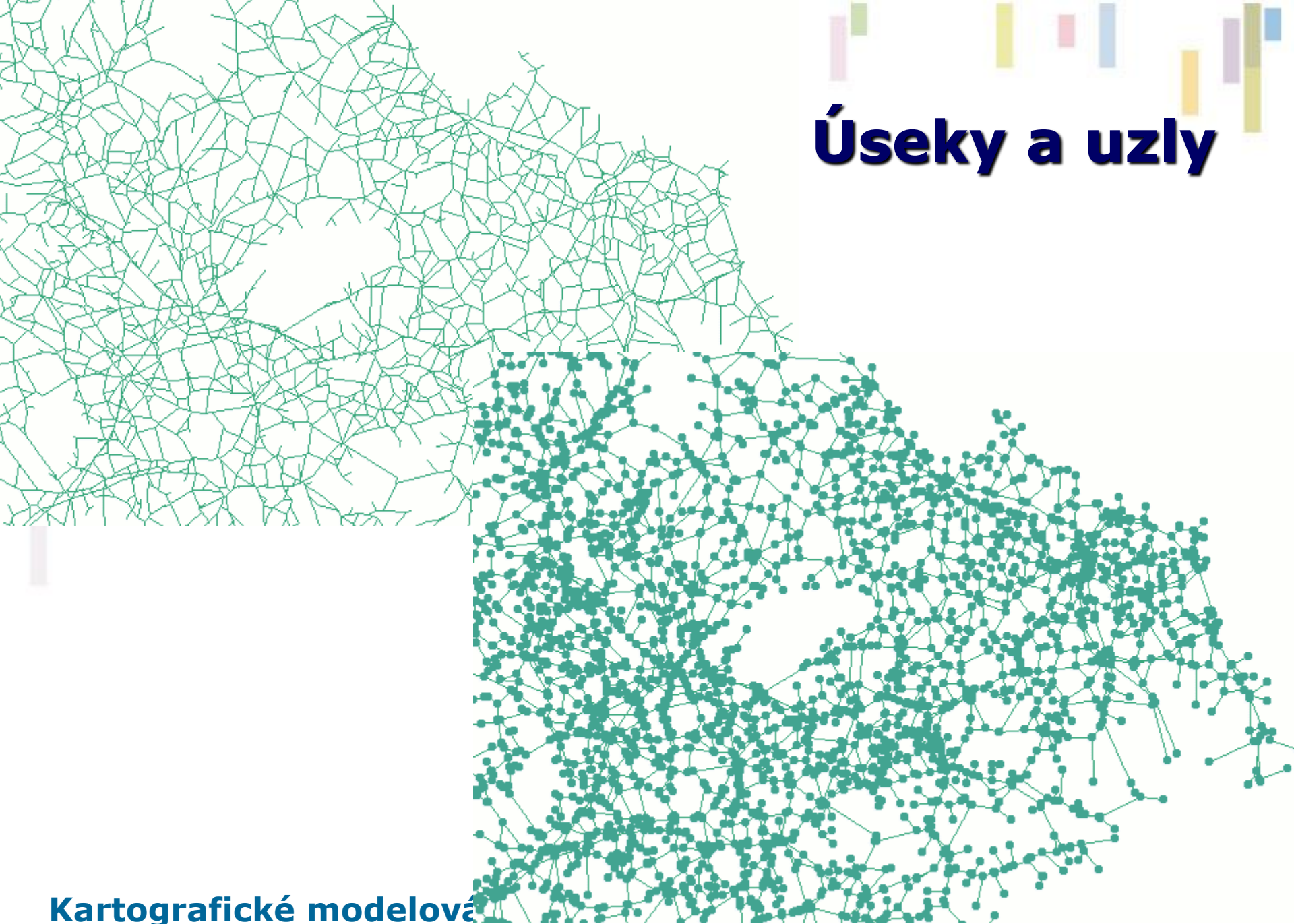
- Problém obchodního cestujícího – návštěva vybraných bodů tak, aby trasa byla optimální.
- Cestující musí navštívit každý bod (místo) a na závěr se vrátit do původního bodu.
- Aplikační využití při rozvoru balíků, obsluze automatů...



