

INFORMATIKA NA HRANĚ CHAOSU

(Některé problémy informační podpory řízení systémů v podmínkách chaosu)

Čestmír Halbich

Katedra informatiky PEF ČZU Praha

Anotace:

Článek diskutuje analogie problematiky chaosu jak v informatice tak v dopravě. V první oblasti je chaos méně zřejmý než v druhé, kde je v současnosti prokazatelný.

Summary :

In the Article are discussed Questions of the Chaos analogous as in the Computer Science so in the Traffic. In the first Sphere they are these Facts less visible than in the second Sphere, where they are conclusive at the present.

Klíčová slova:

Informace, chaos, dopravní proud, Nashova rovnováha, Fourierova transformace

Key words :

Information, Chaos, Traffic Flow, Nash Equilibrium, Fourier Transform

V článku jsou analyzovány stejné třídy úloh i když z různých oblastí lidské činnosti, tedy je možné produktivně použít k řešení problémů stejné algoritmy řešení.

K názvu mého příspěvku mě inspirovala práce "Doprava na hraně chaosu" autorů Kai Nagela a Steena Rasmussena, která je uložena na FTP serveru Univerzity v Kolíně nad Rýnem. Myslím si totiž, že problematika chaosu, kterou se již několik roků zabývám viz [5], je v posledních letech nadále ještě podnětná pro rozvoj celé řady vědních oborů, informatiku nevyjímaje. Samozřejmě sama informatika jako taková není na hraně chaosu, ale je využívána k popisu jevů, které na hraně chaosu jsou (např. výše zmíněná doprava). Nemusí však jít

pouze o dopravu automobilovou na silnicích, může jít stejně tak dobře o dopravu informací (Internet), lépe řečeno dopravu zpráv po komunikační síti, dopravní problém aplikovaný v jakékoli vhodné oblasti zemědělství apod., dále např. o analýzu časových řad v hydrologii, o meteorologii apod.

Jde o stejnou třídu úloh, stejné algoritmy řešení. Přitom se domnívám, že je potřebné k využití veškerého potenciálu informatiky ji chápat v širším pojetí (viz např. Vlček [10]). Jak je všeobecně známo v matematickém pojetí jsou jednotlivé základní pojmy informatiky dále zpracovávány a problémy řešeny matematickými metodami a prostředky typu definice - věta - důkaz, ekvivalence výroků apod. Inženýrská specifika se v informatice stejně jako v jiných oborech projeví měřitelností jevů, algoritmizovatelností postupů, reprodukovatelností metod, dokumentovatelností doplněnou analýzami, organizovatelností a v neposlední řadě ekonomičností.

Že je nutné se zamýšlet nad současným stavem zpracování informací, ilustrují poznatky uvedené v článku Toma Ruesse [9], z kterých můžeme vyvodit, že uživatel si sám zvolí, (tak jako řidič na silnici), kdy použije pro uspokojení svých potřeb služeb Internetu. Asi to nebude ve špičce, kdy je již kapacita komunikační sítě prakticky vyčerpána. Podle Ruesse po realizaci spojení a výměně pár byte informací v době mezi 10 až 16 hodin obvykle "následuje timeout a učiní milosrdný konec nesmyslnému pokusu". Pouze v neděli dopoledne není provoz na Internetu "infarktový". Finančně náročnější je použití širší datové linky (s vyšší kapacitou) pro připojení uživatele na Internet. Analogie s dopravní sítí není samozřejmě dokonalá, protože uživatele veřejné elektronické pošty X.500 vůbec nemusí zajímat, že jednotlivé pakety, které tvoří jeho zprávu jdou k příjemci nejen různými cestami (optimálními, což nemůže uživatel nijak ovlivnit), ale dokonce v různém pořadí. Teprve na místě určení je zpráva znovu zrekonstruována. V daleké budoucnosti si snad můžeme představit analogický způsob přenosu osob a zboží, dnes je takový způsob přenosu pouze fikcí používanou v románech sci-fi.

