

Počátky modelování dopravního toku

Bruce D. Greenshields

Zatímco některé partie matematiky jsou velice staré a mají kořeny ve starověku nebo středověku, můžeme se stejně tak setkat s odvětvími zcela novými, kterým třeba není ani sto let, jejichž dynamický vývoj probíhá stále i v dnešní době. Jedním z takových oborů je i modelování dopravy, kterému se věnuji ve své bakalářské práci a výzkumném úkolu. Je to samozřejmě dané faktem, že první automobil poháněný spalovacím motorem byl sestaven Karlem Benzem až roku 1886 (některé prameny uvádějí v poslední době spíše jméno Gottlieb Daimler a letopočet 1885) a o dopravním toku má smysl mluvit právě především v souvislosti s automobilovým provozem. Je poměrně s podivem, že už nedlouho poté, v dobách, kdy byl provoz ještě opravdu velmi řídký a spatřit nějaké auto na silnici byla celkem vzácnost, se dostává dopravní problematika do hledáčku vědců.

Jedním z průkopníků v této oblasti a mužem, který si jako jeden z prvních položil otázku, jak popsat dopravní tok, a tuto problematiku zpracoval ve vědeckém článku, byl Američan Bruce D. Greenshields. Po zmínce o této osobě na přednášce Modelování dopravních systémů vedené na FJFI doc. Krbálkem mě napadlo pustit se do detektivní práce s nejistým výsledkem a pokusit se najít o této osobě co nejvíce informací.

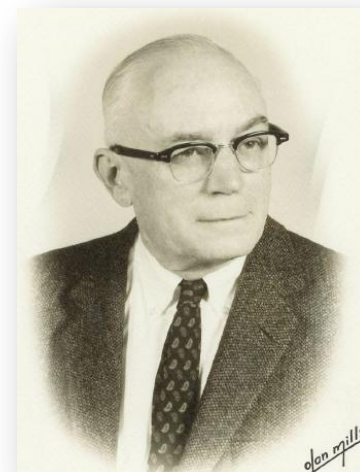
Bruce Douglas Greenshields

se narodil 14. dubna 1893 ve Winfieldu v Kansasu, vyrůstal ovšem v Blackwellu v Oklahomě. V roce 1916 zahájil studium v oboru Civil Engineering na Oklahoma University.

Během 1. světové války v letech 1917-1919 působil u armádního letectva. Svá studia na Oklahoma University dokončil v roce 1927, již během nich působil na nižších akademických postech na Marquette University a Virginia Polytechnic Institute.

