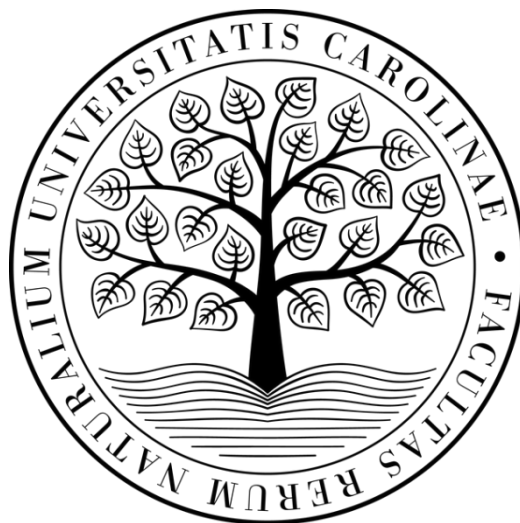


Univerzita Karlova

Přírodovědecká Fakulta



Geoinformatika

Traveling salesman problem

Adam Kulich

Geoinformatika, kartografie a dálkový průzkum Země, 1. ročník NMgr.

Praha, 2023

Zadání

Úloha: Řešení problému obchodního cestujícího

Vstup: množina uzlů U reprezentujících body.

Výstup: nalezení nejkratší Hamiltonovské kružnice mezi těmito uzly.

Nad množinou U nalezněte nejkratší cestu, která vychází z libovolného uzlu, každý z uzlů navštíví pouze jedenkrát, a vrací se do uzlu výchozího. Využijte níže uvedené metody konstrukčních heuristik:

- Nearest Neighbor,
- Best Insertion.

Výsledky porovnejte s výstupem poskytovaným nástrojem Network Analyst v SW ArcMap. Otestování provedte nad dvěma zvolenými datasety, které by měly obsahovat alespoň 100 uzlů. Jako vstup použijte existující geografická data (např. města v ČR s více než 10 000 obyvateli, evropská letiště, ...), ohodnocení hran bude představovat vzdálenost mezi uzly (popř. vzdálenost měřenou po silnici); pro tyto účely použijte vhodný GIS.

Výsledky s uvedením hodnot W , k , uspořádejte do přehledné tabulky (obě metody nechte proběhnout alespoň 10x), a zhodnoťte je.

Pro implementaci obou konstrukčních heuristik použijte programovací jazyk Python, vizualizaci výstupů provedte ve vhodné knihovně, např. `matplotlib`.

Řešení

Tvorba datasetu

V softwaru ArcGIS Pro byly vytvořeny dva datasety s cca 100 body. Každý z nich obsahuje seznam souřadnic x a y v S-JTSK, které byly použity v algoritmech. První dataset tvoří seznam souřadnic všech vrcholů v Česku s nejvyšším bodem výše než 1000 m n.m. (103 řádků) a druhý je seznamem souřadnic všech obcí s rozšířenou působností v Čechách a kraji Vysočina (137 řádků).

Metodika

Obě heuristiky byly naprogramovány v programovacím jazyce Python a postup je uveden v komentářích v obou přiložených souborech (viz nn.py a bi.py). Zde tedy jen krátce:

Nearest neighbor (nejbližší soused) je jednoduchá metoda konstrukční heuristiky, deterministická při použití stejných parametrů. Vstupem je kromě grafu také počáteční uzel. Algoritmus v každém uzlu postupně hledá nejbližší uzel, který dosud není součástí Hamiltonovské kružnice, ten k ní připojí a znovu hledá nejbližší uzel k tomuto novému uzlu. Délka vzniklé Hamiltonovské kružnice závisí na zadaném počátečním bodu, a proto byl do řešení úlohy zařazen cyklus, který, pokud je spuštěn, spočítá délku Hamiltonovské kružnice pro každý počáteční uzel.

Best insertion (nejlepší proložení) je složitější metoda, produkující lepší výsledky. Na počátku je vytvořena Hamiltonovská kružnice definovaná třemi náhodnými uzly, která se v každém kroku rozšiřuje o náhodný uzel, přidaný na místo v kružnici, kde nejméně zvětší její délku. Výsledek závisí na náhodně zvolených třech počátečních uzlech i na pořadí v jakém jsou uzly přidávány do kružnice.

