



Technologie dopravy

Úvod do předmětu Přepravní vztahy

Ing. Vít Janoš, Ph.D.

Ústav řízení dopravních procesů a logistiky

ČVUT v Praze Fakulta dopravní

Osnova přednášky

Úvod do předmětu

- Harmonogram výuky a cvičení
- Požadavky pro zápočet a zkoušku

Přepravní vztahy

- Základní pojmy
- Dopravní plánování
- Zobecněné náklady
- Přepravní poptávka
- Výkyvy přepravní poptávky
- Elasticita přepravní poptávky
- Nabídka a poptávka
- Účastníci přepravního procesu
- Úvod do dopravního modelování



Informace o předmětu

garant předmětu: **Ing. Vít Janoš, Ph.D.**

janos@fd.cvut.cz

přednášky budou k dispozici na:

<http://techno.kvalitne.cz>

ÚVOD DO PŘEDMĚTU



TECHNOLOGIE DOPRAVY



Požadavky pro zápočet

Pro získání zápočtu je třeba:

- ***Alespoň 5 bodů ze cvičení***

Bod se uděluje za každou účast a dále za správné zodpovězení dotazů k látce položených na cvičení, případně za správně řešený příklad.

- ***Úspěšnost v zápočtovém testu***

V případě neúspěchu v zápočtovém testu lze absolvovat jeden opravný termín.



Požadavky pro zkoušku

Pro složení zkoušky je třeba:

- *Získat zápočet*
- *Uspokojivě zodpovědět otázky ústní zkoušky (včetně vyřešení praktického příkladu v rozsahu přednášek a cvičení)*

Absolvovat zkoušku není možné, pokud student není schopen vůbec zodpovědět 2 a více otázek. Pro studentky platí ta samá pravidla.

Osnova přednášky

Přednášky pro studenty prezenční formy studia:

26.9.	Úvod do dopravního plánování	Dr. Janoš
3.10.	Plánování veřejné dopravy	Dr. Janoš
10.10.	Tvorba jízdnicích řádů	Dr. Janoš
17.10.	Městské dopravní systémy	Ing. Michl
24.10.	Osobní doprava – železniční	Dr. Janoš
31.10.	Osobní doprava – silniční	Dr. Janoš
7.11.	Financování veřejné dopravy	host – Ing. Vichta, MD ČR
14.11.	Nákladní doprava – železniční	Dr. Janoš
21.11.	Nákladní doprava – silniční	Ing. Michl
28.11.	Letecká doprava	Ing. Michl
5.12.	Vodní doprava	Ing. Michl
12.12.	Kombinovaná doprava	Ing. Michl
19.12.	Case study (příklad z praxe)	host – Ing. Paroubek, LEO Expres
2.1.	<i>zápočtové testy</i>	
7.1.	<i>předtermín</i>	

Pořadí cvičení:

Dopravní plánování
Jízdní řády
Provozní koncept
Výběrové řízení ve veřejné dopravě
Přidělování slotů
Opakování

Ing. Kříž
Ing. Kříž / Ing. Drábek
Ing. Kříž / Ing. Drábek
Ing. Drábek
Ing. Sojka
Ing. Kříž / Ing. Drábek



Dopravní plánování

Dopravní plánování

Zjišťování přepravních vztahů

Modelování přepravních vztahů
(modelování dopravy)

Plánování veřejné dopravy



Dopravní plánování

Strategické (*dopravní inženýři, odborníci v aplikovaných vědách*)

- Sběr dat a jejich interpretace – zjišťování přepravních vztahů
- Modelování dopravní poptávky a nabídky
- Dimenzování silnic, plánování nabídky ve veřejné dopravě
- Rámcová formulace požadavků na infrastrukturu

Stavební (*projektanti dopravních staveb, dopravní inženýři*)

- Konkrétní implementace požadavků na infrastrukturu
- Nutno sladit technické požadavky s dopravně-technologickými

Operativní (řízení provozu – specialisté, dopravní inženýři)

- Specialisté řídí běžný provoz a provádějí údržbu zařízení
- Dopravní inženýři pozorují a vyhodnocují proces – zpětná vazba do plánovacího procesu



Cesty, doprava vs. přeprava

Cesta

je jednosměrné přemístění ze zdroje do cíle za určitou aktivitou.

Přeprava

je vlastní změna místa bez ohledu na to, jakým způsobem se uskutečnila.

Doprava

je pohyb dopravních prostředků po dopravních cestách.



Uživatel vs. cestující

Uživatel

je zkrácený název pro účastníka přepravního procesu.

Cestující

je účastník přepravního procesu, který pro celou cestu nebo její část využívá veřejnou dopravu.



Kategorizace účastníků přepravního procesu

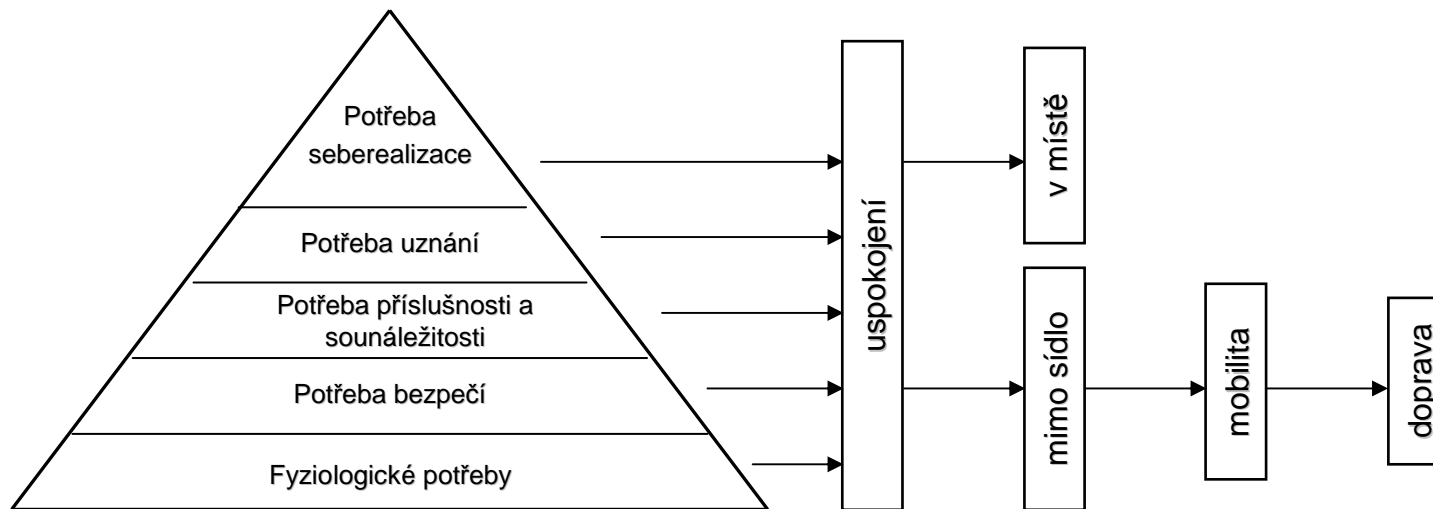
Ukazatele, které mají vliv na dopravní chování uživatelů:

- Sociodemografické charakteristiky
 - Bydliště a pracoviště/škola
 - Pohlaví
 - Věk
 - Příjem
 - Vlastnictví osobního automobilu
 - Vlastnictví předplatní jízdenky (MHD, IDS, traťové, síťové, režijní)
 - Struktura domácnosti
- Zdroj, cíl
- Dopravní prostředek
- Cesta
- Čas cesty