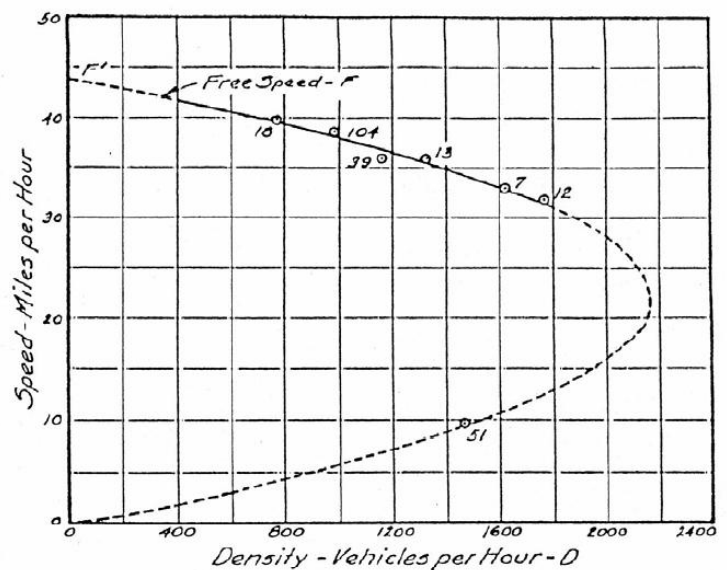
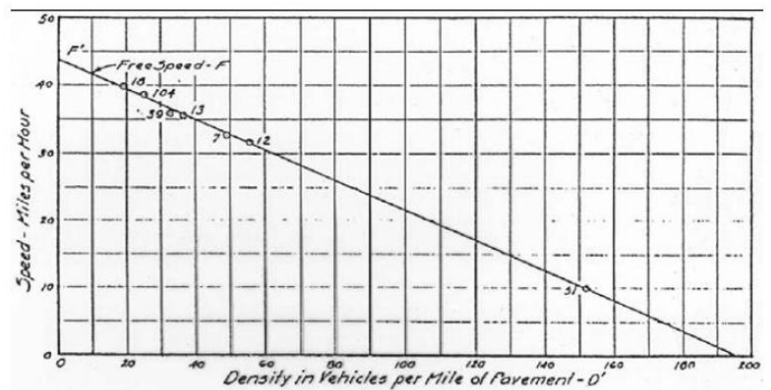
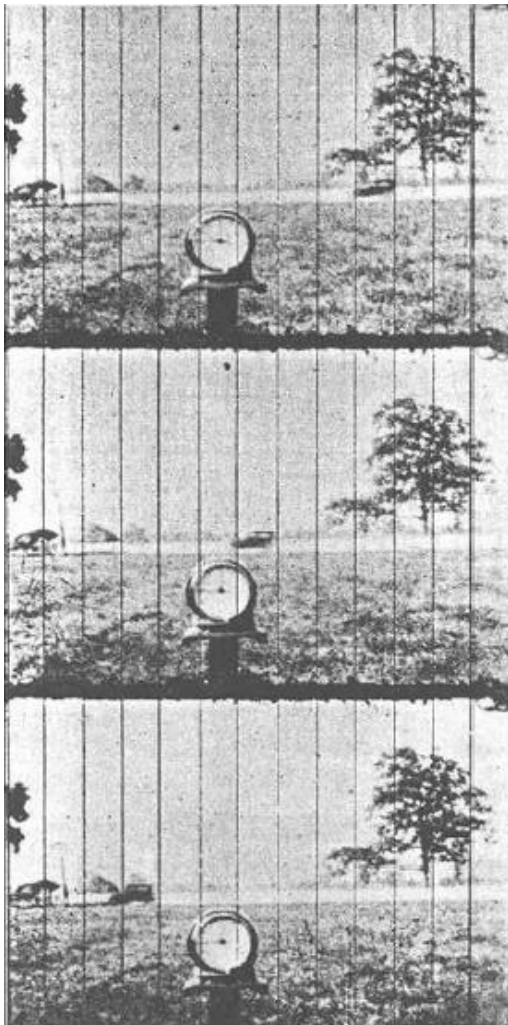
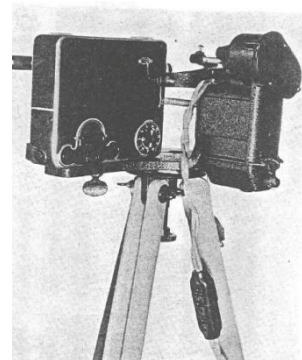
V letech 1926-1938 působil jako profesor a později vedoucí ústavu na Denison University v Ohiu a také na pozici „City Engineer“ v městě Granville. Zároveň v roce 1928 absolvoval postgraduální studia na Michigan University, kde v roce 1933 získal doktorský titul (tehdy ještě jako doktor filozofie). Z této doby právě pochází příspěvek na konferenci 13th Annual Meeting of the Highway Research Board, konané v roce 1933 s názvem „The Photographic Method of Studying Traffic Behavior“, kde poprvé publikoval své

výsledky fotodetekce dopravního proudu, a následně článek z roku 1935, kde poprvé představil svůj slavný fundamentální diagram. Dále Greenshields působil na univerzitách College of City of New York, Polytechnic Institute of Brooklyn, Yale University, George Washington University a v letech 1956-1966 opět na oddělení dopravy na Michigan University. Byl velmi uznávaným pedagogem. V letech 1966-77 pracoval jako dopravní konzultant ve Washingtonu. Bruce Douglas Greenshields zemřel ve věku 85 let dne 12. února 1979 v Texasu.



Greenshieldsův přínos

B. D. Greenshields je dnes považován za jednoho z nejvýznamnějších dopravních inženýrů všech dob. Dá se říci, že položil základy detekce dopravních veličin, když se ve třicátých letech v rámci získávání dat ke své dizertační práci postavil k dálnici u měst Norwalk a Delaware a pomocí kamery s přídavným elektrickým motorem zaznamenával projíždějící vozidla (obr. nahoře). Aby nebyly snímky rozmazané, musel stát cca 350 stop od silnice a zaznamenával úsek 125 stop dlouhý. Za dálnicí rozprostřel bílou látku, aby vozidla nesplývala s tmavým pozadím. Frekvence snímání činila 88 záběrů za minutu, každé vozidlo se tedy objevilo alespoň na dvou snímcích. Zavedením měřítka na snímcích (pomocí úhlů a poměrů) bylo tedy možné určit rychlost vozidla a ze tří snímků pak přibližně i zrychlení (obr. vlevo dole).