Kartografické model



Úseky a uzly



Kartografické modelování

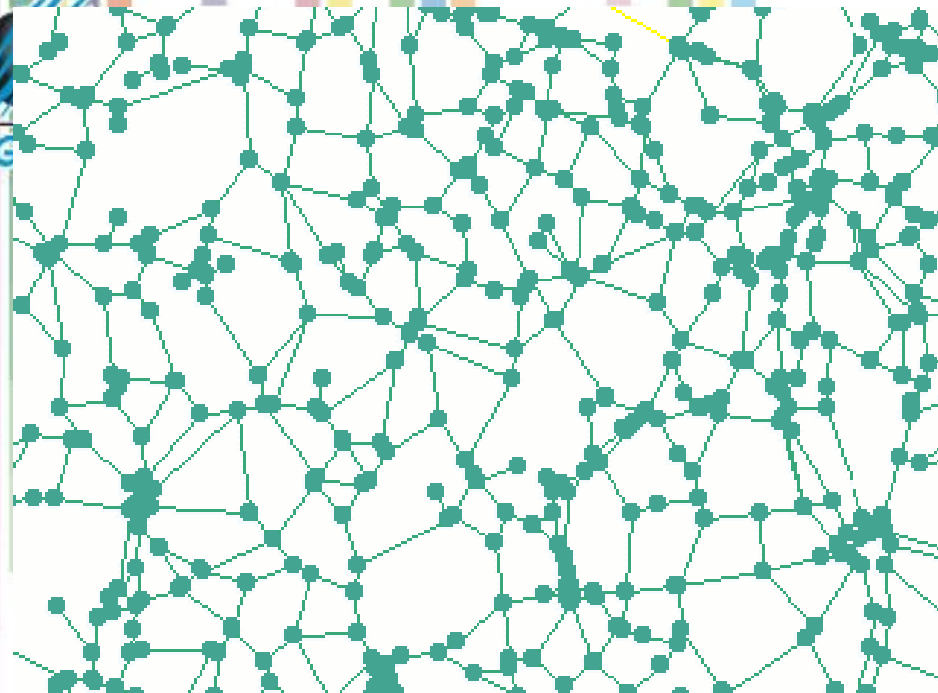
Vlastnosti úseků

Attributes of Useky.shp

<i>Shape</i>	<i>Cis_useku</i>	<i>Dat_zaznam</i>	<i>Adminj</i>	<i>Delka_us</i>	<i>Dopr_smery</i>	<i>Fapr_vetev</i>	<i>Kod_tr_kom</i>	<i>Silnice</i>	<i>Vz</i>
PolyLine	0134A001 0134A002	20071005	CZ0413	2632	0		4	2188	
PolyLine	0134A001 1112A037	20071005	CZ0413	1180	0		3	218	
PolyLine	0142A002 0142A001	20071005	CZ0422	832	0		4	25221	
PolyLine	0142A002 0144A049	20071005	CZ0422	875	0		4	25211	
PolyLine	0142A003 0142A002	20071005	CZ0422	5174	0		4	25211	
PolyLine	0142A003 0142A004	20071005	CZ0422	760	0		4	25213	
PolyLine	0143A001 0143A007	20071005	CZ0412	3037	0		2	25	

- **Delka_us** - délka silničních úseků vyjádřená v metrech
- **Kod_tr_kom** - kód třídy komunikace

Uzly



Shape	Cis_useku	Dat_zaznam	Adminj	Delka_us	Dopr_smery	Papr_vetev	Kod_tr_kom	Silnice	Vybr_sk	Vym_tahy	Pe
PolyLine	1541A075 1541A009	20071005	CZ0805	5719	0		2	56			
PolyLine	1541A075 1541A049	20071005	CZ0805	3573	0		4	4676			
PolyLine	1541A182011543A18103	20071005	CZ0803	4259	1		1	D47 2			
PolyLine	1541A182021541A077	20071005	CZ0803	655	0		2	58			
PolyLine	1541B001 1541A039	20071005	CZ0805	3015	0		4	01136			
PolyLine	1541B002 1543A026	20071005	CZ0806	2453	0		4	46610			
PolyLine	1542A001 1541A18202	20071005	CZ0803	800	0		2	58			

Kartografické modelování

Ohodnocení úseků hran

- **Metrika?**
- **čas, potřebný pro pohyb v síti silničních komunikací.**

Třída silniční komunikace	Průměrná dopravní rychlost [km.h ⁻¹]
Dálnice a silnice pro motorová vozidla	85
Silnice 1. třídy	75
Silnice 2. třídy	55
Silnice 3 třídy	40

- **Délka komunikací (hran) a průměrná rychlost=čas.**



Ohodnocení úseků

- Pro úseky silnic jednotlivých tříd jsou přiřazeny průměrné rychlosti a vypočítán čas potřebný k jejich překonání.

