

6. Železniční charakteristiky

6.1. Vývoj železničních (dopravních) sítí

Železniční sítě prodělávají změny v prostoru a čase v souvislosti s dynamickým vývojem lidské společnosti. S vývojem sítě se mění i její geografické charakteristiky. Vývoj železniční sítě se rozděluje do čtyř fází:

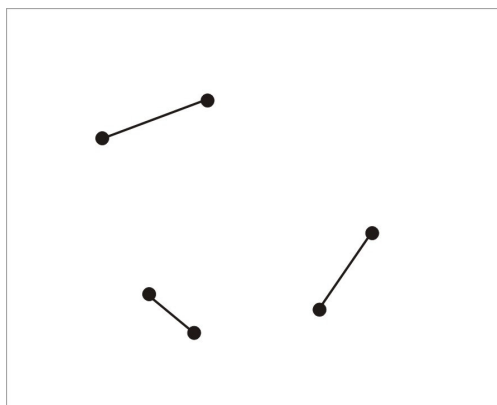
- fáze lokalizovaných spojení
- fáze integrace
- fáze intenzifikace
- fáze selekce

Ve fázi lokalizovaných spojení vznikala jen krátká spojení mezi uzly (centry, městy), která ve většině případů navazovala na jiné druhy dopravních cest, které se používaly před vznikem železnic. Takováto železniční síť se dnes nachází pouze v některých chudých nerozvinutých zemích. V Evropě se s ní již nesetkáme (Obr. 6.1a).

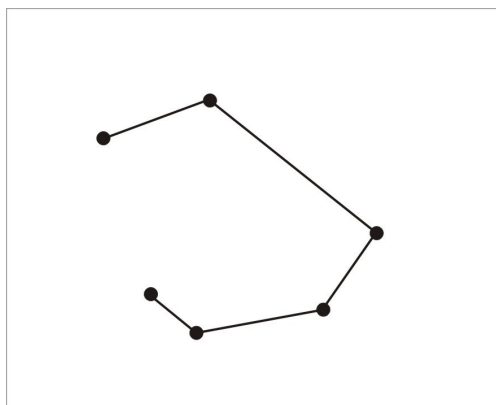
Ve fázi integrace (propojení) se tato lokalizovaná izolovaná spojení začala spojovat v souvislý celek (síť). Pro takto nově získanou železniční síť je charakteristická minimální spojitost (Obr. 6.1b).

Ve fázi intenzifikace (nárůst ostatních spojení) dochází ke zhušťování sítě, které nastane propojováním již stávajících uzlů. Vznikne tak hustá a velmi spojitá síť (Obr. 6.1c).

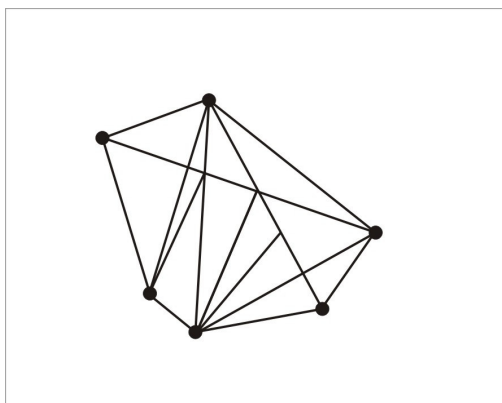
V poslední fázi selekce (rušení) nastává proces rušení nerentabilních spojů a méně výkonných tratí. Dochází také k modernizaci hlavních tratí, jedná se zejména o zvyšování rychlosti na těchto trasách. Hustota a spojitost se sice snížila, ale zároveň se snížila i deviatilita. Procesem selekce dnes prochází železnice v nejvyspělejších státech (Obr. 6.1d).