Maslowova pyramida potřeb

- Hierarchická struktura potřeb
- Potřeba přemístění je potřeba **odvozená** \Leftrightarrow jinou potřebu nelze uspokojit v místě pobytu
- Generování dopravy
- Přetížená komunikace \Rightarrow vnímání přepravy jako obtížné \Rightarrow uspokojení požadavku jiným způsobem
- Nové nabídky mohou vést k jiným formám uspokojování potřeb a novým přepravním proudům



DOPRAVNÍ PLÁNOVÁNÍ



TECHNOLOGIE DOPRAVY

Přemístění, přepravní vztahy

- **Cesta** = jednosměrné přemístění ze zdroje do cíle za určitou aktivitou
- **Přepravní vztahy** = přemísťovací vztahy vykonávané v rámci každodenních i nepravidelných aktivit
- Popis pomocí makroskopické dopravní analýzy
- Systematický rozbor způsobu uspokojování přemísťovacích potřeb osob v územních a dopravních systémech
- Kauzalita vzniku přepravních vztahů



Zobecněné náklady

- = veškeré náklady (peněžní i nepeněžní), které cestující vynakládá na přemístění
- Tedy například čas, nepohodlí, hledání parkovacího místa (auto) nebo čekání a přestupy (veřejná doprava)... Nepeněžní jsou oceněny subjektivně (vážení mírou pohodlí a rizika).
- Plánované (předstih) i neplánované (zpoždění)
- Subjektivně relevantní pro rozhodování o vykonání cesty, jejím čase, cíli, trase atd.
- Někdy též nazývané „přepravní odpor“



Přepravní poptávka

= soubor všech přemístění, která jsou obyvatelé ochotni vykonat v daném území

- Přemístění lze popsat pomocí hledisek
 - Zdroj a cíl přemístění
 - Účel přemístění
 - Nutnost realizace přemístění
 - čas opuštění zdroje
 - čas dosažení cíle
 - Druh dopravního prostředku
 - Použitá dopravní cesta

Poptávka po přepravě je **velmi různorodá** (místně, časově, kvalitativně).



Výkyvy poptávky (sezónnost)

Je zřejmé, že poptávka po přepravě není v každé roční a denní době stejná.

Rozlišujeme výkyvy:

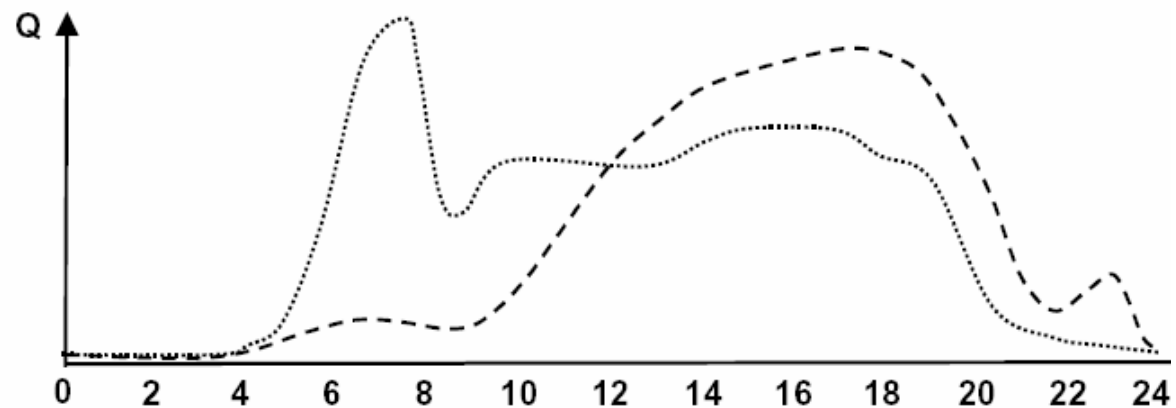
- **roční** (dané počasím, prázdninami,...)
 - **týdenní** (dané zejména víkendy)
 - **denní** (špičky, sedla, noční provoz)
-
- Jak je možné se s výkyvy efektivně vyrovnat?



Výkyvy poptávky

Průběh objemu přepravy veřejnou dopravou během 24 h:

- Do centra města (ranní špička)
- Z centra města (pozvolnější odpolední špička) -----



Pružnost (elasticita) poptávky

Elasticita = vztah relativní (nebo procentuální) závislé veličiny a nezávislé veličiny
měří, jak rychle se mění jedna veličina jako reakce na změnu druhé veličiny

– **Cenová elasticita** $\eta = \frac{\frac{dQ}{Q}}{\frac{dP}{P}}$

dQ/Q = relativní změna počtu jízd osob (*Quantity*)

dP/P = relativní změna ceny jízdného (*Price*)

– Funkce poptávky je monotónní, klesající => $\eta < 0$



Pružnost (elasticita) poptávky

- Elasticita poptávky – prakticky vždy záporná hodnota
- Elasticita nabídky – kladná hodnota
- Rozlišení
 - $|\eta| > 1$ pružná (elastická) poptávka
 - $|\eta| < 1$ neelastická poptávka
- Při zvýšení cen očekává dopravce vyšší výnosy – platí pouze v případě neelastické poptávky
- V případě $\eta = 0$ nenastává reakce poptávky na změnu ceny – dokonale neelastická poptávka
- Doprava – zpravidla mírně elastická poptávka



Pružnost (elasticita) poptávky

- V případě $\eta < -1$ resp. $|\eta| > 1$ reaguje poptávka na zvýšení cen tak silně, že výnos dokonce klesá – zákazníci reagují elasticky na zvýšení ceny
- Hraniční případ $|\eta| = 1$ – libovolná změna ceny => výnosy se nemění
- Lineární přiblížení nelineární závislosti – omezeno na určitou oblast – mimo tuto oblast dochází ke klopnému efektu nebo nasycení trhu
- Nebezpečí při změnách prvků nabídky o více než 30% a při strukturálních změnách
- Nejznámější cenová elasticita – v dopravě jsou důležité též další veličiny – rychlost – nutnost prověření kauzality a podmínky *ceteris paribus* (lat. „jsou-li ostatní stejné“ – znamená podmínku nebo předpoklad, že se při zkoumání vlivu určitého parametru (proměnné) na výsledek ostatní parametry nezmění)



Elasticita poptávky v závislosti na attributech nabídky

Vlastní elasticita - příklady

- Elasticita cestovní doby $\eta = -1.0$ znamená, že zkrácení cestovní doby o 10% má za následek zvýšení poptávky o 10%
- Dvojnásobná četnost nabídky (např. 30 minutový takt místo 60 minutového) vede ke zvýšení poptávky o 32%
- Přímé spojení místo přestupu generuje 12% více poptávky

Křížová elasticita (IAD versus VD)

- Křížová elasticita cestovní doby $\eta = 0.4$ znamená, že prodloužení cestovní doby IAD z důvodu kongesce má za následek o 4% vyšší poptávku ve veřejné dopravě



Pružnost (elasticita) poptávky

- Studie z různých dopravních trhů bez splnění podmínky *ceteris paribus*
- Cenová elasticita je uvedena pro váženou kombinaci všech cen jízdného a předplatních jízdenek – není přenositelná na jednotlivé typy jízdného

Elasticita poptávky	Veřejná doprava		Individuální automobilová doprava	
	Městská	Dálková	Městská	Dálková
Dopravní výkony	+0,25 ... +0,35	+0,30 ... +0,45		
Tarif veř. dopravy	-0,20 ... -0,30	-0,25 ... -0,40		
Příjmy	+0,30 ... +0,60	+0,35 ... +0,70	+0,34	+0,60 ... +0,70
Existence OA	-0,40 ... -0,60		+1,00	+1,00
Rychlost IAD	-0,70 ... -1,00		+0,30 ... +0,45	+0,30 ... +0,50
Náklady OA			-0,01	-0,03
Jízdní doba VD		-0,60 ... -1,00		