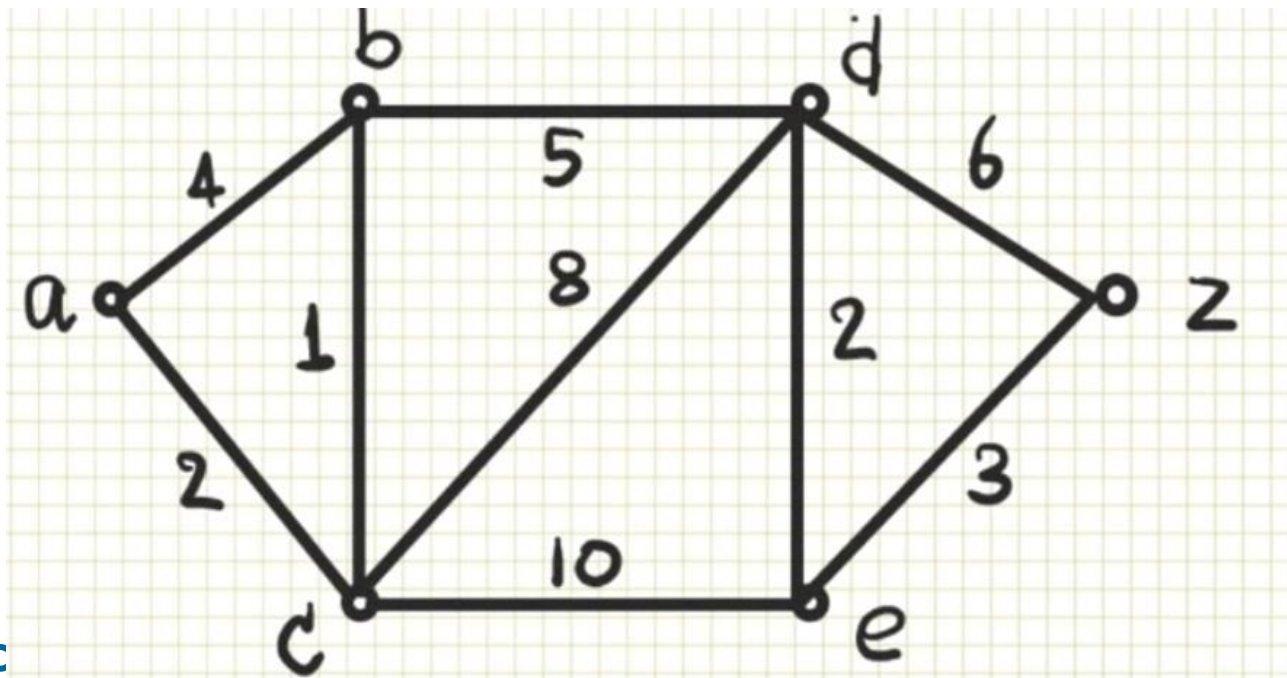
The screenshot displays the ArcGIS 3.3 interface. The main window shows a map of road segments. Overlaid on this are several windows:

