

1. Modely předcházející IDM

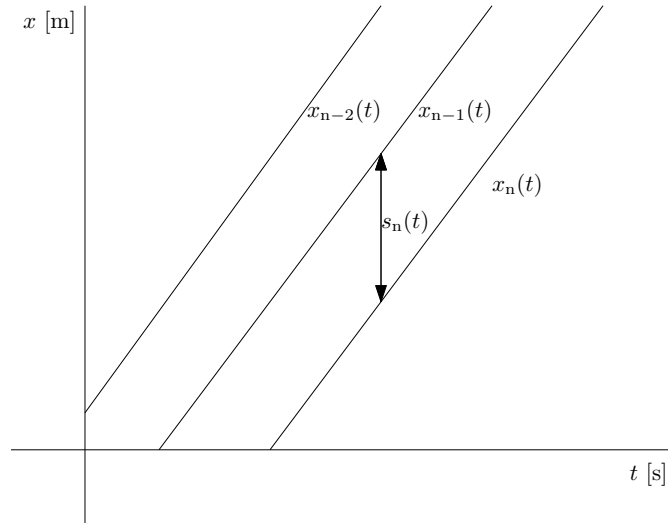
Jednoduše řečeno „Car Following“ modely vycházejí z předpokladu, že pokud n -té vozidlo následuje $n-1$ vozidlo na homogenní dálnici, trajektorie n -tého vozidla bude stejná jako vozidla před ním ($n-1$) až na posuny v čase a místě. (Vozidlo bude ve stejném místě jako předcházející v jiný čas a ve stejný čas bude na jiném místě.) Všechny další dispozice jednotlivých modelů v sobě tento předpoklad obsahují.

1.1 Newellův model

Jestliže n -té vozidlo jede za $n-1$ vozidlem (které jede za $n-2$ vozidlem atd.), cíl každého Car following modelu je zjistit závislost trajektorie n -tého vozidla $x_n(t)$, jeho pozici v čase t na $n-1$ vozidle, viz. obrázek 1.1. (To také znamená, že není žádná náhodná spojitost mezi těmito vozidly.) Jestliže se $n-1$ vozidlo pohybuje konstantní rychlostí v ,

$$x_{n-1} = x_n + vt,$$

n -té vozidlo také pojede průměrnou rychlostí v . Pokud by n -té vozidlo zrychlovalo, tak by došlo ke kolizi s $n-1$ vozidlem a naopak pokud by zpomalovalo, tak by se n -té vozidlo neustále vzdalovalo. Totéž platí pro všechna vozidla jedoucí za n -tým. Tento model se nezabývá zjištěním hodnoty rychlosti v , předpokládá se, že je určena buďto na základě omezení rychlosti či možnostech vozidla.

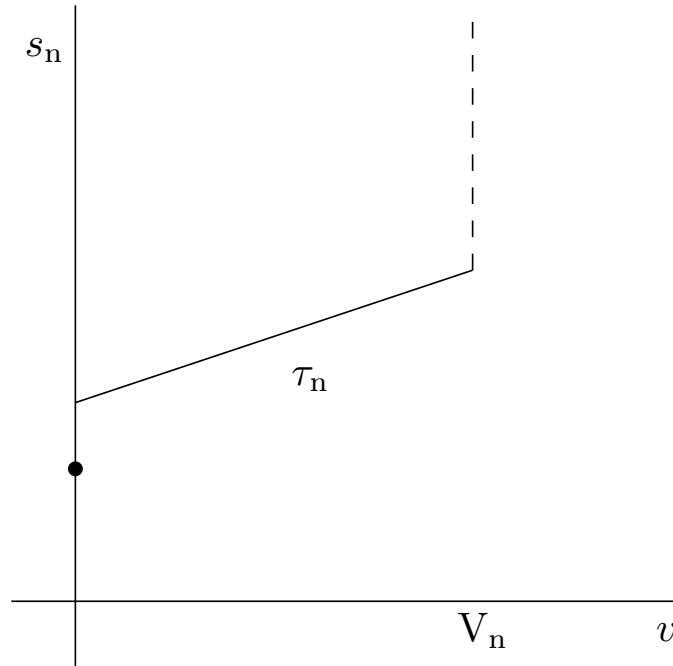


Obrázek 1.1: Trajektorie vozidel s konstantní rychlostí

Vzdálenost $s_n = x_{n-1}(t) - x_n(t)$ mezi vozidly n a $n-1$ se může měnit v čase. Pokud je dálnice homogenní, tato vzdálenost zůstane konstantní okolo hodnoty s_n . Tato hodnota se mění na základě typu vozidla a také závisí na rychlosti v .