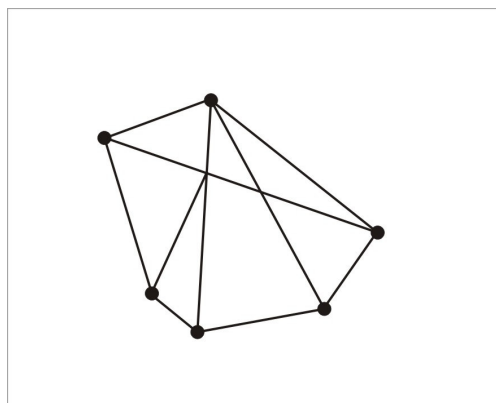
Obr. 6.1a Fáze lokalizovaných spojení



Obr. 6.1b Fáze integrace



Obr. 6.1c Fáze intenzifikace



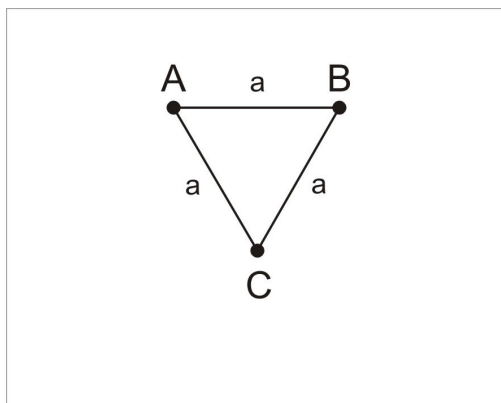
Obr. 6.1d Fáze selekce

6.2. Lokalizace železničních (dopravních) sítí

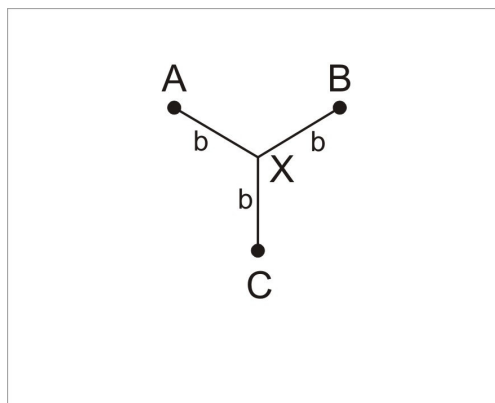
Každá dopravní síť má své zákonitosti prostorového uspořádání ve vzájemných interakcích. Nejjednodušším případem lokace dopravní sítě je spojení dvou bodů (uzlů), a to buď v přímém směru nebo oklikou. Pokud se nachází nějaká překážka mezi těmito uzly, tak spojení v přímém směru docílíme použitím různých technických prostředků a zásahů do terénu (tunely, mosty, náspy, zářezy aj.). Nebo dopravní cestu povedeme oklikou kolem překážky. Při rozhodování ke které variantě se přiklonit vycházíme z předpokládaných nákladů a jak to ovlivní životní prostředí.

Předpokládané náklady dělíme na fixní a variabilní. Fixní náklady slouží k vybudování dopravní cesty včetně dopravní infrastruktury a při různé intenzitě přemísťování dopravních prostředků se nemění. Variabilní náklady jsou určené k udržování sítě a provozu dopravních prostředků. Zahrnují také náklady na pracovní síly, které zajišťují provoz, a spotřebu pohonných hmot. Obecně platí, že při zvyšování intenzity přemísťování se zvyšují variabilní náklady, proto současný trend směřuje k napřimování dopravních cest.

Složitější situace nastane, když chceme dopravně spojit tři uzly. Existují dva základní modely, od kterých se dá odvodit celá řada dalších modelů. Pro lepší názornost umístíme body do pomyslného rovnostranného trojúhelníku. Rozlišujeme deltovitou (Δ -sít') a ypsilonovitou (Y-sít') dopravní síť. Deltovitá síť je celkově delší, proto fixní náklady jsou vyšší, ale má menší vzdálenostní dostupnost mezi uzly (umožňuje jejich rychlejší vzájemnou dosažitelnost) (Obr. 6.2a). Síť ve tvaru písmene Y je celkově kratší, tím pádem fixní náklady jsou menší, ale vzájemná dostupnost uzlů je zdlouhavější (Obr. 6.2b). V současné době jsou upřednostňovány sítě ve tvaru delta, protože se zvyšuje intenzita přemísťování.