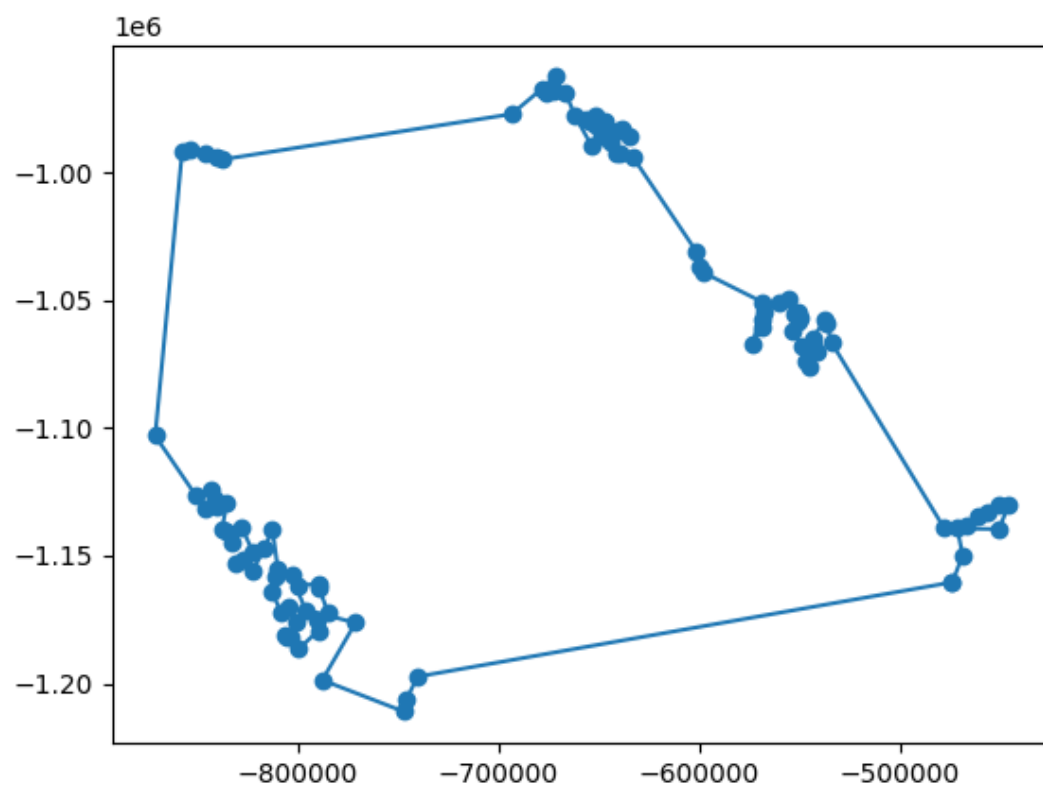
Nakonec byly výsledky obou heuristik srovnány s výstupem nástroje Network Analyst v ArcGIS Pro.