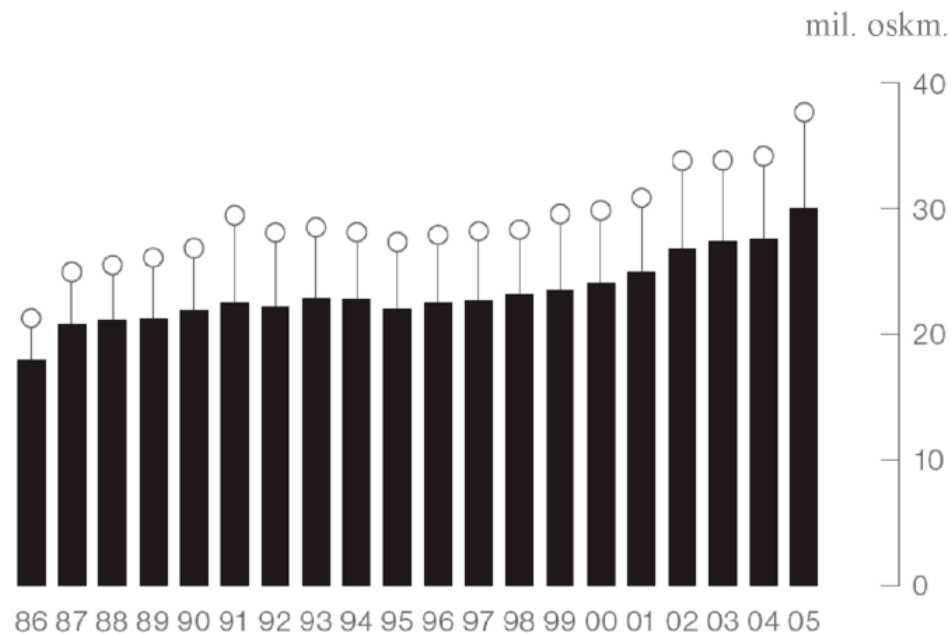


Požadavky na dopravní systém, tj. nabídku

- zákazník („člověk ekonomický“) chce uspokojit své přepravní potřeby
 - ihned a vždy (ve dne, v noci, za každého počasí)
 - kdekoli (z libovolného místa kamkoli)
 - s nejmenší možnou časovou náročností
 - s maximálním pohodlím
 - bez rizik
 - s nejnižší možnou cenou za přepravu
- platné pro osobní i nákladní dopravu, individuální i veřejnou dopravu
- zákazník si vybírá službu, která se nejvíce svými znaky přibližuje jeho požadavkům



Vztah nabídky a poptávky



průměrný denní výkon
(přepravní/dopravní)
v osobní železniční
dopravě SBB

DOPRAVNÍ PLÁNOVÁNÍ



TECHNOLOGIE DOPRAVY

Rovnováha nabídky a poptávky

- Teorie:
Rovnovážný stav dopravního systému nastává tehdy, kdy **pro žádného uživatele neexistuje žádná výhodnější alternativa** (tj. s nižšími zobecněnými náklady).
- Jedná se o matematicky popsatelný stav, který umožňuje exaktní porovnání variant dopravního řešení.
- Různé typy rovnováhy:
 - Wardropova rovnováha
 - Společenské (systémové) optimum
- V praxi ovšem dopravní systém **nikdy rovnovážného stavu nedosáhne** –
– neustále se mění.



Modal-Split

- česky **podíl na přepravní práci**
- Možné tři různé definice
 1. = podíl počtu osob přepravených daným druhem dopravy (za určitý čas) k počtu všech přepravených osob (v dané relaci, oblasti, státu) [-]
 2. = podíl určitého dopravního prostředku na celkovém přepravním výkonu [-]
 3. = přepravní výkon určitého druhu dopravy vztažený k délce sítě [oskm/km]
- Vzhledem ke kongescím na silnicích je snaha zvýšit podíl veřejné dopravy – zejména ve velkých městech a v přepravě z/do nich



Čím je ovlivněno dopravní chování a Modal-Split?

- Nabídka
- Rychlost (cestovní doba)
- Cena
- Různá elasticita poptávky v závislosti na jednotlivých atributech nabídky



Účastníci přepravního procesu

- Existují dvě výjimky oproti obecnému ekonomickému chování
 - skupiny obyvatel, které nemohou používat určité dopravní prostředky (**vázaní účastníci přepravního procesu**)
 - skupiny obyvatel vědomě opovrhující pravidly ekonomické optimalizace a vlastního prospěchu
- **Rozhodování o použitém dopravním prostředku**
 - výběr nabízených dopravních prostředků podél celé cesty
 - možnost využití nabízených dopravních prostředků na základě svých vlastních schopností
 - náklady a kvalita nabízených dopravních služeb



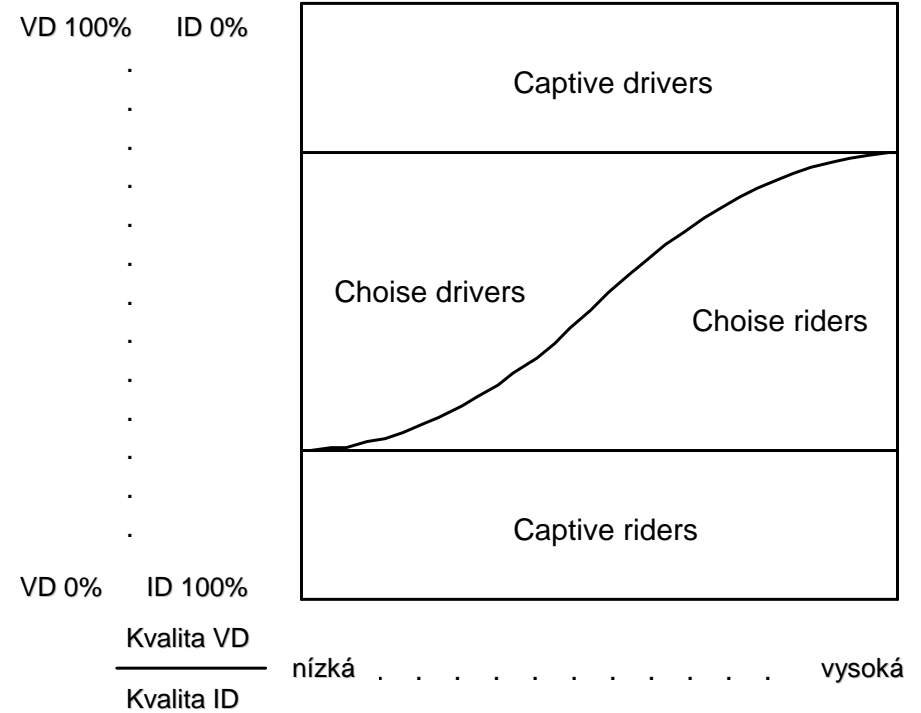
Účastníci přepravního procesu

- **Vázaní** – (*Captive Drivers/Captive Riders*) – bez možnosti svobodné volby dopravního prostředku
- **Svobodní** – (*Choise Riders*) – k objektivní možnosti volby (nabídka dopravních prostředků a osobní profil poptávky) se přidává osobní subjektivní rozhodování
 - část této skupiny se navzdory objektivní možnosti volby chová jako *captive*, čímž dochází ke snížení podílu svobodně se rozhodujících účastníků přepravního procesu
 - zbylá část volně se rozhodujících účastníků volí mezi jednotlivými nabídkami podle zobecněných nákladů, dostupnosti, kvality atd.