Obr. 6.2a Δ -sít'



Obr. 6.2b Y-sít'

Délka komunikací: Δ -sít'.... $3a$

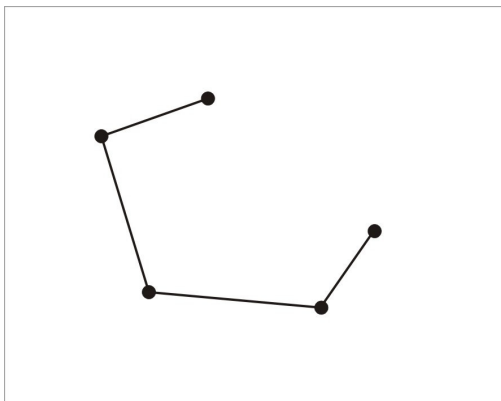
Vzdálenost uzlů: Δ -sít'.... a

Y-sít'.... $\sqrt{3} a$

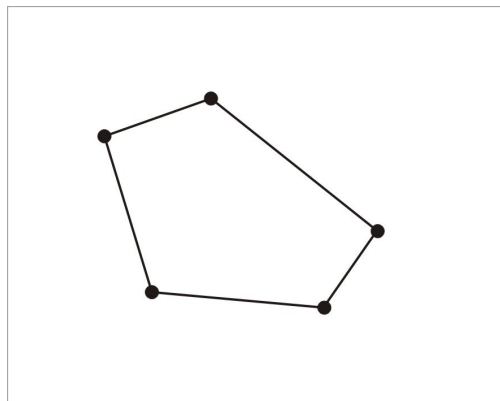
Y-sít'.... $2b$

$$\left(b = \frac{2}{3} \sqrt{a^2 - \left(\frac{a}{2} \right)^2} \right)$$

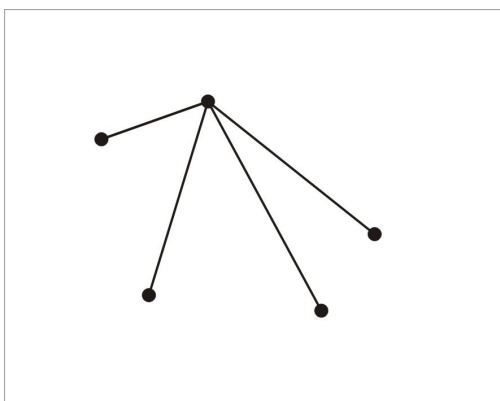
Pro spojení většího počtu uzlů tak, aby byly délky minimální, je nutné provést složité výpočty se značným množstvím variant. Postupné spojení uzlů použijeme, když chceme dosáhnout možnosti vzájemného spojení všech uzlů, většinou vynecháváme nejdelší stranu (Obr. 6.2c). Spojení obchodního cestujícího nám poskytuje nejkratší vzdálenost cesty při postupném objezdu všech uzlů (Obr. 6.2d). Hierarchické spojení z jednoho uzlu do ostatních uzlů se používá zejména při výrazné dominanci jednoho uzlu (Obr. 6.2e). Spojením všech uzlů navzájem dostaneme síť s největší spojitostí (Obr. 6.2f). K sestrojení modifikovaného modelu je výhodné použít výpočetní techniku. Tento model má za cíl minimální délky sítě spojující všechny uzly navzájem (Obr. 2.6g).



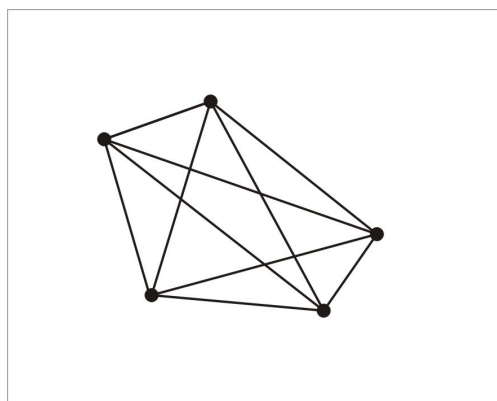
Obr. 6.2c Postupné spojení



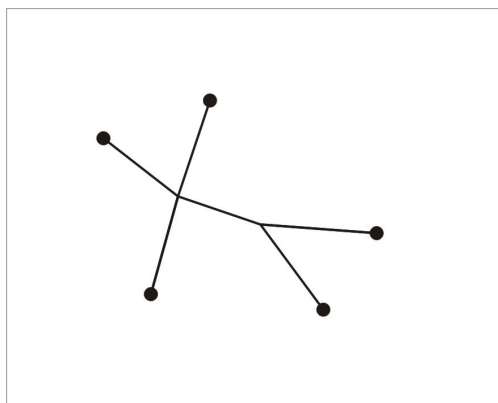
Obr. 6.2d Spojení obchodního cestujícího