Vzhledem k tomu, že se snáze vyšetřuje a teoreticky popisuje situace v dopravním proudu (dále jen DP), než v rozsáhlé počítačové síti (pohyb vozidel lze snadněji sledovat než pohyb informací, který je koneckonců vázán na jejich nosiče) více se ve svých pracech zabývám dopravním proudem. Metody jeho popisu jsou nakonec stejné jako při popisu toku informací (Nashova rovnováha, celulární automaty, deterministický chaos apod.).

Turbulentní prostředí v manažerské praxi (zemědělskou nevyjímaje) nepochybně existuje (viz Drucker[3]), v oblasti teorie DP se jej snaží matematicky dokázat zpracovávaná habilitační práce tak, aby bylo možno univerzální metodiku obsaženou v práci aplikovat v různých praktických oblastech. Jedna z metod, které používá je analýza výkonového spektra pomocí Fourierovy transformace.

Je známo, že v makroekonomii zdomácněla mikroekonomická fundace makroekonomických proměnných - všechny školy a teorie usilují o mikroekonomickou fundaci (např. nositelé Nobelovy ceny za rok 1994). Je zde však mnoho subjektivního, proto existuje různý přístup různých škol. Jiná situace je v teorii informace nebo DP, kde není tolik místa pro subjektivní vlivy a odvozování. Jevy jsou zde přesněji a snadněji měřitelné a analyzovatelné. Existují reálné dopravní šoky (příznivé a nepříznivé) - nové technologie světelných signalizačních zařízení, ceny pohonných hmot, daně, vozový park, změny komunikační sítě (opravy, uzavírky). V příznivých obdobích volí řidiči více cesty automobilem, v nepříznivých hromadnou dopravou. Volba rozsahu použití je optimální při daných nabídkových šocích, které nemohou řidiči ovlivnit, tyto jsou pro ně, můžeme říci, exogenně dané. Toto vše se děje za podmínek neúplných informací. Navíc si připomeňme, že z obecného hlediska není zásadní rozdíl mezi informacemi a šumem. To, co je pro jednoho uživatele informací, je pro druhého šumem, tj. zbytečnými a neužitečnými údaji. W.R.Ashby [1] uvádí: "šum je v podstatě nerozlišitelný od kterékoli jiné formy mnohotvárnosti." Určit rozdíl mezi zprávou a šumem je možné pouze v případě, že existuje příjemce, který rozhodne, jaké informace a jaké jejich interpretace mají pro něho význam.

Z hlediska informatiky existuje analogie mezi přechodem od mikroekonomických modelů k makroekonomickým a přechodem od mikroskopických modelů k makroskopickým v teorii DP. Důležité je, že jednotlivé prvky v mikromodelech jsou přesně spočitatelné, jejich chování v makromodelech již ne (viz pohyb jedné molekuly plynu oproti pohybu plynu jako celku, kde uvažujeme statistické zákony a jejich aplikace). V tzv. měkkých systémech [6,8] chápeme, že individuum se samo rozhodne, jak bude konat, molekuly plynu, obvykle předpokládáme, tuto vlastnost postrádají. Potom jednotlivé popsitelné subjekty DP stejně jako v ekonomice mají své subjektivní individuální chování - člověk se sám rozhoduje kam pojede nebo půjde, případně jak se bude v ekonomické oblasti chovat, tj. jak své omezené bohatství smění na trhu podle svých individuálních preferencí za výrobky či služby

(produkty), svou podstatou též vzácné. Již ve svém článku [4] jsem se zmínil o analogickém problému individuálního řidiče, který se sám, rozhoduje, jak své omezené bohatství realizuje na trhu - jde o jeho potřebu dopravit se z místa A do místa B. Přitom existuje velmi mnoho tras a jen některé jsou časově optimální, tedy v tomto optimálním případě je jeho směna vlastního bohatství za uspokojení potřeby přepravy a času, případně zdraví, nervů, benzínu apod. nejlepší.