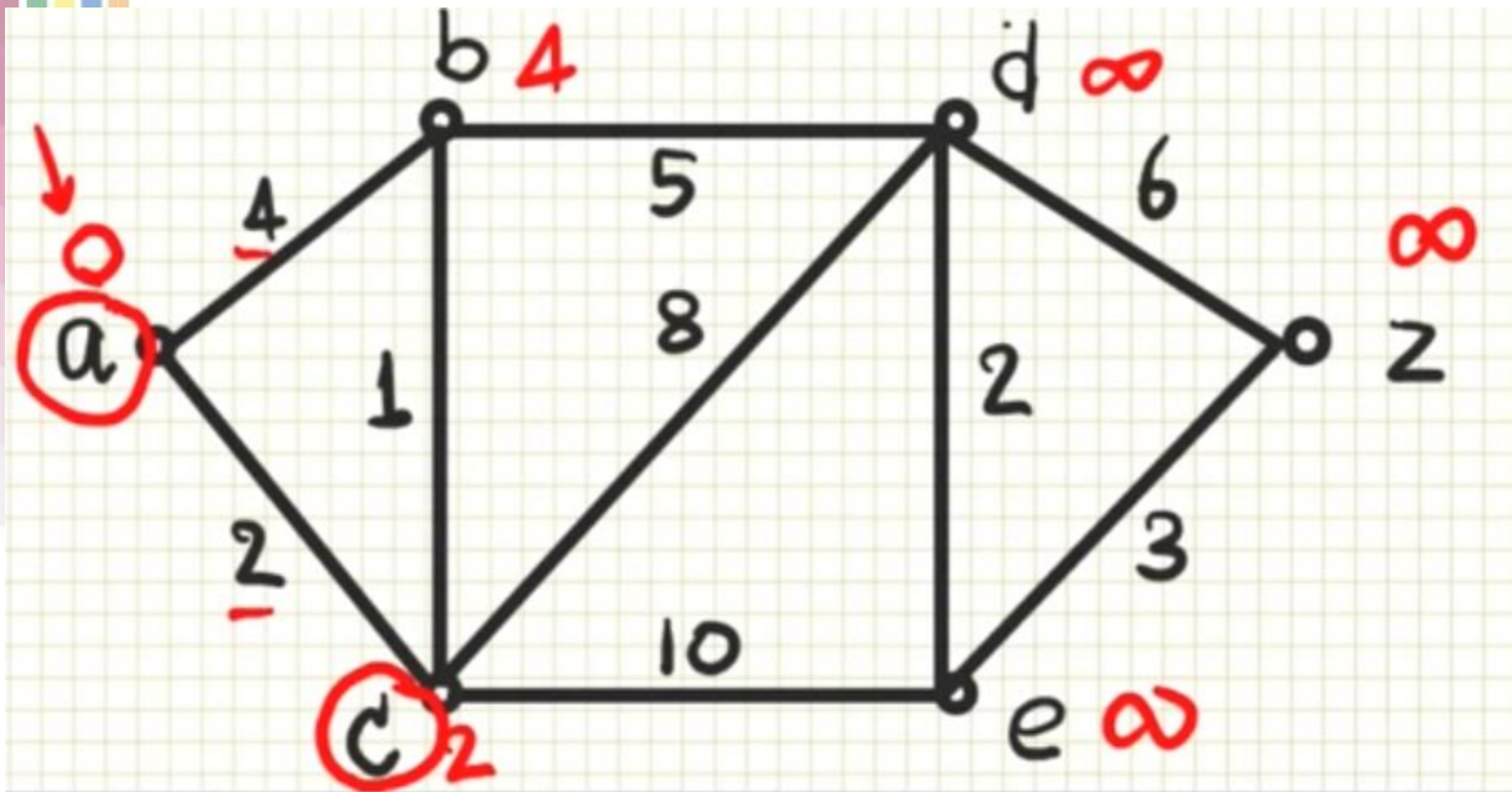
- Attributes of Useky.shp**: A dialog box for editing field values. The field `[Kod_tr_kom]` is set to `"2"`.
- Field Calculator**: A window showing the calculation of the `[cas_useku]` field. The expression is `[Delka_us] / [prum_rychl]`. The `[prum_rychl]` field is highlighted in the Fields list.
- Attributes of Useky.shp (Table)**: A data table showing the results of the calculation. The columns are `Delka_us`, `Dopr_smery`, `Papr_vetev`, `Kod_tr_kom`, `Silnice`, `Vybr_sit`, `Vym_tahy`, `Peaz_kom1`, `Peaz_kom2`, `Peaz_kom3`, `Peaz_kom4`, `Etah1`, `Etah2`, `Etah3`, `Etah4`, `Poradi_us`, `prum_rychl`, `cas_useku`, and `Cost`.