Obr. 6.2e Hierarchické spojení



Obr. 6.2f Spojení všech uzlů navzájem



Obr. 6.2g Modifikované spojení

6.3. Typologie železničních (dopravních) sítí

Dopravní typologie vytváří kvalitativní rozlišení dopravních sítí a přemísťování po nich. Železniční sítě jsou charakteristické složitým uspořádáním dopravních cest a dopravních uzlů. K systematickému třídění odvozujeme různé typy konkrétních železničních sítí. Na stanovování typů dopravních sítí můžeme pohlížet z několika hledisek. Dříve se typy sítí určovaly na základě typologie krajiny, dnes je kladen důraz na prostorové rozmístění dopravních cest a uzlů. Rozdílné uspořádání dopravních sítí můžeme rozčlenit do několika následujících tvarů.

Odotropní tvar je charakteristický jednou hlavní cestou, která spojuje všechna hlavní sídla. Na tuto hlavní cestu se téměř v kolmém směru napojují ostatní vedlejší komunikace. Typ je obvyklý pro krajinu, kde jsou města od sebe značně vzdálena a tam kde je malá hustota zalidnění (Obr. 6.3a).

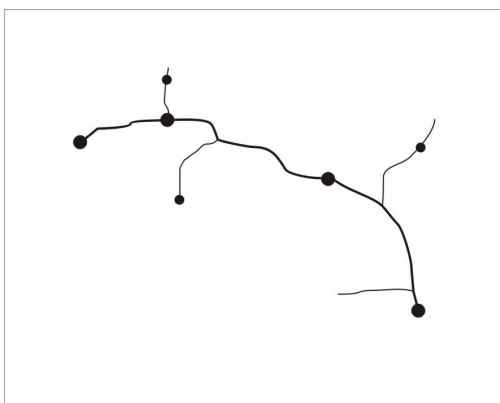
Monocentrický tvar je charakteristický dominantním dopravním uzlem, do kterého se paprskovitě sbíhají hlavní cesty. Na paprsky hlavních cest jsou napojeny vedlejší cesty, které mohou dosáhnout obvodového propojení paprsků (vznikají tzv. okružní cesty). Tento tvar se nejčastěji nachází kolem světových metropolí (Obr. 6.3b).

Polycentrický tvar se rozvinul tam, kde je větší počet rovnocenných uzlů. Hlavní cesty se příliš neliší od vedlejších cest. Vyskytuje se často v pánvích s městskými aglomeracemi (Obr. 6.3c).

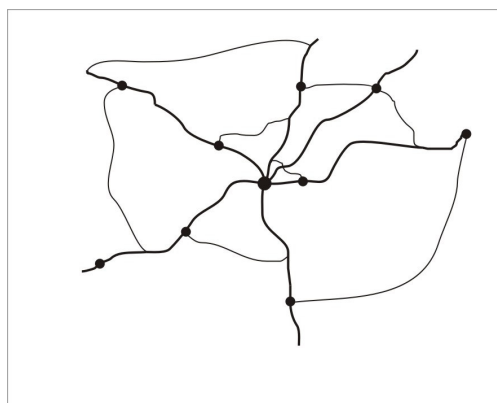
Víceosý tvar určují téměř rovnoběžné hlavní komunikace, které jsou velmi řídky propojeny vedlejšími cestami. Tento tvar je typický pro málo osídlené oblasti a oblasti s tranzitní dopravní polohou (Obr. 6.3d).

Vějířovitý tvar je dán dominantním uzlem v blízkosti přírodních nebo politických bariér, je typický v okolí námořních přístavů a poblíž státních hranic. Dopravní cesty se vějířovitě sbíhají do tohoto centra (Obr. 6.3e).