Jednou z nejvýznačnějších vlastností chaotických systémů je velká citlivost na vstupní podmínky (známý efekt motýlího křídla), ale paradoxně i necitlivost na malý šum ! Chování řidičů je závislé na hustotě DP a tento mechanismus vede nakonec k stavu, který je možno nazvat chaosem. Omezující podmínkou, aby daný model mohl vykazovat chaos však je, aby byl nejméně třírozměrný, $n > 3$. Jen ve třech dimenzích mohou být trajektorie složitě zapleteny "jako špagety" a mohou "vázat na sobě uzly". V dvojrozměrné rovině to možné není. Ve vlastním dopravním proudu jsou pouze dva rozměry - čas a vzdálenost, ale uvažujeme-li právě vlastnosti řidičů dostáváme nejméně jednu další proměnnou, která nám dovoluje vyslovit hypotézu o dnes již klasickém chaotickém chování. Tato hypotéza je podporována autorovou interpretací výsledků dopravních průzkumů, kde jak již dnes můžeme říci se ve výkonovém spektru hustoty dopravního proudu procházejícího světelně řízenými křižovatkami objevují pro chaos charakteristické periodické výkonové špičky. Jen je nutno vhodně interpretovat vliv chování řidičů na naměřené charakteristiky.

Stále více metropolitních oblastí v celém světě trpí dopravními požadavky, které do značné míry překračují kapacitu. V mnoha případech je nemožné, nebo dokonce nežádoucí (z ekologických důvodů) zvětšit kapacitu k uspokojení poptávky. Řidiči sami rozhodují kdy a kam, kudy pojedou, plynulost a tedy i bezpečnost však nejde zajistit (zabezpečit) stálým (extenzívním) rozšiřováním komunikační sítě (lze rozšiřovat síť čerpacích stanic PHM, jak jsme svědky v České republice (jde totiž o komerci), ale stejně to nakonec zaplatí řidiči vyšší cenou PHM). Je zde nutný intenzifikační přístup, najít metody, jak optimálně dimenzovat silniční síť. Důsledkem je, že důsledné řízení velkých, distribuovaných, umělých dopravních systémů se stává ještě důležitější. Naneštěstí, umělé dopravní systémy jsou vysoce složité, a velmi obtížně říditelné. Kvůli složitosti dynamiky těchto systémů, řídicí rozhodnutí vedou často k protiintuitivním výsledkům. Ve skutečnosti řídicí opatření mohou mít dokonce následky protikladné svým záměrům. Jeden příklad, jak se to může stát, je přidání nové ulice

do části silniční sítě, které vede paradoxně ke zmenšení kapacity systému (viz [2]). Důvodem pro takovouto dynamickou odpověď je mezní případ všeobecného konfliktu mezi optimálními cestovními plány jednotlivých řidičů (v Nashově rovnováze) a cestovními plány, které dávají maximální propustnost - systémové optimum. Na úrovni metropolitní oblasti je dopravní dynamika úhrnným výsledkem tisíců nebo, v některém případě, milionů jednotlivých cestovních rozhodnutí pro pohyb lidí a zboží mezi zdrojem a cílem (určením). Přitom každé rozhodnutí je založeno na neúplné informaci o stavu dopravního systému jako celku.

Lze podstatnou složitost velkých dopravních systémů prezentovat různými modely a generovat jejich dynamiku simulací. Nejpřímější cesta se zdá být zdola nahoru mikrosimulací dynamiky všech cestujících a nákladů na úrovni, kde dělají dopravní rozhodnutí. Dá se začít s generováním cestovních požadavků a rozhodnutí tras, pak směřováním, dále provozem, nakonec lze generovat a analyzovat výsledky pro frekvenci kongescí, cestovní dobu, jakost vzduchu atd....