Delka_us	Dopr_smery	Papr_vetev	Kod_tr_kom	Silnice	Vybr_sit	Vym_tahy	Peaz_kom1	Peaz_kom2	Peaz_kom3	Peaz_kom4	Etah1	Etah2	Etah3	Etah4	Poradi_us	prum_rychl	cas_useku	Cost
3037	0		2	25											0008	40	237	237
322	1		2	25	2										0013	55	77	77
328	1		2	25	1										0012	40	75	75
1660	0		3	219											0011	40	466	466
421	1		2	25	B2			219							0011	40	68	68
92	0		2	25											0007	75	146	146
181	0		2	25				219							0008	40	237	237

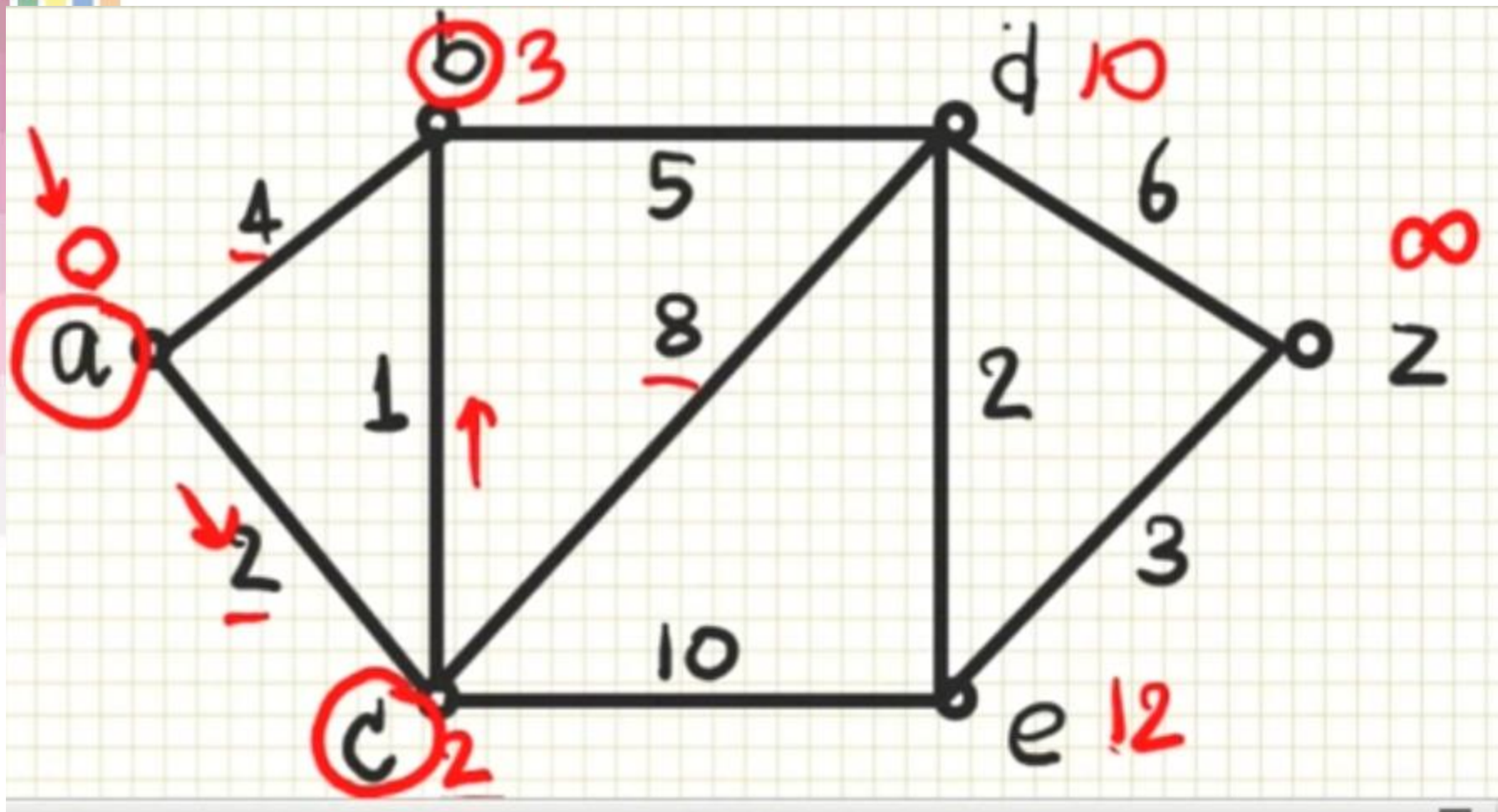
Dijkstra algoritmus

Algoritmus sloužící k nalezení **nejkratší cesty v grafu**. Je **konečný** (pro jakýkoliv konečný vstup algoritmus skončí), protože v každém **průchodu** cyklu se do množiny navštívených uzlů přidá **právě jeden uzel**, průchodů cyklem je tedy nejvýše tolik, kolik má graf vrcholů. Funguje nad hranově kladně ohodnoceným grafem.