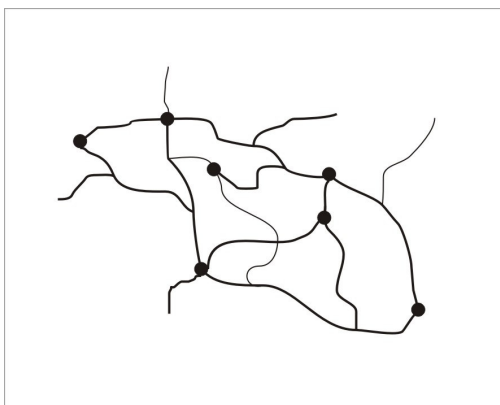
Konvergentní (živelný) tvar nemá téměř žádná pravidla, vznikl překrytím již zmíněných tvarů sítí (Obr. 6.3f).



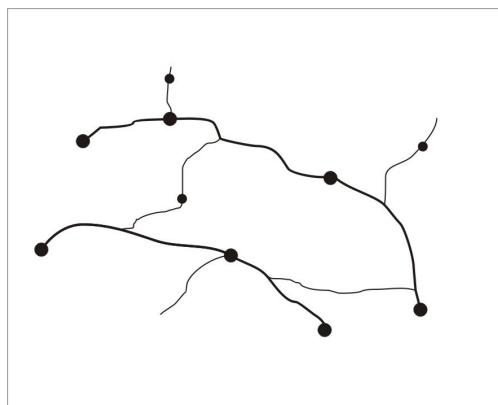
Obr. 6.3a Odotropní tvar



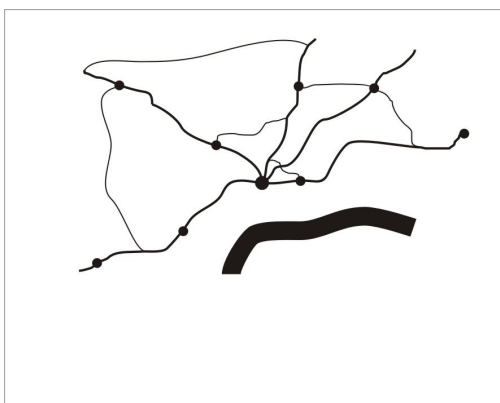
Obr. 6.3b Monocentrický tvar



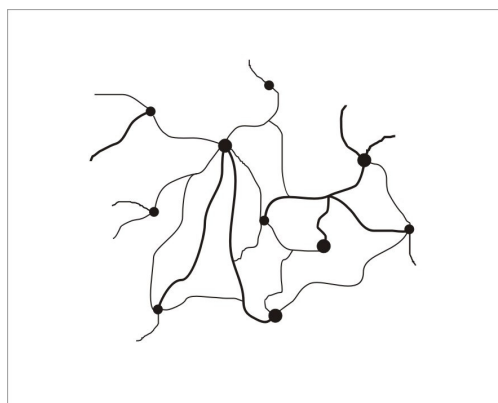
Obr. 6.3c Polycentrický tvar



Obr. 6.3d Víceosý tvar



Obr. 6.3e Vějířovitý tvar



Obr. 6.3f Konvergentní tvar

6.4. Zákonitosti prostorového rozmístění sítí

Vzájemné uspořádání dopravních sítí v prostoru nám udávají strukturně-morfologické znaky těchto sítí. Mezi základní znaky se řadí deviatilita, hustota a spojitost.

6.4.1. Deviatilita

Deviatilita nebo-li nepřímocíarost nám udává odchylku od přímého směru (ideální trasy – ortodromy). Činitele, kteří mají vliv na přímocíarost dopravních cest v prostoru, rozdělujeme na fyzicko-geografické, socioekonomicko-geografické a politické. S rozvojem nových technologií vliv fyzicko-geografických činitelů neustále klesá. Nejčastější překážkou přímého spojení je členitý reliéf. Patří sem nevhodný geologický podklad, změna relativních

a nadmořských výšek, vodní a jiné přírodní překážky. Mezi socioekonomické činitele můžeme zařadit umělé překážky v krajině (městská aglomerace, plochy zasažené povrchovou těžbou, rekreační a lázeňské areály, snaha o napojení více sídel na jednu komunikaci, různí soukromí vlastníci pozemků). K politickým činitelům řadíme vliv státní hranice.