Výsledky a diskuse

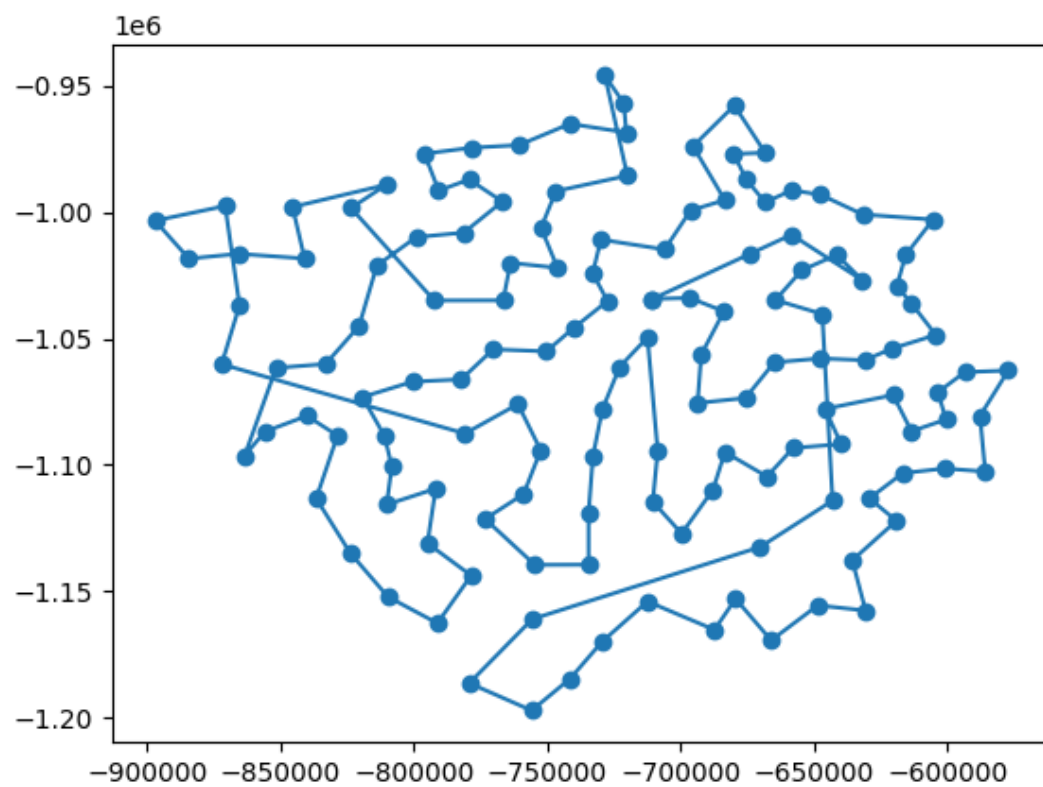
Pro metodu nejbližšího souseda bylo vybráno 10 nejkratších kružnic pro každý dataset a metoda Best insertion byla provedena na každém z nich 10krát. Výsledné délky Hamiltonovských kružnic pro každý dataset byly zaznamenány do tabulky 1 a nejlepší cesty byly vizualizovány na obr. 1-6. Plné výsledky včetně pořadí bodů jsou zaznamenány v souboru results.csv.

	Dataset 1 (nejvyšší body)		Dataset 2 (ORP)	
	Počáteční bod	Délka kružnice (m)	Počáteční bod	Délka kružnice (m)
Nearest neighbor	23	1449816	13	2897604
	11	1458439	6	2898550
	22	1460180	22	2901751
	7	1470186	49	2911724
	19	1470186	1	2915618
	32	1474270	56	2917604
	31	1474300	51	2920486
	5	1476468	63	2925593
	85	1483392	65	2925593
	48	1490145	38	2928373
	Číslo pokusu	Délka kružnice (m)	Číslo pokusu	Délka kružnice (m)
Best insertion	5	1405010	8	2769824
	10	1419928	5	2783321
	7	1420397	10	2784410
	4	1425763	7	2824529
	2	1429915	4	2826023
	1	1437987	6	2827034
	9	1449344	3	2834109
	6	1453167	2	2834810
	3	1462926	9	2860260
	8	1482140	1	2888574
Network Analyst	1	1380111	1	2601950