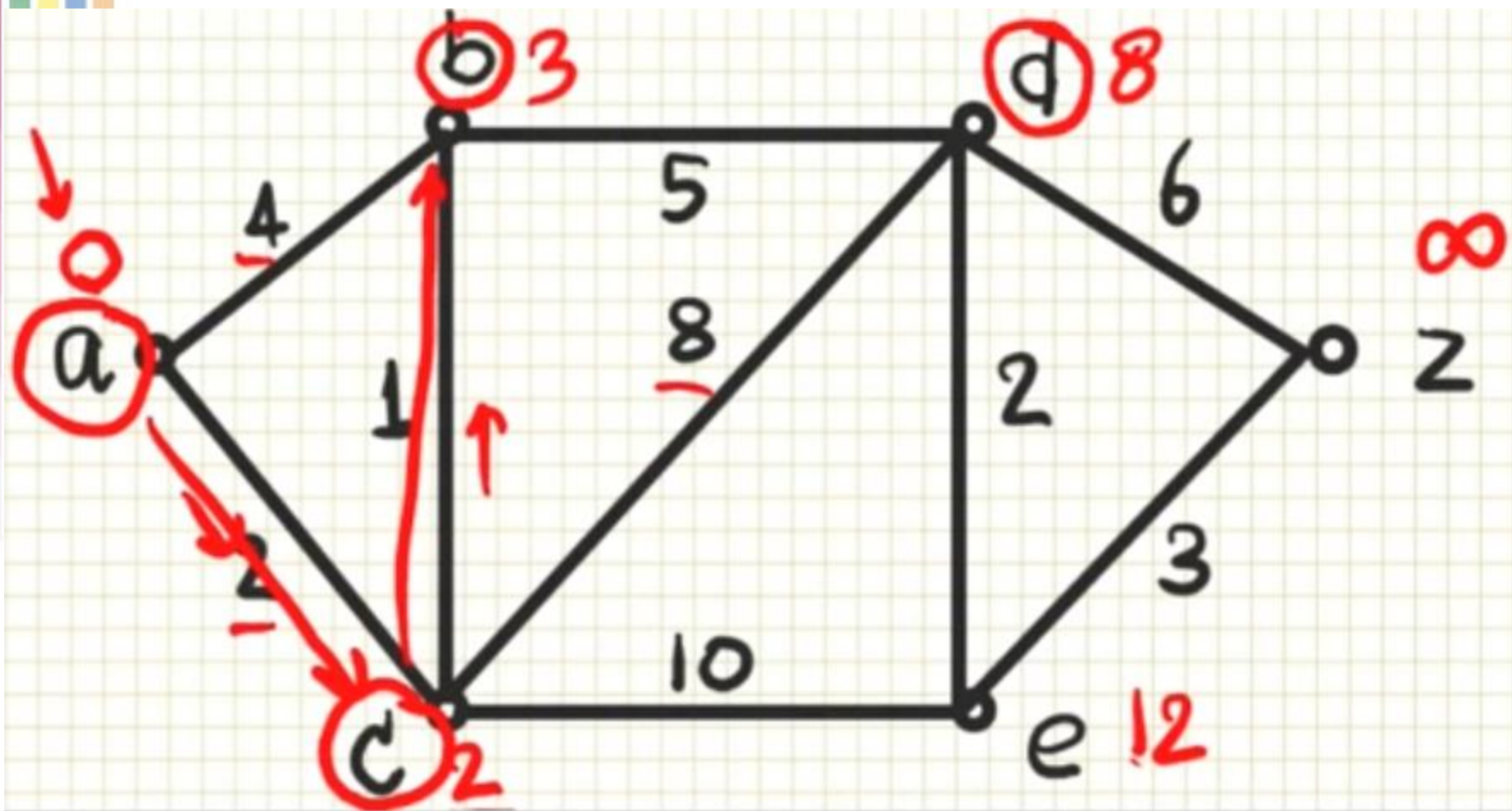


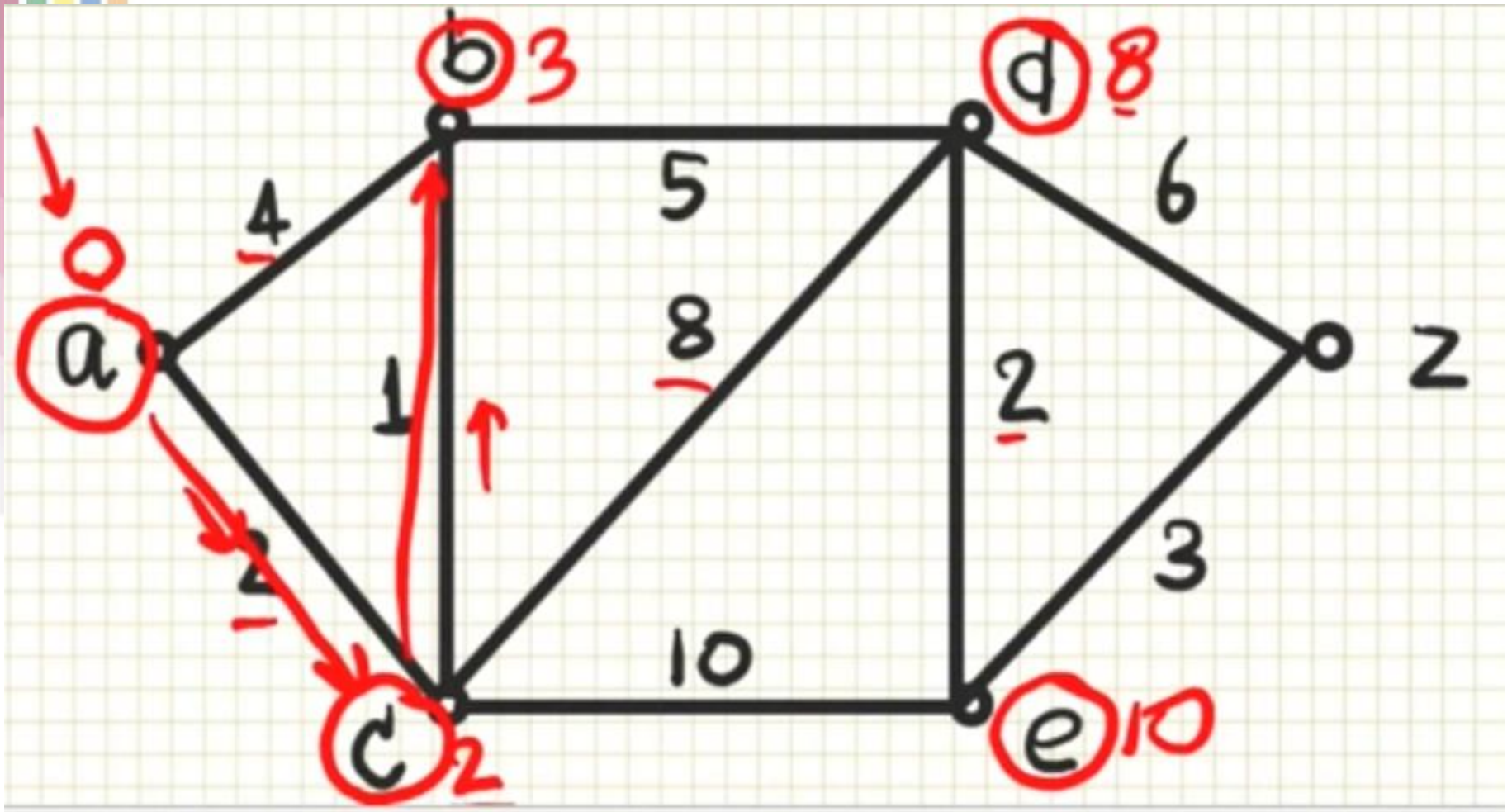


Kartografické modelování