Deviatilita je rozdílná podle druhu dopravy, např. silnice mají v průměru menší deviatilitu než železnice (u železnic musejí být brány v úvahu zvýšené technické nároky na sklony a poloměry oblouků). Deviatilita dnes prudce klesá, je snaha o napřimování komunikací (snižují se fixní náklady a zvyšuje se časová dosažitelnost sousedních uzlů).

Deviatilita se počítá podle vzorce : $D = \frac{l_k}{l_p}$, kde l_k je délka komunikace

a l_p délka přímého spojení uzlů. Deviatilita je buď rovna jedné nebo větší než jedna. Pro ideální komunikaci platí, že $D = 1$. Lze též počítat deviatilitu

dopravního uzlu: $D_s = \sum_{n=1}^n \frac{l_{kn}}{l_{pn}}$, kde n je počet komunikací, které z uzlu vychází.

6.4.2. Hustota

Hustota dopravní sítě vyjadřuje stupeň průměrného nasycení určité oblasti dopravními cestami. Stupeň nasycení je určován ekonomickou úrovní, hustotou zalidnění, přírodním prostředím a historickým vývojem. Ukazatel hustoty dopravní sítě určité oblasti je brán pouze jako doplňkový, protože nevystihuje reálné rozmístění komunikací v prostoru, ale jen průměrný stav.

Větší hustota dopravní sítě bývá většinou v hodně zalidněných oblastech, v oblastech s převažujícím těžkým průmyslem, s vysokou koncentrací sídel nebo s velkou atraktivitou z hlediska cestovního ruchu. Nižší hustota je v málo zalidněných regionech, s nerovnoměrným rozložením sídel, nebo v okolí státních hranic dvou sousedních států s opačným politickým nebo náboženským zaměřením.

Hustota se obvykle vztahuje k počtu obyvatel nebo rozloze daného území. Vyjadřuje se jako poměr délky dopravní sítě k počtu obyvatel nebo k rozloze území:

$$H = \frac{l}{p}, \quad H = \frac{l}{s}, \quad l \text{ je délka dopravní sítě v km, } p \text{ je počet obyvatel}$$

v 10 000 a s je rozloha území ve 100 km². Ukazatel hustoty vztažený k rozloze území zvýhodňuje rozsáhlé oblasti s menší hustotou zalidnění a ukazatel vztažený k počtu obyvatel poskytuje výhodu malým hustě zalidněným oblastem.

Abychom dosáhli výsledků, které se více blíží realitě použijeme komplexnější ukazatele. Vliv rozdílné hustoty zalidnění můžeme částečně eliminovat geometrickým průměrem výše zmíněných ukazatelů: $H = \frac{l}{\sqrt{p \cdot s}}$.

Do ukazatele hustoty můžeme také zahrnout rozdílnost ekonomické úrovně regionů pomocí koeficientů Uspenského (q) a Vasiljevského (n):

$$H = \frac{l}{\sqrt[3]{p \cdot s \cdot q}}, \text{ kde } q \text{ je objem průmyslové a zemědělské produkce v 1 000}$$

tunách.

$$H = \frac{l}{\sqrt[3]{p \cdot s \cdot n}}, \text{ kde } n \text{ je hmotnost nákladů v regionu v mld. tunách.}$$

Nejlépe vypovídajícím ukazatelem hustoty dopravní sítě je tzv. syntetická hustota:

$$H = \frac{l}{\sqrt[4]{a \cdot b \cdot c \cdot d}}, \text{ kde } a = \frac{l}{p}, \quad b = \frac{l}{s}, \quad c = \frac{l}{z} \text{ a } d = \frac{l}{N}, \text{ kde } z \text{ je zaměstnanost}$$

v národním hospodářství v 1 000 zaměstnanců a N je přeprava nákladů na 100 km² v tunách.

Pokud nelze určit celkovou délku komunikací ve zkoumané oblasti nebo pokud chceme pouze jakousi prvotní představu o hustotě dopravní sítě v daném regionu, použijeme pro výpočet vzorec: $H = \frac{k}{s}$, kde k je počet křižovatek.