Účastníci přepravního procesu

- Různá funkce poptávky u *Captive Riders* v porovnání s *Choise Riders*
 - *Captive Riders* – výrazně neelastická poptávka
 - *Choise Riders* – elastická poptávka
- Podíl na přepravním trhu veřejné, resp. individuální dopravy ve funkci poměru nákladů a užitku



Jak modelovat poptávku po přepravě

MODELY PŘEPRAVNÍCH VZTAHŮ V ÚZEMÍ (DOPRAVNÍ MODELY),

které znázorňují tzv. **přepravní proudy**, tedy počet cestujících mezi řešenými celky, v interakci se zatížením komunikací.



Zjišťování podkladů pro modelování

- **Pozorování** - bez vědomí pozorovaného
 - Dopravní průzkumy (sčítání) na silnici
 - Sčítání cestujících ve veřejné dopravě
 - Snímání počtu nastupujících/vystupujících cestujících IR čidly

- **Dotazování** - aktivní spolupráce dotazovaného
 - Přepravní průzkumy v terénu
 - Telefonické dotazování
 - Internetové dotazníky
 - Dotazníky pro domácnosti
 - cestovní deníky



Úskalí cíleného dotazování

- často úmyslně nebo neúmyslně mlžíme (nepochopení otázky nebo principiální odmítnutí odpovědi)
- volba otázek a jejich struktury (případně i místa dotazování) může předurčovat odpověď
- nutno rozlišovat získávání zdrojů

RP-data x SP-data

Revealed Preferences

= výsledky pozorování realizované přepravy (sčítání vozidel, prodané jízdenky)

Stated Preferences

= všechna ostatní data (zamýšlená přeprava)



Dotazování na SP-data – stated response

- Zamýšlené chování na **hypotetických (přepravních) trzích**
- Preference uživatelů se zjišťují opakovaným hodnocením systematicky obměňovaných hypotetických (přepravních) trhů
- Tyto hypotetické trhy se vytvářejí:
 - Připuštěnými alternativami chování (variantami odpovědi)
 - Popisem



Hodnoty strukturálních veličin lze zjišťovat

- Růstovými koeficienty
 - Rychlé určení prognózovaných veličin
 - Problém přesnosti analyzovaných veličin
- Regresními modely
 - Lineární závislost přepravního vztahu na strukturálních veličinách
- Modely založenými na charakteristikách přepravního chování
 - Vazba ZCS na vztažné skupiny obyvatel
 - Uzavřená časová jednotka (den) – **uzavřené řetězce přemístění** (např. bydlení => práce => nákup => bydlení)



Stav vstupních dat v ČR

- neexistují podklady o dopravním chování
- není známa intermodální matice přepravních vztahů
- data o přepravních vztazích bývají mylně směřována s daty o intenzitách přepravních proudů
- dopravní plánování = heuristika a gravitační modely
- do jisté míry lze využít data zahraničních projektů (Mobidrive, Mikrozensus – včetně citlivosti dat)
- omezená vypovídací hodnota pravidelné dojížděky a vyjížděky SLDB 2001



Obecné zásady pro modelování

- Doprava je velmi dynamické odvětví => modely je nutno koncipovat tak, aby byly snadno a rychle **aktualizovatelné**.
- Je velmi důležité “vyladit koncept” konkrétního modelu **na míru jeho účelu** – zejména kategorizace skupin, úroveň podrobnosti...



Modelování přepravní poptávky

- **Model** představuje idealizované (zjednodušené) zobrazení části reálného světa
- **Model přepravní poptávky** reprodukuje proces přepravní poptávky a skutečně pozorované přepravní procesy na základě zákonitostí odvozených z dostupných dat
- Modelování je pouhý **nástroj** dopravního plánování – není tedy řešením sám o sobě!



Modelování přepravní poptávky

- Cílem je snaha o co nejuvěrnější zobrazení poptávky
 - **pochození přepravního chování** za současných podmínek
 - **prognóza přepravních procesů** (a změn přepravního chování) pro budoucí stavy, zejména v souvislosti se změnami v dopravním systému,
tj. analýza rozhodování uživatelů
- Model přepravní poptávky v případě plánovaných změn nabídky veřejné dopravy (např. zrychlení nebo zvýšení četnosti nabídky spojů) umožňuje odhadnout
 - změnu celkového objemu přepravy (počet cest)
 - přesun cestujících od IAD k veřejné dopravě
 - zatížení celé sítě nebo jednotlivých linek (tratí)



Modelování dopravního systému

- Prostorová a sídelní struktura
 - Vlastnosti **dopravních okrsků** (zón) – geografické a hospodářské charakteristiky, charakteristiky sídelních celků, společenské vybavenosti, obchodu a služeb
- Dopravní síť
 - **Isochrony** – koeficient prodloužení cesty
 - **Nákladové veličiny (zobecněné náklady)** – vzdálenost, čas, náklady na přemístění
 - Kritéria polohy – výhodnost polohy okrsku jako zdrojového nebo cílového



Modelování dopravního systému

Dopravní modely

- **Agregované** – zobrazení chování souboru cestujících jako celku, elasticity
- **Disagregované** – znázornění dopravního chování jednotlivce, platební schopnost (a ochota) zákazníka
 - **Zdroj-cílové skupiny (ZCS)** – průměrný počet cest (neboli *specifická hybnost*), koeficient generování přepravních vztahů



Čtyřfázový dopravní model

Generování cest (*Trip generation*)

- Určení zdrojových a cílových přepravních vztahů Z_i a C_j a celkového přepravního vztahu V_{ij}

Volba cílů cest (*Trip distribution*)

- Rozdělení a přidělení vztahů zdrojovým a cílovým okrskům

Volba dopravního prostředku (*Modal Split*)

- Charakteristika dopravního prostředku, uživatele a přemístění

Volba trasy v síti (*Assignment*)

- Určení poptávky v každém relevantním bodě sítě



Úskalí čtyřfázového dopravního modelu

- Konzistence dílčích modelů
- Chybí zpětné vazby mezi jednotlivými fázemi



Generování cest

- **Rozdělení všech cest**
na **13 ZCS** – další dělení
 - Začátek přemístění leží v domově
(Home-based trips)
 - Konec přemístění leží v domově
(Home-based trips)
 - Začátek a konec přemístění neleží v domově
(Non-home-based trips)

do z	B	Z	P	V	N	O
Bydlení (vlastní)	-	BZ	BP	BV	BN	BO
Zaměstnání (vlastní)	ZB	-	ZO			
Předškolní zařízení	PB	OZ	OO			
Vzdělávací zařízení	VB					
Nákupní zařízení	NB					
Ostatní	OV					

- **Součtové podmínky**
 - Tvrdé – nezáleží na výhodnosti polohy okrsků - BZ
 - Měkké – záleží na výhodnosti polohy okrsků - BN



Modely volby cílů cest

- Základní
 - podmíněná pravděpodobnost přemístění osoby mezi zdrojem i a cílem j
- Odvozené
 - **Náhodný model**
 - Všechny relace i - j mají stejnou velikost hodnotící funkce

$$v_{ij} = \frac{Z_i \cdot C_j}{V}$$

- Vhodné pro menší a střední města do průměru 6 km pro individuální a veřejnou dopravu



Odhad přepravních vztahů

nejjednodušší model

Lillův cestovní zákon – 1891: **Gravitační model**

$$v_{ij} \approx k \cdot \frac{Z_i \cdot C_j}{l_{ij}^2}$$

Obecně je třeba nahradit vzdálenost zobecněnými náklady

$$v_{ij} = k \cdot \frac{Z_i \cdot C_j}{c_{ij}^2}$$



Gravitační model znamená, že

- všem přepravám přisuzujeme stejnou váhu
- omezující je popis zdrojového / cílového potenciálu
- zanedbáváme sezónnost

a zejména stanovení konstanty k je značně problematické.