Předpokládejme, že existuje nějaký empirický vztah mezi rychlostí v a vzdáleností mezi vozidly s_n . Pokud rychlost v roste, je logické, že řidiči chtějí dosáhnout většího rozestupu mezi

vozidly. Tato závislost mezi v a s_n je znázorněna na obrázku 1.2. Každý řidič má svoji preferovanou rychlost V_n . Jestliže tato rychlost je u $n-1$ vozidla vyšší než u n -tého $v > V_n$, znamená to, že n -té vozidlo pojede svoji preferovanou rychlostí (na obrázku 1.2 znázorněna čárkovanou čarou) a $n-1$ vozidlo mu ujede. Hodnota rychlosti v nemůže být záporná a vzdálenost mezi vozidly při nulové rychlosti by měla být níže než polopřímka lineární závislosti, viz černá tečka na obrázku 1.2 při rychlosti $v = 0$.



Obrázek 1.2: Vztah mezi rychlostí v a vzdáleností mezi vozidly s_n

Nyní předpokládejme, že $n-1$ se vozidlo nějakou dobu t pohybuje konstantní rychlostí v^1 a potom náhle změní rychlost na hodnotu v' . Trajektorie vozidel n a $n-1$ mohou poté vypadat jako na obrázku 1.3. Z obrázku lze také vypočítat jak časovou τ_n , tak prostorovou d_n mezeru mezi vozidly n a $n-1$. Z čárkovaného obdelníku poté dostáváme vztah vzdálenost mezi vozidly před změnou rychlosti s_n a po změně rychlosti s'_n .

$$s_n = d_n + v\tau_n, \quad s'_n = d_n + v'\tau_n.$$

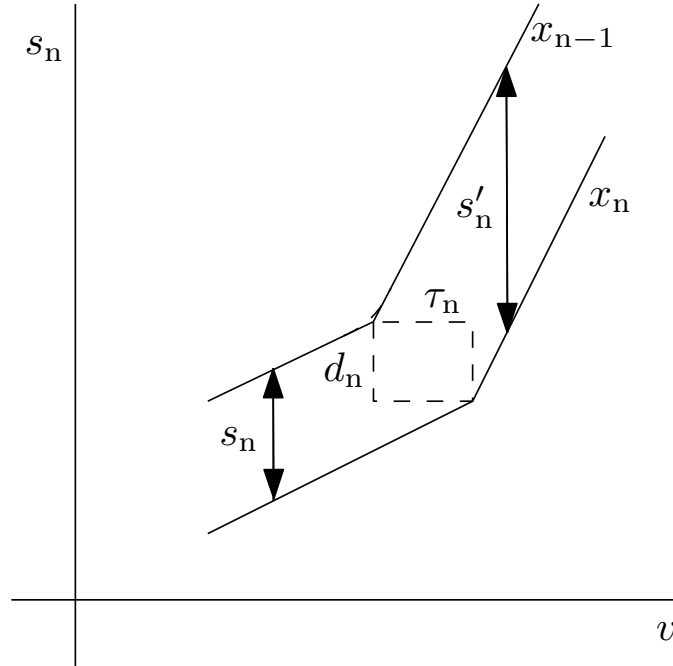
Z toho vyplývá, že pokud leží v a v' na polopřímce z obrázku 1.2, sklon této přímky je právě τ_n a hodnota s_n při rychlosti $v = 0$ je d_n .