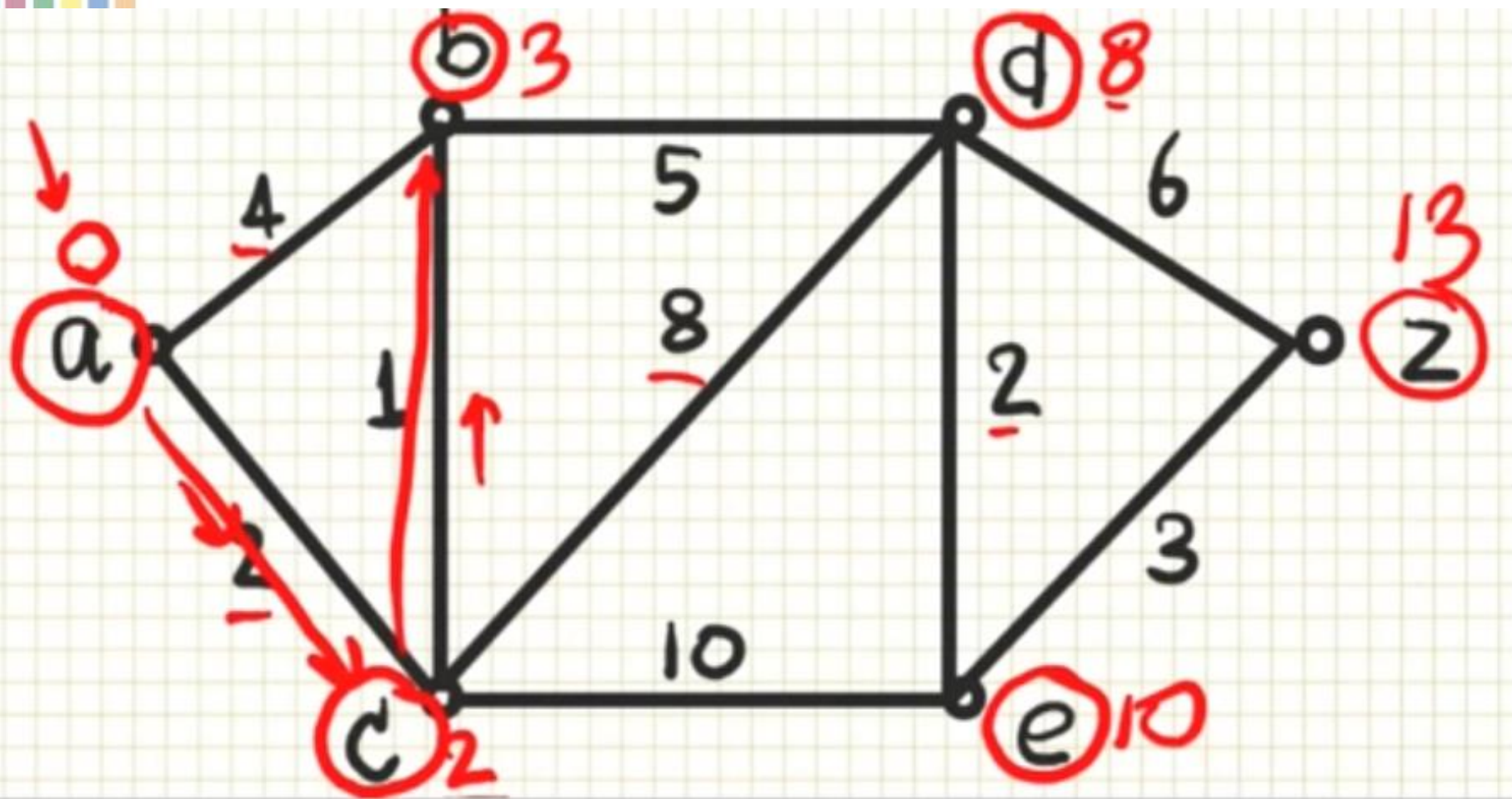


Kartografické modelování





Kartografické modelování



Kartografické modelování



Dijkstra algoritmus

Graph Algorithms:
Dijkstra's Algorithm

From
A → B C D E F G H

- ①
- ②
- ③
- ④
- ⑤
- ⑥
- ⑦
- ⑧