Ovšem gravitační model funguje pro **poměrné srovnání významu přepravních vztahů** nebo omezené intramodální úlohy.



Modely volby dopravního prostředku

Trip-End

- Po fázi vzniku přepravních vztahů následuje fáze volby dopravního prostředku
- Při průzkumech k získání hodnot průměrného počtu cest je nutno pro každou ZCS a skupinu obyvatel zjistit údaje o dělbě přepravní práce => volba cíle cest

Trip-Interchange

- Matice přepravních vztahů => dělba přepravní práce
- Porovnání užitku několika alternativ (složka deterministická a stochastická)
- Deterministická část užitku je popsána lineární funkcí (cestovní doba, poplatky, jízdné)
- Pro posuzování alternativ se používají modely – lineární, Logit, Probit



Modely volby dopravního prostředku

Lineární pravděpodobnostní model

- Rovnoměrné rozdělení veličin užitku – uživatel určuje hodnotu užitku dané alternativy náhodně mezi známou horní a dolní mezí

Model PROBIT

- Přepokládá normální rozdělení odhadu rozdílu užitku – lepší zobrazení skutečnosti

Model LOGIT

- Logistické rozdělení ohodnocení alternativ uživatelem



LOGIT model

Užitková funkce přemístění

$$U_{jq} = V(X_{kjq}) + \varepsilon_{jq}$$

- kde V deterministická složka užitku (systematicky popsatelná)
 ε stochastická složka užitku (osobní preference)
 j alternativa rozhodování
 q rozhodující se osoba

Modifikovaný polynomický Logit Model pro užitkovou funkci - systematická složka:

$$V(X_{kjq}) = \alpha_j + \sum \beta_{k''j} p_{k''q} + \sum \beta_{k'j} s_{k'q} + \sum \beta_{kj} x_{kjq}$$

- kde α konstanta pro alternativu j
 β parametry
 p vlastnost k'' osoby q
 s vlastnost k' situace osoby q
vlastnost k alternativy j pro osobu q



LOGIT model

Odhad Modal Split dopravního prostředku v relaci

$$MS_A = \frac{e^{U_A}}{\sum_{i=1}^n e^{U_i}}$$

kde

MS_A podíl dopravního prostředku A na přepravní práci v dané relaci

U_A užitková funkce dopravního prostředku A

Užitková funkce: funkce cestovní doby, doby čekání, výše nákladů při použití dopravního prostředku



Volba trasy v síti

Modelování a ohodnocení prvků sítě

- Uzly, trasy
- časové náklady spojené s průjezdem po určité trase
- funkce *Capacity Restraints* – závislost doby průjezdu na stupni nasycení

Přidělení zátěže na síť

- Bez ohledu na propustnost – hledání nejkratších cest s pevně danými odpory tras a uzlů
- S ohledem na propustnost – iterativní algoritmy s postupným přidělováním částí celkových přepravních vztahů na síť => ohodnocení tras a volba nejkratší cesty



Modely založené na přepravním chování

Neboli **modely s diskretní volbou**

- Co je **přepravní chování**?
 - přepravní návyky obyvatel resp. souhrn preferencí uživatelů dopravy v řešeném prostoru
- rozdělení uživatelů na skupiny s homogenním chováním
- znalost rozhodovacího procesu a jeho parametrů
- deník cest



Deník cest

- Členové domácnosti po několik týdnů zaznamenávají do speciálně navržených formulářů údaje o všech svých cestách (údaje pro dopravní modelování + účel cesty)
- **Velmi cenné údaje pro dopravní plánování, ale náročná příprava a organizace**
- Je třeba **motivovat respondenty** ke svědomitému vyplňování
- Kromě deníku je možné i retrospektivní vyplňování



Příklad deníku cest: Mobidrive

(Mo) (Di) (Mi) (Do) (Fr) (Sa) (So)	(Mo) (Di) (Mi) (Do) (Fr) (Sa) (So)	(Mo) (Di) (Mi) (Do) (Fr) (Sa) (So)
____ Beginn (Uhrzeit)	____ Beginn (Uhrzeit)	____ Beginn (Uhrzeit)
<input type="radio"/> Jmd. Abholen/Wegbringen <input type="radio"/> Erledigung/Dienstleistung <input type="radio"/> Dienstlich/geschäftlich <input type="radio"/> zur Ausbildung/Schule <input type="radio"/> zur Arbeit <input type="radio"/> Einkauf <input type="radio"/> täglicher Bedarf <input type="radio"/> langfristiger Bedarf <input type="radio"/> Freizeit, und zwar _____ <input type="radio"/> Sonstiges, und zwar _____ <input type="radio"/> nach Hause	<input type="radio"/> Jmd. Abholen/Wegbringen <input type="radio"/> Erledigung/Dienstleistung <input type="radio"/> Dienstlich/geschäftlich <input type="radio"/> zur Ausbildung/Schule <input type="radio"/> zur Arbeit <input type="radio"/> Einkauf <input type="radio"/> täglicher Bedarf <input type="radio"/> langfristiger Bedarf <input type="radio"/> Freizeit, und zwar _____ <input type="radio"/> Sonstiges, und zwar _____ <input type="radio"/> nach Hause	<input type="radio"/> Jmd. Abholen/Wegbringen <input type="radio"/> Erledigung/Dienstleistung <input type="radio"/> Dienstlich/geschäftlich <input type="radio"/> zur Ausbildung/Schule <input type="radio"/> zur Arbeit <input type="radio"/> Einkauf <input type="radio"/> täglicher Bedarf <input type="radio"/> langfristiger Bedarf <input type="radio"/> Freizeit, und zwar _____ <input type="radio"/> Sonstiges, und zwar _____ <input type="radio"/> nach Hause
<input type="radio"/> nur zu Fuß _____ <input type="radio"/> zu Fuß zum Verkehrsmittel _____ <input type="radio"/> Fahrrad _____ <input type="radio"/> Mofa, Motorrad _____ <input type="radio"/> Pkw als Fahrer _____ <input type="radio"/> Pkw als Mitfahrer _____ <input type="radio"/> Bus _____ <input type="radio"/> Straßen-/Stadtbahn _____ <input type="radio"/> Eisenbahn _____ <input type="radio"/> _____ <input type="radio"/> zu Fuß zum Ziel _____	<input type="radio"/> nur zu Fuß _____ <input type="radio"/> zu Fuß zum Verkehrsmittel _____ <input type="radio"/> Fahrrad _____ <input type="radio"/> Mofa, Motorrad _____ <input type="radio"/> Pkw als Fahrer _____ <input type="radio"/> Pkw als Mitfahrer _____ <input type="radio"/> Bus _____ <input type="radio"/> Straßen-/Stadtbahn _____ <input type="radio"/> Eisenbahn _____ <input type="radio"/> _____ <input type="radio"/> zu Fuß zum Ziel _____	<input type="radio"/> nur zu Fuß _____ <input type="radio"/> zu Fuß zum Verkehrsmittel _____ <input type="radio"/> Fahrrad _____ <input type="radio"/> Mofa, Motorrad _____ <input type="radio"/> Pkw als Fahrer _____ <input type="radio"/> Pkw als Mitfahrer _____ <input type="radio"/> Bus _____ <input type="radio"/> Straßen-/Stadtbahn _____ <input type="radio"/> Eisenbahn _____ <input type="radio"/> _____ <input type="radio"/> zu Fuß zum Ziel _____
(Straße, Haus-Nr.) _____ (Ort) _____	(Straße, Haus-Nr.) _____ (Ort) _____	(Straße, Haus-Nr.) _____ (Ort) _____
_____ Haushaltsmitglied(er) _____ Andere Person(en) <input type="radio"/> Hund	_____ Haushaltsmitglied(er) _____ Andere Person(en) <input type="radio"/> Hund	_____ Haushaltsmitglied(er) _____ Andere Person(en) <input type="radio"/> Hund
<input type="radio"/> keine Ausgaben <input type="radio"/> bis DM 10,- <input type="radio"/> über DM 10,- bis DM 25,- <input type="radio"/> über DM 25,- bis DM 100,- <input type="radio"/> über DM 100,- <input type="radio"/> Fahrschein, Parkgebühr, Taxi etc. _____ DM, Pf	<input type="radio"/> keine Ausgaben <input type="radio"/> bis DM 10,- <input type="radio"/> über DM 10,- bis DM 25,- <input type="radio"/> über DM 25,- bis DM 100,- <input type="radio"/> über DM 100,- <input type="radio"/> Fahrschein, Parkgebühr, Taxi etc. _____ DM, Pf	<input type="radio"/> keine Ausgaben <input type="radio"/> bis DM 10,- <input type="radio"/> über DM 10,- bis DM 25,- <input type="radio"/> über DM 25,- bis DM 100,- <input type="radio"/> über DM 100,- <input type="radio"/> Fahrschein, Parkgebühr, Taxi etc. _____ DM, Pf
_____ Ankunft (Uhrzeit) _____ km _____ m	_____ Ankunft (Uhrzeit) _____ km _____ m	_____ Ankunft (Uhrzeit) _____ km _____ m