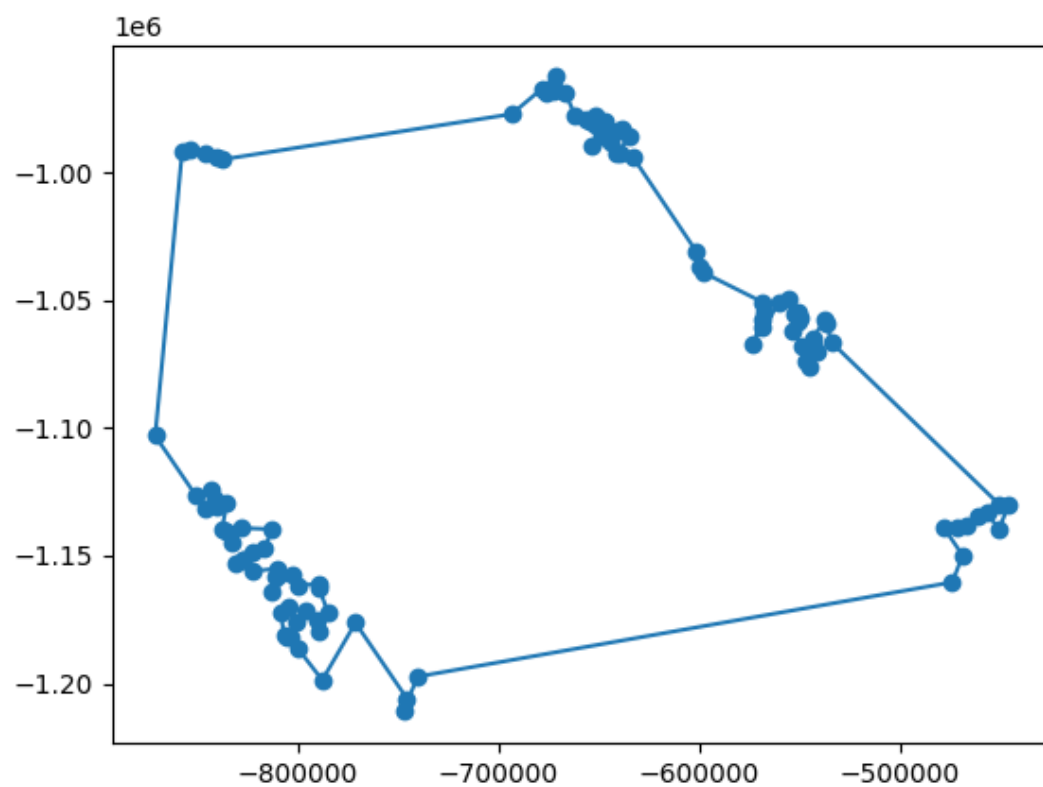
Tabulka 1: Délky Hamiltonovských kružnic po aplikaci jednotlivých algoritmů seřazené od nejkratší po nejdelší



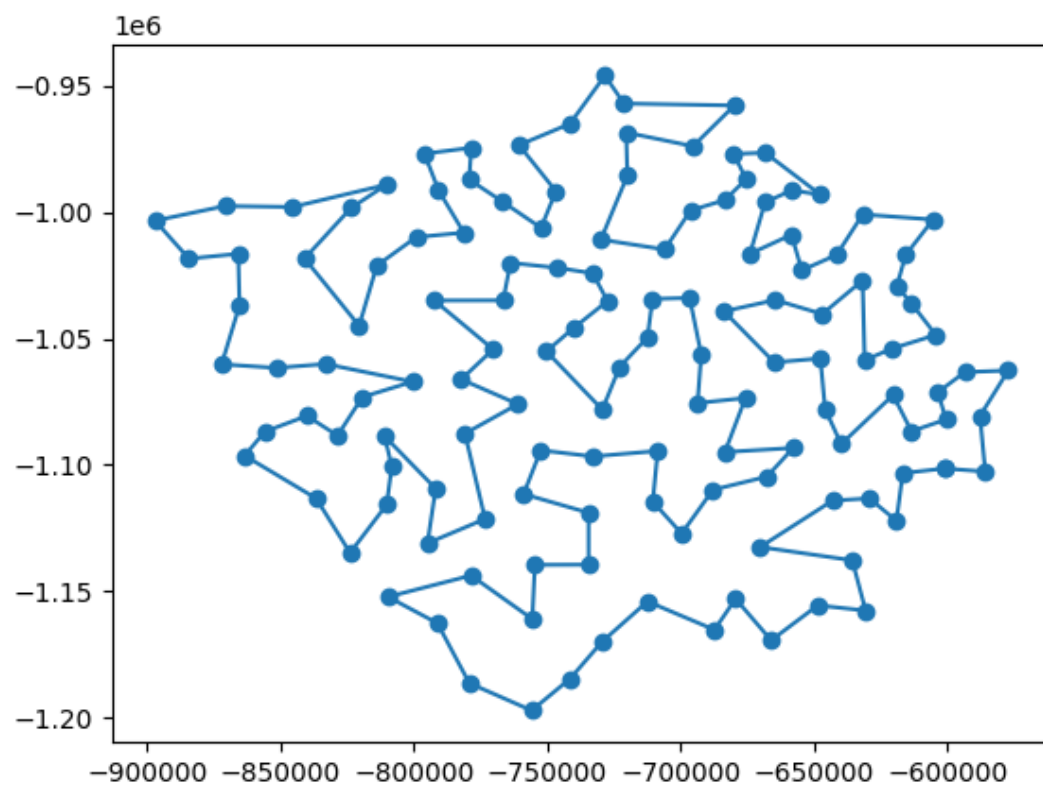
Obr. 1: Nejkratší Hamiltonovská kružnice vytvořená heuristikou
Nearest neighbor na datasetu 1