Ze získaných dat Greenshields postuloval lineární závislost rychlosti a hustoty provozu. Uvažujeme-li dnes známý vztah tok=hustota*rychlost, získáváme z původně lineární závislosti parabolický vztah mezi rychlostí a dopravním tokem, jak je vidět na obrázcích v pravém sloupci. Sám Greenshields ještě dnes běžně zavedený pojem dopravní tok (J) nepoužíval, tuto veličinu nazýval „Density – Vehicles per Hour“ jako odlišení od „Density in Vehicles per mile“, což je dnešní hustota (ρ). Závěry této práce můžeme shrnout ve vzorcích $v=v_f*(1-\rho/\rho_{jam})$ a $J=v_f*\rho*(1-\rho/\rho_{jam})$, kde v_f je tzv. volná rychlost (konstanta) a ρ_{jam} hustota, při které se tvoří kongesce (dopravní zácpa).

Tato Greenshieldsova práce položila základy dalšímu zkoumání makroskopických dopravních veličin, na jeho objevy navazuje například Greenbergův logaritmický model (1959) nebo Underwoodův exponenciální model (1961), které trochu zjemňují konkavitu parabolické křivky v oblastech nízkých hustot, Japonec Koshi zase tuto křivku přirovnal spíše k zrcadlově obrácenému lambda.

Oblast detekce dopravních veličin taktéž prošla překotným vývojem, dnes nejrozšířenější je používání tzv. indukčních smyček, zabudovaných ve vozovce, jejichž elektromagnetické pole je narušováno kovovou karoserií vozidla, což vytváří signál na snímači. Dále se používá detekce pomocí UV- nebo infračerveného záření, případně pomocí radaru. Ani dnes ovšem není foto- nebo videodetekce zdaleka zapomenutý způsob získávání dat. Někdy se tato metoda používá v případě potřeby vyšší spolehlivosti, je ovšem časově velmi náročná.

Greenshields se zdaleka nezabýval pouze zkoumáním této oblasti dopravy, naopak pole jeho působnosti bylo velmi široké, o čemž svědčí následující seznam nejdůležitějších prací.

- 1932 Traffic Surveys to Solve Highway Problems
- 1934 The Photographic Method of Studying Traffic Behavior
- 1935 A Study of Traffic Capacity
- 1935 Distance and Time Required to Overtake and Pass Cars
- 1935 Studying Traffic Capacity by New Methods
- 1936 Reaction Time in Automobile Driving
- 1937 Reaction-Time and Traffic Behavior
- 1947 Traffic Performance at Urban Street Intersections
- 1952 Statistics with Applications to Highway Traffic Analyses
- 1964 Changes in Driver Performance with Time in Driving
- 1964 The Objective Evaluation of Traffic Stream Flow
- 1965 The Development of a Method of Predicting High Accident and High Violation Drivers
- 1970 Traffic and Highway Research and How It May Be Improved

Zdá se, že od práce na zdokonalování svého vlastního matematického modelu spíše upustil a věnoval se o něco praktičtějšími aspekty dopravy ve Spojených státech, jako například oblasti psychologie řidiče, jak rychle je schopen reagovat na podněty v závislosti na době strávené za volantem, jak předpovídat pravděpodobnost nehod a konfliktů a bezpečnost na dálnicích obecně, zajímala ho i situace na křižovatkách a řízení dopravy ve větších městech. Ve svých pracích rovněž vnesl do dopravní problematiky statistický aspekt.

Přínos tohoto inženýra do problematiky modelování dopravního toku je dodnes velmi ceněný, na jeho počest se uskutečnilo v roce 2008 sympozium nazvané „75 let od vzniku fundamentálního diagramu“, rovněž získal cenu Matson Memorial Award v roce 1976.

Greenshieldsovy patenty

Při hledání informací o tomto vědci jsem narazil nejen na spoustu jeho článků a citací jeho následovníků, ale také na celkem čtyři patenty, které si ve Spojených státech podal. Jedná se překvapivě o velmi různorodé věci.

Použité zdroje informací a obrázků

- [01] Greenshields, B.D. - A Study of Traffic Capacity, 1935
- [02] Kühne R.D. - Greenshields' Legacy: Highway Traffic, 2008
- [03] Gartner N.H. - Greenshields' Legacy: Urban Streets, 2008
- [04] Mathew T.W., Krishna Rao K.K. - Introduction to Transportation Engineering, NPTEL, 2007
- [05] <http://www.ite.org/aboutite/honorarymembers/GreenshieldsBD.asp>
- [06] <http://www.tft.pdx.edu/greenshields/greenshields.htm>
- [07] http://www.freepatentsonline.com/result.html?query_txt=Greenshields+Bruce+D
- [08] přednáška 01MDS, doc. M. Krbálek, FJFI ČVUT 2010/11