6.4.3. Spojitost

Spojitost, též označována jako konektivita, dopravní síť udává intenzitu vzájemného přímého propojení dopravních uzlů. Je podmíněna vzdáleností a uspořádáním uzlů v prostoru. Při liniovém uspořádání se konektivita snižuje, naopak při umístění uzlů do vrcholů mnohoúhelníka má tendenci vzrůstat.

Spojitost dopravní sítě klesá se vzrůstající vzdáleností dopravních uzlů při stejném charakteru krajiny. Větší konektivitu mají uzly, mezi nimiž dochází k intenzivní přepravě surovin a výrobků a existuje frekventovaná dojíždka do zaměstnání nebo za lepšími službami. Menší konektivitu mají méně významné uzly bez silnějších vazeb, které nemají přímé spojení a napojují se na hlavní komunikace pomocí krátkých přípojek.

Konektivitu můžeme vypočítat např. pomocí vzorce: $K = \frac{2s}{u(u-1)}$, kde s je počet přímých spojení a u je počet dopravních uzlů. Maximální konektivita je rovna jedné. Vzorec můžeme přepsat do tvaru: $K = \frac{s}{\frac{u}{2} \cdot (u-1)}$, kde $\frac{u}{2} \cdot (u-1)$ udává maximální možný počet přímých spojení a $(u-1)$ udává minimální počet spojení tak, aby bylo možné se dopravit do každého uzlu.

6.5. Dopravní dostupnost

Dopravní dostupnost nebo-li akcesibilita udává prostorovou dosažitelnost jednotlivých dopravních uzlů. Činitelem, který významně ovlivňuje dopravní dostupnost, je těsnost vazeb mezi uzly. Dobrá dopravní dostupnost je v místech, kde jsou nahromaděna větší sídla, která jsou funkčně propojena v celek. Také v rovinnatých oblastech, v kotlinách a pánvích. Špatná je např. leží-li uzly mezi nějakými přírodními překážkami (jezera, rozvodí řek, bažiny aj.) nebo ve velmi členitém terénu. Lepší dopravní dostupnost mají větší významná sídla se službami na vyšší úrovni, potenciálem pro výrobu nebo rekreaci, než menší a malá města, která jsou většinou závislá na již zmíněných větších sídlech.

Dopravní dostupnost se převážně určuje na základě sumy vzdáleností, času a počtu spojů, proto rozlišujeme vzdálenostní, časovou a frekvenční dostupnost. Vzdálenostní dostupnost je dána součtem vzdáleností, nejčastěji v kilometrech, od daného uzlu k ostatním. Časová dostupnost se obvykle uvádí v minutách a je to součet dob potřebných k dosažení ostatních uzlů od daného uzlu. Frekvenční dostupnost se udává počtem spojů z daného uzlu do uzlů ostatních, uvádí se především u pravidelné hromadné dopravy.

Existuje ještě relativní dopravní dostupnost, která měří variabilitu dopravní dostupnosti z jednotlivých uzlů a počítá se takto: $A_r = \frac{A_x - A_{\min}}{A_{\max} - A_{\min}} \cdot 100$, kde A_x je průměrná dopravní dostupnost konkrétního dopravního uzlu do ostatních uzlů v dané oblasti, A_{\min} je minimální dopravní dostupnost u sledovaného uzlu do jiného uzlu ve sledované oblasti a A_{\max} je maximální dopravní dostupnost zkoumaného uzlu do jiného dopravního uzlu, který se nalézá ve sledované oblasti. Relativní dopravní dostupnost je vyjádřena bezrozměrným číslem a nabývá hodnot v intervalu 0 až 100. Umožňuje nám porovnávat dostupnost zjištěnou v různých jednotkách (kilometry, minuty).

6.6. Přemísťování v prostoru

Přemísťování lidí, hmoty, energie a informací je nezbytnou součástí lidské společnosti. Je vyvoláno složitými socioekonomickými vazbami v krajině. Rozlišujeme čtyři základní vazby: výrobní, pracovní, distribuční a informační. Výrobní vazby zajišťují potřebu přepravy surovin, výrobků a materiálů. Pracovní vazby spočívají v zajištění dopravy obyvatelstva do zaměstnání. Distribuční vazby se starají o finální přepravu výrobků ke spotřebitelům. Informační vazby jsou vyvolány potřebou šíření zpráv a informací.