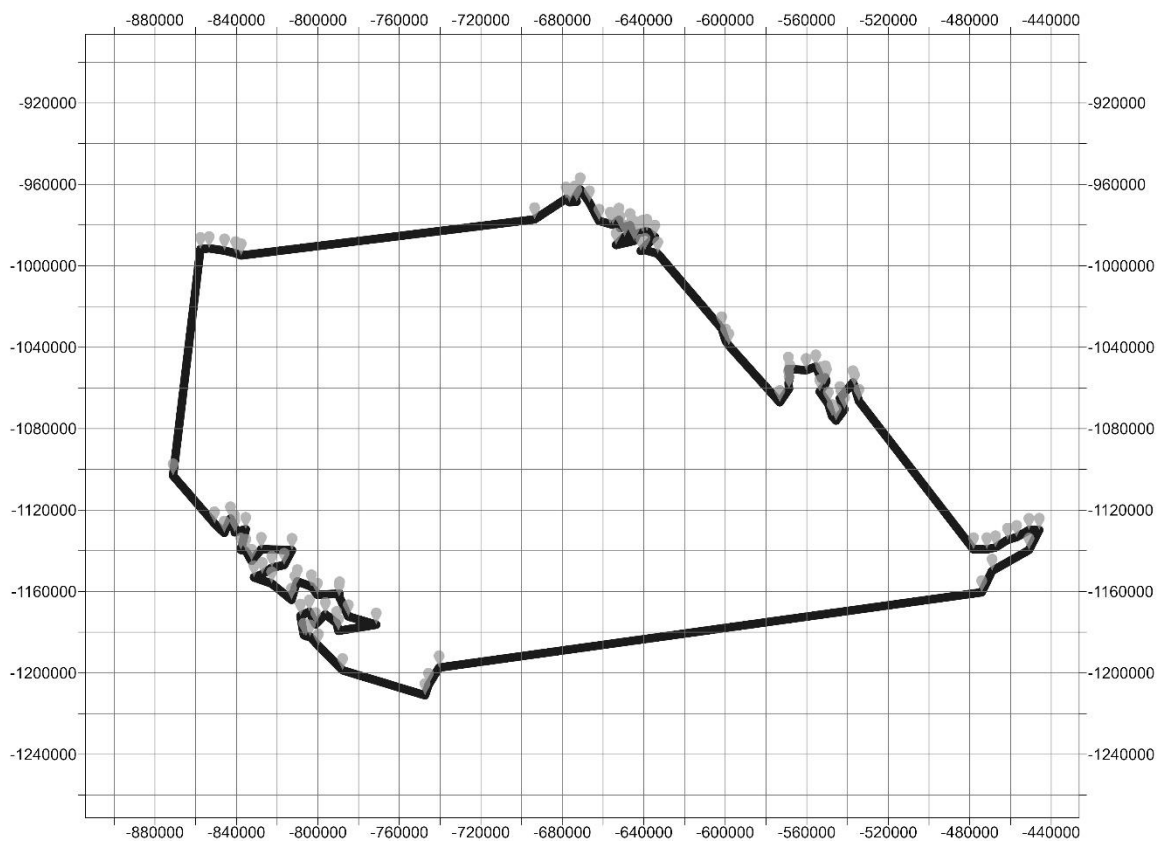
Obr. 2: Nejkratší Hamiltonovská kružnice vytvořená heuristikou
Nearest neighbor na datasetu 2