Výhodou mikrosimulačního přístupu je to, že systémová dynamika začíná generovat simulace se všemi jejími vyskytnuvšími se vlastnostmi bez nějakého výslovného předpokladu nebo agregovaného modelu těchto vlastností. Hlavní nevýhodou kompletní mikrosimulace jsou neobyčejně vysoké výpočetní požadavky na jedné straně a snad problémy interpretace na druhé. Zahrnutí mnoha podrobností skutečnosti je možná výborné pro vyšetřování dynamiky která je skryta ve vyšetřovaném systému, ale to nevede nezbytně k lepšímu porozumění základním (mikroskopickým) mechanismům působícím dynamiku. Větší předpoklady pro výše zmíněné počítačové simulace mají zahraniční pracoviště vybavená výkonnou výpočetní technikou. Nám nezbyvá než v této situaci naši slabinu proměnit v přednost a lépe analyzovat modely a více se věnovat např. praktickým dopravním průzkumům, které jsou přece jen méně finančně a technicky náročné.

Jestliže se předpokládá úplná informace a rozumové rozhodnutí všech řidičů, provoz bude mířit směrem k Nashově rovnováze. Potom, pokud mají řidiči úplné informace, pak se mlčky předpokládá že čekací doba ve frontě přesně kompenzuje dodatečnou cestovní dobu na alternativní (delší) trase. V nynější době, kdy řidiči nemají úplné informace, se předpokládá, dle výsledků z dopravních průzkumů, že mají něco jako tendenci směřovat svá rozhodnutí směrem k "bezpečným" trasám. Preferují kratší trasy před delšími, a to dokonce i tehdy, dávají-li obě tu samou cestovní dobu.

Pokročilé cestovní informační systémy (Advanced Traffic Information Systems) jsou vyvinuty ke zvýšení množství dostupné informace. Výsledkem je to, že dopravní systém je veden blíže k Nashově rovnováze a tudíž se homogenizuje zatížení nejen v kritických místech sítě.

Zde mají velkou cenu správné matematické modely a informatika vůbec. Vliv informování subjektů lze dokumentovat na vlivu novinových článků, kdy např. v Praze jsou řidiči předem informováni o slabých místech komunikační sítě, rozhodnou se dále i na základě svých zkušeností a kvalita dopravy je vyšší, než by odpovídala prosté dopravně inženýrské teorii bez započítání vlivu informovanosti řidičů a jejich vlastních rozhodnutí.

Závěrem se dá shrnout několik skutečností:

- informatika je chápána v širším pojetí
- jsou popsány stejné třídy úloh i když z různých oblastí lidské činnosti, tedy je možné produktivně použít k řešení problémů stejné algoritmy řešení.
- je diskutován vztah úplné informace a Nashovy rovnováhy
- z epistemologického hlediska jsou zvažovány některé paradoxy diskutovaných teorií
- je upozorněno na iniciující vliv teorie chaosu na řešenou problematiku

Literatura:

- /1/ Ashby, W., R.: An Introduction to Cybernetics, Chapman & Hall, London, 1956
- /2/ Cohen, J., and Kelly, F.: A Paradox of Congestion in Queuing Network., J. Appl. Probability, rf 27 90 730-734.
- /3/ Drucker, P. F.: Management in Turbulent Times, Wiliam Heinemann Ltd., London 1980
- /4/ Halbich Č. : Omezení provozu na severojižní magistrále v Praze, teorie dopravního proudu, bezpečnost a plynulost silničního provozu, str.80 - 87, In Sborník: Otázky bezpečnosti a plynulosti silničního provozu, PA ČR Praha 1994
- /5/ Halbich, Č.: Deterministické a stochastické přístupy v teorii dopravního proudu, Silniční obzor 49, č.1, 8-9, 1988
- /6/ Halbich, Č.: Nové příležitosti měkkých systémů v turbulentním prostředí, Sborník VŠE Praha, v tisku
- /7/ Kný, M. : Význam lidského potenciálu v informatice, In.: Sborník systémy a informace, VŠE Praha, 1994

/8/Rosický A.:Naděje a limity systémových úspěchů, in Systémové přístupy, Sborník VŠE
Praha,1995

/9/Ruess, T.: Internet. Hrozí infarkt?, Chip 6/95, s.170-172

/10/Vlček, J.: Inženýrská informatika, Praha, ČVUT 1994