Weitere Wege bitte auf der nächsten Seite eintragen !

②

Příklad deníku cest: Mobidrive

(Mo)	(Di)	(Mi)	(Do)	(Fr)	(Sa)	(So)
<input type="text"/> Beginn (Uhrzeit)						
<input type="radio"/> Jmd. Abholen/Wegbringen						
<input type="radio"/> Erledigung/Dienstleistung						
<input type="radio"/> Dienstlich/geschäftlich						
<input type="radio"/> zur Ausbildung/Schule						
<input type="radio"/> zur Arbeit						
<input type="radio"/> Einkauf						
<input type="radio"/> <input type="radio"/> täglicher Bedarf						
<input type="radio"/> <input type="radio"/> langfristiger Bedarf						
<input type="radio"/> Freizeit, und zwar						
<input type="text"/>						
<input type="radio"/> Sonstiges, und zwar						
<input type="text"/>						
<input type="radio"/> nach Hause						

②

Příklad deníku cest: Mobidrive

<input type="radio"/>	nur zu Fuß	<input type="text"/>
<hr/>		
<input type="radio"/>	zu Fuß zum Verkehrsmittel	<input type="text"/>
<input type="radio"/>	Fahrrad	<input type="text"/>
<input type="radio"/>	Mofa, Motorrad	<input type="text"/>
<input type="radio"/>	Pkw als Fahrer	<input type="text"/>
<input type="radio"/>	Pkw als Mitfahrer	<input type="text"/>
<input type="radio"/>	Bus	<input type="text"/>
<input type="radio"/>	Straßen-/Stadtbahn	<input type="text"/>
<input type="radio"/>	Eisenbahn	<input type="text"/>
<input type="radio"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="radio"/>	zu Fuß zum Ziel	<input type="text"/>

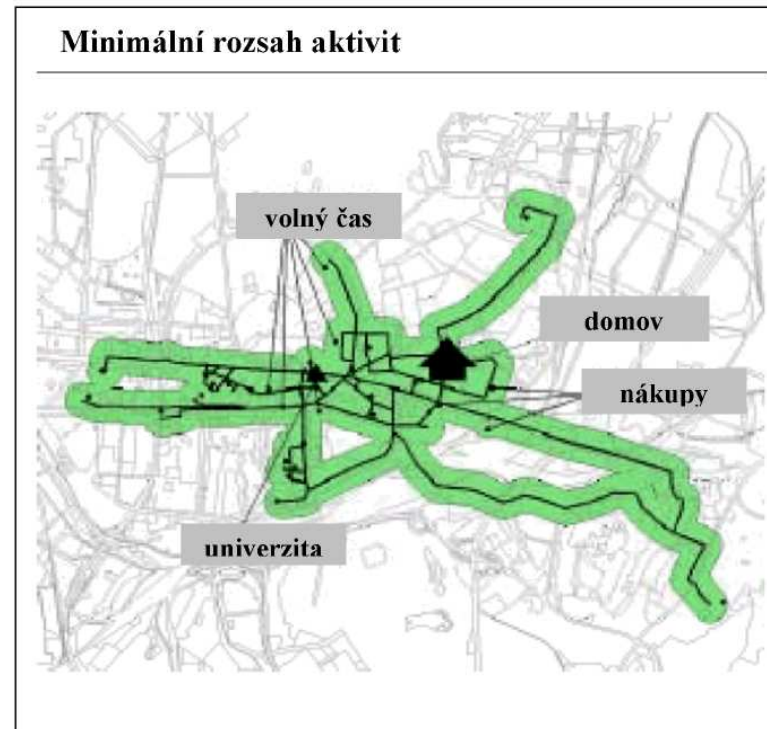
<input type="text"/>
(Straße, Haus-Nr.)
<input type="text"/>
(Ort)

Příklad deníku cest: Mobidrive

<input type="checkbox"/>	Haushaltsmitglied(er)		
<input type="checkbox"/>	Andere Person(en)		
<input type="radio"/>	Hund		
<hr/>			
<input type="radio"/>	keine Ausgaben		
<input type="radio"/>	bis DM 10,--		
<input type="radio"/>	über DM 10,-- bis DM 25,--		
<input type="radio"/>	über DM 25,-- bis DM 100,--		
<input type="radio"/>	über DM 100,--		
<hr/>			
<input type="radio"/>	Fahrschein, Parkgebühr, Taxi etc.		
<input type="text"/>	DM, Pf		
<hr/>			
<input type="text"/>	Ankunft (Uhrzeit)		
<input type="text"/>	km	<input type="text"/>	m

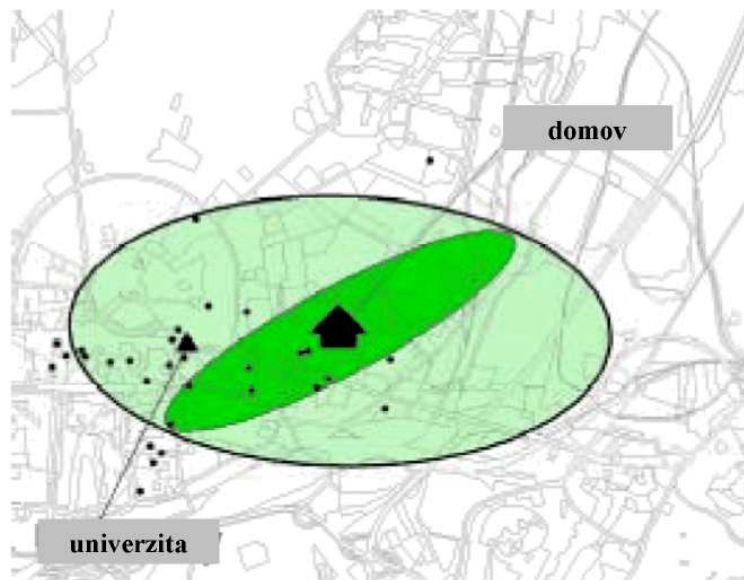
Vymezení prostoru aktivit

- Zaznamenání všech činností osoby s následkem přemístění
- Délka všech nejkratších cest mezi navštívenými cíli
- Požadavek na maximální počet popisů aktivit => identifikace skupin obyvatel s podobným rozsahem aktivit => zkoumání jejich chování



