

$$PC_{ij} = k \cdot \frac{Q_i Q_j}{t_{ij}^2} \quad MS_A = \frac{e^{U_A}}{\sum_{X=A}^Z e^{U_X}} \quad U = \sum_{i=1}^n k_i f_i$$

1) V určité oblasti byla zjištěna gravitační konstanta hodnoty 1/250. Jaký počet cest lze podle gravitačního modelu předběžně očekávat v relacích A-B, B-C a C-A, jestliže časové vzdálenosti těchto měst jsou 15, 30 a 50 min., počty obyvatel A, B, C potom 5 tisíc, 10 tisíc a 30 tisíc?

2) Pro město X o 35400 obyvatelích bylo zjištěno procento denní vyjížděky 15%. Relevantními cíli dojížděky jsou města A, B, C, D, E. Tabulka počtů obyvatel a časových vzdáleností od X:

	Počet obyvatel	Čas	Cena	Hory
A	10500	10	20	0
B	120000	70	150	1
C	40000	20	50	0
D	12000	5	7	0
E	22000	30	70	1

Pomocí gravitačního modelu odhadněte rozložení proudů denní dojížděky z města X. Sloupce "cena" a "hory" dojdou uplatnění až v následujících úlohách.

3) Předchozí úlohu rozšířme o poznatek, že kromě střední časové vzdálenosti jsou pro rozhodování cestujících o cíli cesty podstatné také údaje o průměrné ceně spojení daným druhem dopravy a podoba terénu, ležícího cestou mezi nimi. Cena přitom hraje ve srovnání se vzdáleností roli třetinovou, přítomnost horského masivu pětinnovou. Město B je krajským a C okresním městem pro X. Předpokládejme přitom, že konstanty upravující významnost těchto typů měst jsou pro krajské město: 1,78 a pro okresní město: 1,1.

4) Dále vezměme v úvahu, že na trase X – C dojde ke zkrácení časové vzdálenosti na polovinu, a současně k přírůstku počtu obyvatel E o 10 tisíc.

5) Letecká společnost přepraví nyní 90 tisíc cestujících ročně. Ve snaze zvýšit jejich počet mají být nakoupena nová letadla a zjednodušeny odbavovací procedury. Otázka: Jak moc se poptávka v důsledku těchto opatření změní? Elasticita poptávky ve vztahu k cestovní době necht' činí 2,5, očekávané zkrácení cestovní doby 7%.

6) Použijte logitový model pro předpověď, jak se změní volba dopravního prostředku v důsledku zlepšení železničního spojení. V obou případech (výchozím i výsledném) má užítková funkce následující tvar:

$$U = -0,2 t_j - 0,25 t_c - 0,1 c$$

Vstupní data (ve výpočtu měřte čas v hodinách):

	Výchozí situace		Výsledná situace	
	Auto	Vlak	Auto	Vlak
Cestovní doba [min]	60	60	60	40
Čekací doba [min]	15	20	15	20
Cestovní náklady [Kč]	0	15	0	10

Otázky: Jaký je modal-split ve výchozím a cílovém stavu, jaký je nárůst významu železnice?

7) Jak se změní předpokládaný modal-split po změně vstupních veličin dle úlohy 6, pokud budeme předpokládat existenci dalších, neznámých faktorů? Víme ovšem, že počáteční modal-split železnice byl poloviční (50:50). Použijte logitový model s výchozím bodem.

$$MS_A = \frac{MS_A \cdot e^{\Delta U_A}}{\sum_{X=A}^Z MS_X \cdot e^{\Delta U_X}}$$

8) Mějme primitivní silniční síť, obsahující dvě možné trasy mezi body A a B. Trasy vedou po obchvatu (nákladová \neq časová) funkce podle dopravního toku $T_{ob} = 15 + 0,005 V_{ob}$ a přes centrum ($T_c = 10 + 0,02 V_c$). Najděte rovnovážné rozdělení dopravního toku $V = V_{ob} + V_c$.

Wardropova rovnováha:

(1) Za rovnovážných podmínek se doprava uspořádá v přetížených sítích takovým způsobem, že žádný jednotlivý cestující nemůže snížit své cestovní náklady pomocí změny trasy.

(2) Ve společensky rovnovážných podmínkách by měla být doprava uspořádána v přetížených úsecích takovým způsobem, aby průměrné (či celkové) cestovní náklady byly minimalizovány.

9) Řešte pro síť popsanou v úloze (8) heuristickou metodou postupných průměrů rozdělení celkového dopravního toku $V = 2000$.

Algoritmus metody (zjednodušený pro tuto úlohu):

1. Za aktuální hranové náklady dosadíte cestovní doby volných toků. Nastavte všechny počáteční toky $V_a = 0$; nastavte $n = 0$.

2. Ohodnotte hrany časovými náklady pomocí aktuálních nákladů; $n = n + 1$.

3. Zatěžte síť metodou „vše nebo nic,“ čímž získáte množinu pomocných toků F_a .

4. Vypočtete aktuální toky jako

$$V_a^n = (1 - \phi) V_a^{n-1} + \phi F_a; \quad \phi = 1 / n$$

5. Vypočtete nové aktuální hranové náklady, založené na tocích V_a^n . Pokud tyto toky (nebo aktuální hranové náklady) nebyly podstatně změněny ve dvou následujících krocích, skončete; jinak pokračujte krokem 2.

Řešení:

Iteration		ϕ	Flow town	Cost town	Flow bypass	Cost bypass
1	F		2000		0	
	V^n	1	2000	50	0	15
2	F		0		2000	
	V^n	1/2	1000	30	1000	20
3	F		0		2000	
	V^n	1/3	667	23.3	1333	21.7
4	F		0		2000	
	V^n	1/4	500	20	1500	22.5
5	F		2000		0	
	V^n	1/5	800	26	1200	21
6	F		0		2000	
	V^n	1/6	667	23.3	1333	21.7
7	F		0		2000	
	V^n	1/7	572	21.4	1428	22.1
8	F		2000		0	
	V^n	1/8	750	25	1250	21.25
9	F		0		2000	
	V^n	1/9	667	23.3	1333	21.7
10	F		0		2000	
	V^n	0.1	600	22	1400	22

[Úloha: Ortúzar, Willumsen (2001): *Modelling Transport*, John Wiley&Sons, Chichester]