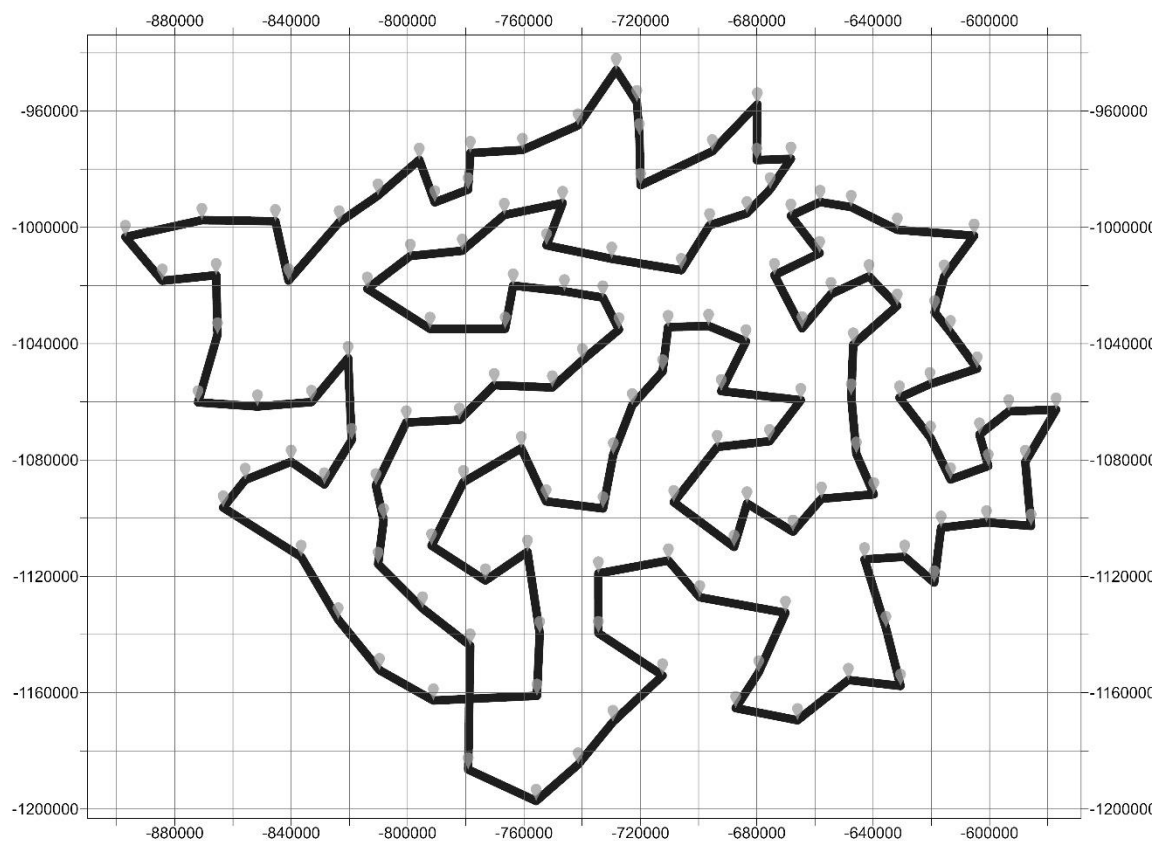
Obr. 3: Nejkratší Hamiltonovská kružnice vytvořená heuristikou Best insertion na datasetu 1



Obr. 4: Nejkratší Hamiltonovská kružnice vytvořená heuristikou Best insertion na datasetu 2



Obr. 5: Hamiltonovská kružnice vytvořená v softwaru ArcGIS Pro na datasetu 1



Obr. 6: Hamiltonovská kružnice vytvořená v softwaru ArcGIS Pro na datasetu 2

Z výsledků vyplývá, že všechny použité metody poskytují různě přesné řešení problému. V tomto případě není jasné, jaká je ideální cesta, a proto není možné exaktně měřit přesnost použitých metod ve srovnání s ideálním řešením. Lze však porovnávat heuristiky mezi sebou. Metoda Nearest neighbour vyprodukovala nejkratší cesty na prvním a druhém datasetu o délce 1449,8 a 2897,6 km. Metoda Best insertion po 10 pokusech vytvořila nejkratší cesty ve stejném pořadí o délce 1405,0 a 2769,8 km. Metoda Best insertion zjevně dosahuje výrazně lepších výsledků a obecně je lepším řešením problému. Teoreticky může dosáhnout i lepších výsledků, než jakých bylo dosaženo v po 10 pokusech. Ani jedna z metod však nedosahuje exaktního řešení, jen se snaží o jeho aproximaci. Ještě výrazně lépe si vedla metoda, kterou používá nástroj Network Analyst v ArcGISu. Zřejmě se jedná o složitější a přesnější metodu, která vytvořila nejkratší Hamiltonovskou kružnici na obou datsetech, a to o délkách 1380,1 a 2601,9 km. Pro lepší analýzu je tedy určitě vhodné použít komplexnější heuristiku než Nearest neighbor a Best insertion, kterých existuje celá řada.