Konfidenční elipsa

Konfidenční elipsa

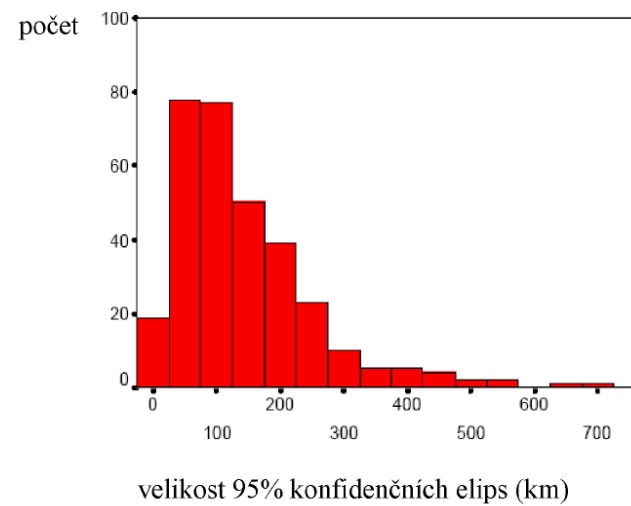


- vymezení cest
- charakter cest
- počet cest

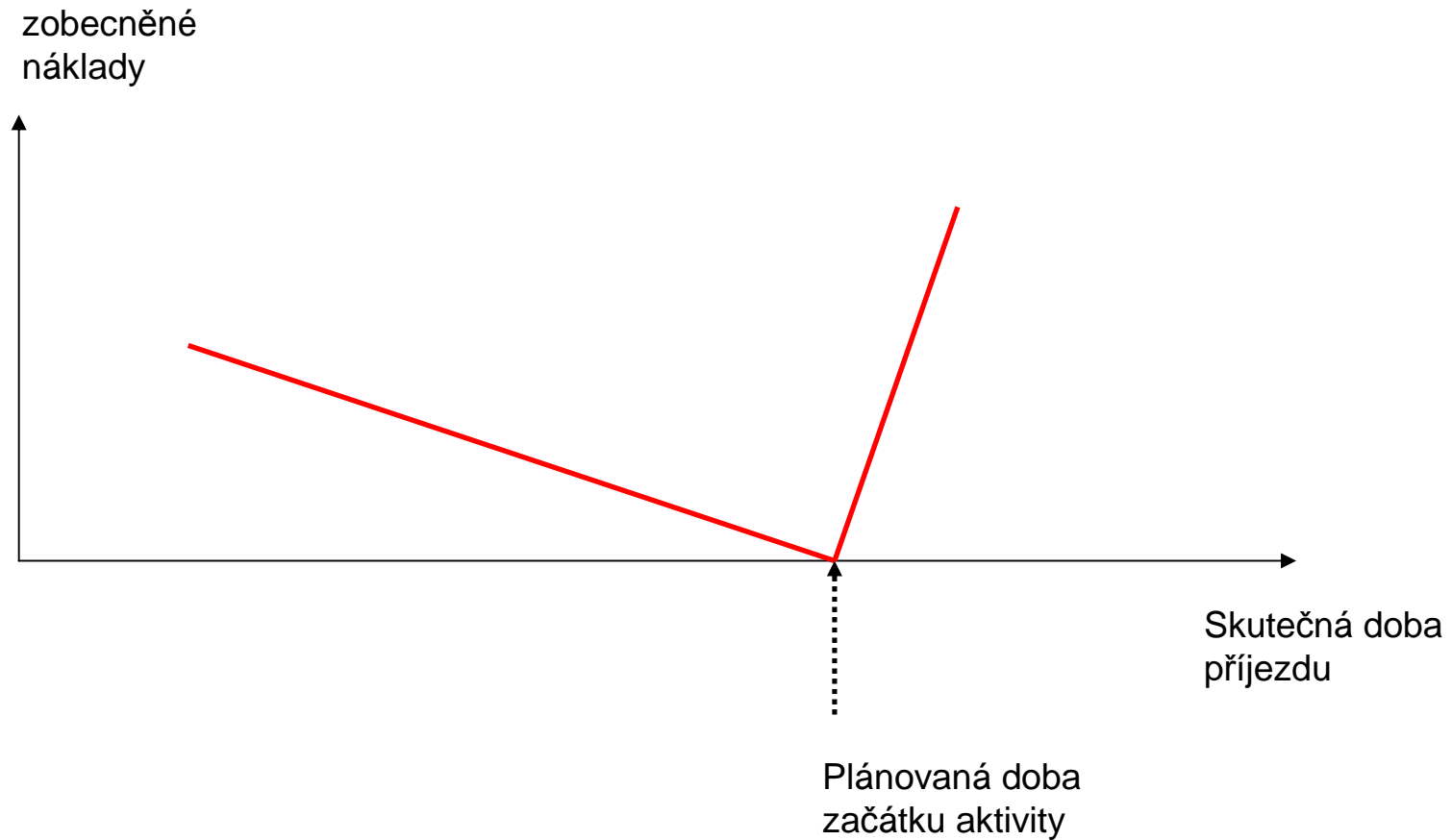


Střední velikost konfidenční elipsy

Rozdělení velikosti prostorů aktivit



Volba spoje veřejné dopravy: předstih/zpoždění

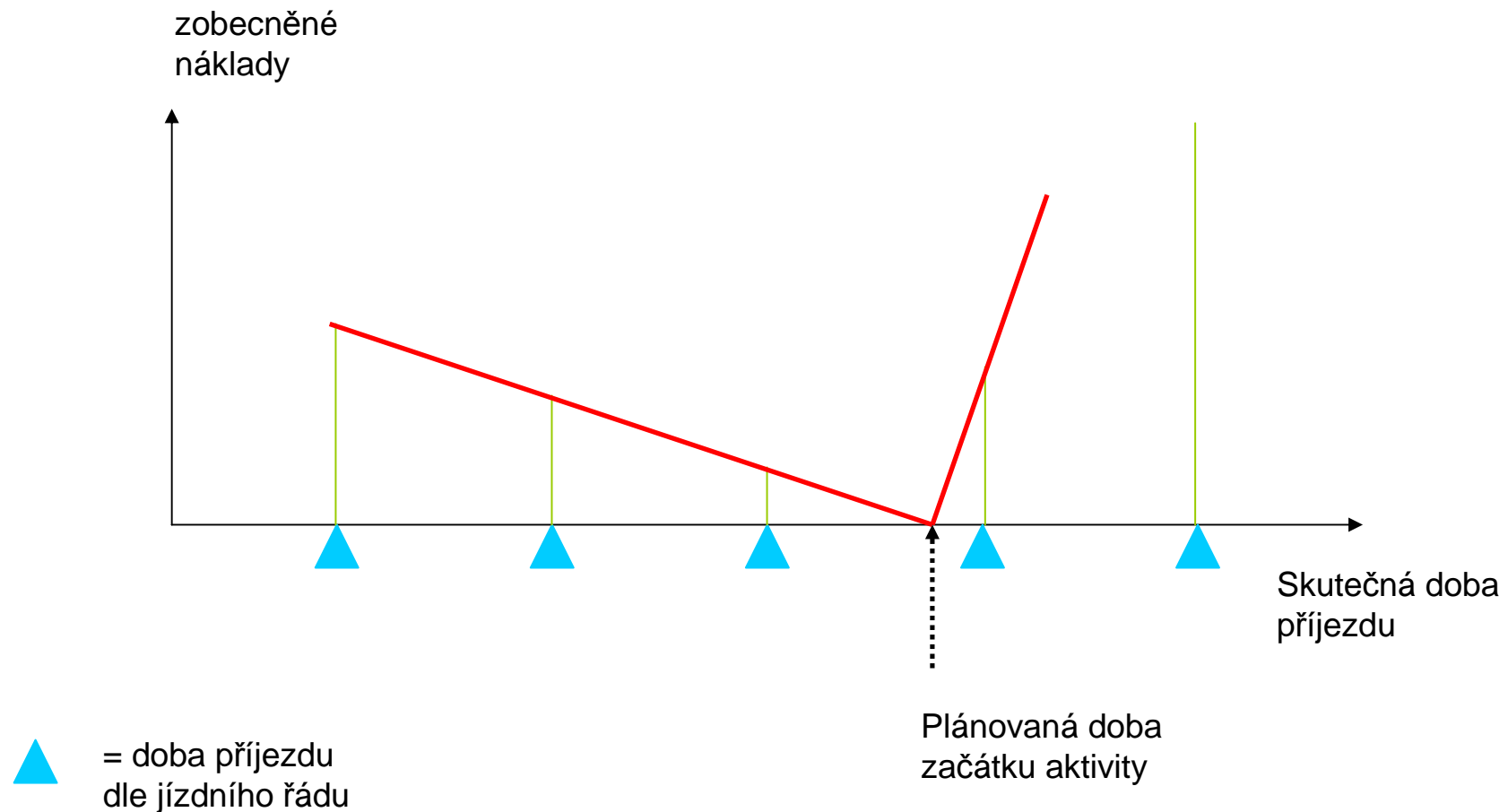


DOPRAVNÍ PLÁNOVÁNÍ



TECHNOLOGIE DOPRAVY

Volba spoje veřejné dopravy: předstih/zpoždění



DOPRAVNÍ PLÁNOVÁNÍ



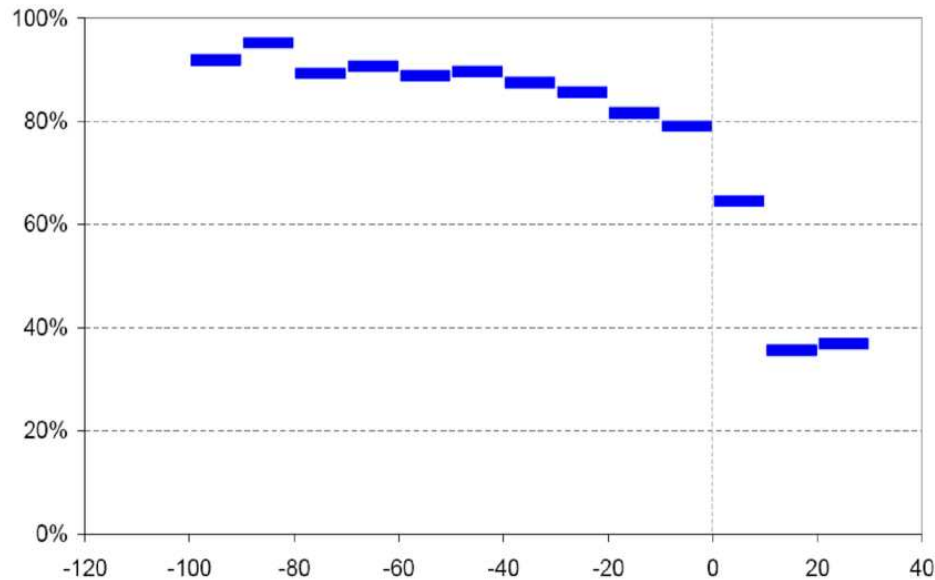
TECHNOLOGIE DOPRAVY

Co je nutno učinit pro změnu Modal-Split?

- **Analyzovat přepravní chování** – který dopravní prostředek uživatel volí a proč
- **aktivně ovlivňovat dělbu přepravní práce** nabídkou veřejné dopravy
- **optimalizovat systém VD** = plán linek + plán jízdního řádu + minimalizovat synchronizační doby
- zavedení dopravních prostředků úměrných poptávce
- **cílené investice na bodová zlepšení vlastností systému**



Vliv cestovní rychlosti na Modal-Split



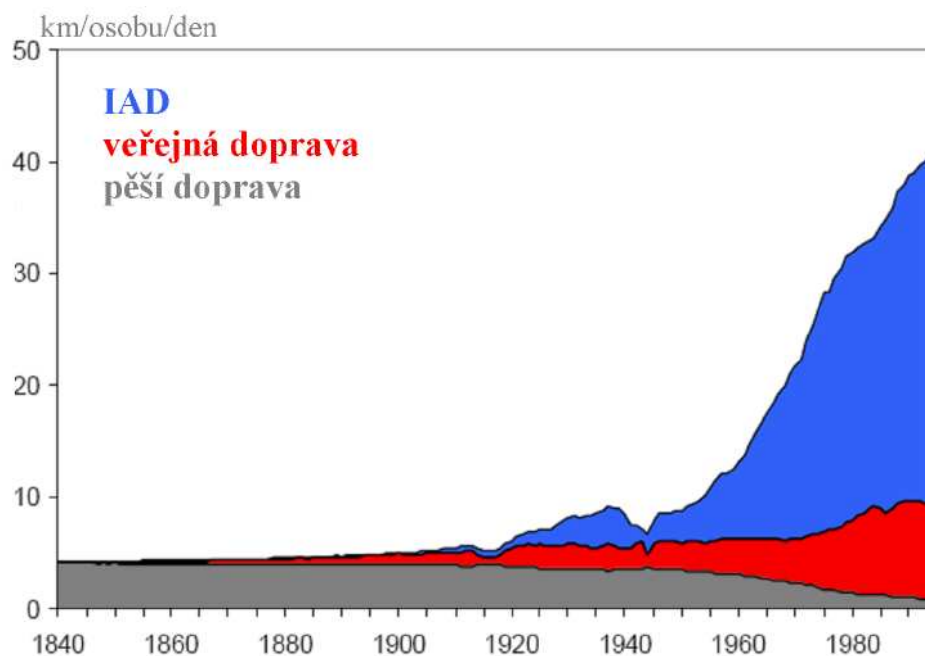
vliv absolutních časových rozdílů mezi IAD/ veřejnou dopravou při cestách nad 10 km