6.6.1. Intenzita přepravy

Intenzivní přemísťování v prostoru podporuje ekonomický rozvoj regionů, úroveň je podmíněna ekonomickou a kulturní vyspělostí regionů. Rozdílná intenzita přemísťování v oblastech se shodnou ekonomickou úrovní je způsobena

rozdílnou hustotou osídlení, velikostí sídel, vzdáleností mezi sídly, strukturou průmyslové výroby a odlišnými předpoklady pro cestovní ruch.

V oblastech, kde převažuje spotřební průmysl je větší intenzita přepravy osob oproti oblastem s převažujícím těžkým průmyslem, kde převažuje přeprava nákladů. Na intenzitě přemísťování se také podílí strukturně-morfologické znaky a kvalita dopravní sítě. V oblastech s velkou hustotou kvalitních dopravních cest se dá předpokládat zvýšená intenzita přepravy. Zvýšená intenzita přepravy je také mezi oblastmi s přebytkem a oblastmi s deficitem.

Intenzitu dopravy můžeme vyjádřit několika ukazateli, jejich volba záleží na konkrétních požadavcích, které jsou v souladu se stanovenými cíli. Mezi ukazatele intenzity patří objem přepravy, výkon přepravy, frekvence dopravních prostředků, průměrná přepravní vzdálenost a průměrná hybnost.

- **Objem přepravy**

Objem přepravy je vyjádřen jako počet přepravovaných osob nebo hmotnost nákladů v tunách za určité časové období. Objem přepravy nezávisí na přepravní vzdálenosti.

- **Výkon přepravy**

Výkon přepravy zahrnuje i přepravní vzdálenost. Výkon přepravy získáme jako součin počtu přepravovaných osob nebo součin hmotností přepravovaného nákladu v tunách za určitou časovou jednotku. Udává se v osobokilometrech (oskm) resp. tunokilometrech (tkm).

- **Frekvence dopravních prostředků**

Při zjišťování frekvence dopravních prostředků se využívá počtu průjezdů dopravního prostředku za určitou časovou jednotku. V souhrnu se používá tzv. vozových jednotek (v. j.), každý dopravní prostředek má přiřazenou určitou váhu (př. osobní automobil – 1 v. j., autobus (nákladní automobil) – 2 v. j.), tento ukazatel se využívá při zjišťování míry vytíženosti komunikace.

- **Průměrná přepravní vzdálenost a průměrná hybnost**

Průměrnou přepravní vzdálenost je možné spočítat jako podíl celkové sumy nacestovaných kilometrů lomen počtem přepravovaných osob nebo hmotností přepravovaných nákladů k určité časové jednotce. Průměrná hybnost nám udává průměrný počet jízd na jednoho obyvatele nebo určitou hmotnost nákladu za určitou časovou jednotku. Počítá se jako podíl celkové sumy jízd lomen počtem přepravovaných osob nebo hmotností přepravovaných nákladů k určité časové jednotce.

6.6.2. Rychlost přepravy

Rychlost přemísťování má vliv na časovou dostupnost mezi dopravními uzly. Rychlost můžeme určovat jako průměrnou, maximální a minimální za určitou časovou jednotku. Rozlišujeme tři druhy rychlostí dopravních prostředků: jízdní, technická a cestovní (komerční).

- **Jízdní rychlost**

Jízdní rychlost udává rychlost dopravního prostředku bez čekacích dob ve stanicích a bez časových ztrát vzniklých při rozjíždění a brzdění dopravního prostředku.

- **Technická rychlost**

Technická rychlost nebere v úvahu pouze časové ztráty vzniklé stáním ve stanicích, ale započítává i ztráty vzniklé rozjížděním, brzděním a zastavováním.

- **Cestovní (komerční) rychlost**

Cestovní rychlost, někdy též nazývána úseková, zahrnuje veškerý čas potřebný k pohybu mezi dvěma uzly. Započítávají se všechny časové ztráty, ke kterým dochází v průběhu cesty. Je to průměrná rychlost dopravního prostředku za celkovou dobu cesty.