Ze vztahu mezi v a s_n , jak je zobrazeno na obrázku 1.2, plyne nezávislost mezer d_n a τ_n na rychlostech v , resp. v' . Pokud se tedy změní rychlost z hodnoty v' na v'' , d_n a τ_n zůstanou při této změně rychlosti stejné. Lineární trajektorie vozidla $x_n(t)$ potom bude jednoduše posun v čase τ_n a místě d_n .

$$x_n(t + \tau_n) = x_{n-1}(t) - d_n. \quad (1.1)$$

¹hodnota rychlosti osciluje okolo hodnoty v

U Newellova modelu platí, že n -té vozidlo bude (přibližně) kopírovat trajektorii $n-1$ vozidla dle vztahu (1.1) při vhodných hodnotách d_n a τ_n . Tím, jak se přesně dokáže n -té vozidlo dodržovat vztah (1.1), se Newellův model nezabývá, pouze předpokládá, že řidič je schopen se tímto vztahem řídit. To není tak těžké, protože pokud se změní rychlost vozidla $n-1$, n -tý řidič nemusí zareagovat okamžitě, ale může počkat dokud se mezera s_n nezvýší (neklesne) na hodnotu, která odpovídá nové rychlosti vozidla $n-1$ (viz obrázek 1.2).



Obrázek 1.3: Lineární aproximace při změně rychlosti vozidel

Při pozorování se došlo k závěru, že každý řidič nezkontroluje každého jiného řidiče na komunikaci, ale pouze jen vhodnou „makroskopickou“ část. Hodnoty τ_n a d_n jsou přirozené, to vychází ze vztahu (1.1), kde postupným iterováním dostaneme

$$x_n(t + \tau_n + \tau_{n-1} + \dots + \tau_1) = x_0(t) - d_n - d_{n-1} - \dots - d_1. \quad (1.2)$$

τ_n a d_n se značně liší mezi jednotlivými vozidly, protože někteří řidiči raději jedou blíže vozidlu před sebou ($n-1$) až na minimální bezpečnou vzdálenost, kdežto někteří mají radi zase naopak velkou, aby byli schopni vklidu zareagovat. Je rozumné, aby se hodnoty τ_n a d_n lišily, a to tak, že každému jednotlivému vozidlu budou hodnoty vygenerovány z nějakého pravděpodobnostního rozdělení, jehož variační koeficient se bude blížit jedné.

Literatura

- [1] Barceló J, *Fundamentals of traffic simulation*, proceedings, International Series in Operations Research and management science, Springer, 2010
- [2] Barrow J, *Nové teorie všeho*, Dokořán, Praha, 2008
- [3] Brdička M, Samek L, Sopko B, *Mechanika kontinua*, Academia, Praha, 2011
- [4] Haberman R, *Mathematical models: Mechanical vibrations, population dynamics and traffic flow*, Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia, 1988
- [5] Helbing D, Herrmann H J, Schreckenberg M, Wolf D E, *Microscopic Simulation of Congested Traffic* v knížce Traffic and Granular Flow, Springer, Berlin, 2000
- [6] Horák J, Krlín L, Raidl A, *Deterministický chaos a jeho fyzikální aplikace*, Academia 2003
- [7] Xiaoliang Ma, *A Neural-Fuzzy Framework for Modeling Car-following Behavior* [online], dostupné z http://www.ctr.kth.se/publications/ctr2006_08.pdf
- [8] May A D, *Traffic flow fundamentals*, Prentice Hall, 1989
- [9] Příkryl P, *Numerické metody matematické analýzy*, SNTL, Praha, 1988
- [10] Scholtz M, *Classical mechanics and deterministic chaos* [online], dostupné z <http://www.fd.cvut.cz/personal/scholma1/>
- [11] Scholtz M, Vaniš M, Veselý P, Matějka P, *Applied mathematics on Faculty of Transportation Sciences*, vyjde ve sborníku k výročí Fakulty dopravní ČVUT
- [12] Treiber M, Hennecke A, Helbing D, *Congested traffic states in empirical observations and microscopic simulations*, Physical Review E, **62** (2), pp. 1805–1824, 2000
- [13] Treiber M, *Microsimulation of road traffic flow* [online], dostupné z <http://www.traffic-simulation.de/>
- [14] Vitásek E, *Numerické metody*, SNTL, Praha, 1987

Seznam obrázků

1.1	Trajektorie vozidel s konstantní rychlostí	1
1.2	Vztah mezi rychlostí v a vzdáleností mezi vozidly s_n	2
1.3	Lineární aproximace při změně rychlosti vozidel	3

Seznam tabulek