(Mikrozensus '94 – dotazování k přepravnímu chování prováděné v intervalu každých 5 let)



Pro inteligentní dopravní plánování existuje potenciál

Vývoj průměrné délky cest různými druhy dopravy ve Francii:



DOPRAVNÍ PLÁNOVÁNÍ



TECHNOLOGIE DOPRAVY



TECHNOLOGIE DOPRAVY

**Děkuji
za
pozornost.**



DOPRAVNÍ PLÁNOVÁNÍ

Použité zdroje

- Axhausen K. W.: Entscheidungen und Daten, Kurs Modelierung von Entscheidungen: Schätzung und Umsetzung. ETH Zürich, 2007
- Axhausen K. W., Vrtic M.: Was ist Verkehrsplanung? Prozesse, Probleme und Modelle. ETH Zürich, 2011
- Becker U.: Gesellschaftliche Ziele von und für Verkehr, Dresden 1999
- Lill E.: Das Reisegesetz und seine Anwendung auf den Eisenbahnverkehr, Wien 1891
- Ortúzar J. de D. and Willumsen L. G.: Modelling Transport 3rd Edition, Chichester 2006
- Pastor O., Tuzar A.: Teorie dopravních systémů, Praha 2007
- Schnabel W., Lohse D.: Grundlagen der Strassenverkehrstechnik und der Verkehrsplanung, Berlin 1997
- Vrtic M.: Sensitivitäten von Angebots- und Preisänderungen im Personenverkehr, Zürich 2000
- Weidmann U.: Netzplanung und Systemauslegung, ETH Zürich, 2008

