



Kybernetika a autonomní dopravní systémy

Seminární práce HKUI

Jan Vandlíček

Západočeská univerzita v Plzni
Katedra kybernetiky
Předmět: HKUI

Jan Vandlíček
5. ročník
29. listopadu 2025

1 Úvod

Kybernetika, často definovaná jako věda o řízení a sdělování v živých organismech a strojích, prochází v 21. století bouřlivým vývojem. Zatímco v době svého vzniku, spojeného se jmény jako Norbert Wiener či Claude Shannon, se zabývala především teoretickými modely zpětné vazby a informatiky, dnes nachází své nejkomplexnější fyzické uplatnění v oblasti autonomních dopravních systémů (ADS).

Tato práce si klade za cíl analyzovat autonomní vozidlo nikoliv pouze jako produkt automobilového průmyslu, ale jako sofistikovaný kybernetický systém. Zaměříme se na to, jak stroje přebírají fundamentální vlastnosti živých organismů – schopnost vnímat prostředí (recepce), zpracovávat informace (kognice) a působit na okolí (akce) za účelem udržení stability a dosažení cíle. Právě v autonomní dopravě se stírá hranice mezi „neživým strojem“ a „inteligentním agentem“, což přináší nové technické i etické výzvy, které byly předpovězeny již v počátcích kybernetiky.

2 Historický vývoj: Od teorie k dálnici

Historie autonomních systémů je neoddělitelně spjata s historií kybernetiky. Samotný termín, odvozený z řeckého *kybernētēs* (kormidelník), naznačuje, že podstatou oboru je proces navádění a korekce směru.

2.1 Rané vize a kybernetické počátky

Již v 50. letech 20. století, krátce po vydání Wienerova stěžejního díla *Kybernetika* (1948), se objevily první experimenty s automatizovaným řízením. Většina z nich však nespoléhala na „inteligenci“ vozidla, ale na úpravu infrastruktury – například zapuštěné vodící kabely, které by vozidlo pasivně sledovalo. Z kybernetického hlediska šlo o jednoduchý regulační obvod s minimální schopností adaptace na změny prostředí.

Skutečný posun směrem k autonomii, jak ji chápeme dnes (tj. vozidlo jako nezávislý agent), nastal v 80. a 90. letech. Zde je nutné zmínit evropský projekt PROMETHEUS a práci profesora Ernsta Dickmannse, který je často považován za průkopníka dynamického počítačového vidění. Jeho tým demonstroval, že stroj může interpretovat vizuální data v reálném čase a upravovat svou trajektorii, což byl první krok k napodobení lidského zraku.

2.2 DARPA Grand Challenge: Zlomový bod

Klíčovým milníkem, který převedl teorii do masové praxe, byly soutěže organizované americkou agenturou DARPA na počátku 21. století. První ročník v roce 2004 skončil fiaskem – žádné vozidlo nedokončilo trasu. To demonstrovalo, jak složité je aplikovat kybernetické řízení v nestrukturovaném prostředí pouště.

O rok později, v roce 2005, však tým stanfordské univerzity s vozem *Stanley* zvítězil. Jejich úspěch nebyl založen na lepším hardwaru, ale na pokročilejším softwarovém modelu zpracování neurčitosti. Systém využíval pravděpodobnostní metody pro mapování terénu, což je přímá aplikace statistické mechaniky do robotiky. Tento moment ukázal, že autonomie není o deterministickém programování (pokud A, udělej B), ale o stochastickém řízení a minimalizaci chyb v reálném čase.

3 Autonomní systém jako kybernetický model

Moderní autonomní vozidlo je učebnicovým příkladem kybernetické smyčky. Aby se stroj mohl pohybovat v prostoru bezpečně, musí replikovat biologický cyklus Vnímání – Rozhodování – Akce.

3.1 Vnímání a senzorická fúze

Živé organismy využívají smysly k vytvoření modelu reality. Autonomní vozidla využívají sadu senzorů, z nichž každý má své fyzikální limity:

- **LiDAR (Light Detection and Ranging):** Poskytuje přesnou 3D mapu okolí pomocí laserových paprsků, ale selhává v hustém dešti nebo mlze.
- **Kamery:** Jsou nezbytné pro čtení značek a barev (semafory), ale jsou náchylné na světelné podmínky.
- **Radar:** Měří rychlost a vzdálenost objektů i za špatné viditelnosti, ale má nízké prostorové rozlišení.

Klíčovým kybernetickým procesem je zde tzv. **senzorická fúze**. Jednotlivá data jsou často zašuměná nebo protichůdná. Systém musí (často s využitím Kalmanova filtru) odhadnout nejpravděpodobnější stav reality. To je analogie k tomu, jak lidský mozek kombinuje zrak a vestibulární systém pro udržení rovnováhy.

3.2 Plánování a rozhodování

Po vytvoření modelu okolí následuje fáze plánování. Zde se projevuje hierarchické řízení. Na nejvyšší úrovni (globální plánování) se hledá cesta z bodu A do bodu B, což je úloha teorie grafů. Na nižší úrovni (lokální plánování) systém řeší, jak se vyhnout chodci nebo jak projet křižovatkou.

V této fázi se uplatňují moderní metody umělé inteligence, zejména hluboké neuronové sítě. Tyto sítě nejsou explicitně programovány, ale jsou trénovány na obrovském množství dat. Z

kybernetického pohledu jde o systém, který si sám vytváří vnitřní reprezentaci pravidel na základě zpětné vazby z procesu učení (backpropagation).

3.3 Řízení a akce (Control)

Posledním krokem je převedení rozhodnutí na fyzický pohyb. Zde se uplatňuje klasická teorie řízení. Vozidlo musí vypočítat, jak moc otočit volantem nebo sešlápnout brzdu, aby dosáhlo požadované trajektorie. Používají se regulátory jako PID (Proporcionální-Integrační-Derivační) nebo pokročilejší MPC (Model Predictive Control). Tyto algoritmy neustále minimalizují odchylku mezi skutečným a žádaným stavem, čímž zajišťují homeostázu systému – tedy jeho stabilní jízdu v pruhu.

4 Paralely mezi organismem a strojem

Jednou z hlavních otázek předmětu HKUI je, v čem se stroje liší od živých organismů. U autonomních systémů se tato hranice ztenčuje, ale nezmizela.

Homeostáze: Stejně jako organismus udržuje tělesnou teplotu, autonomní vůz udržuje bezpečné parametry (vzdálenost od auta vpředu, poloha v pruhu). Pokud dojde k narušení (smyk), systém okamžitě reaguje protipohybem, což je ekvivalent biologického reflexu.

Adaptace: Živé organismy vynikají plasticitou – dokáží se přizpůsobit zcela novým situacím. Stroje jsou v tomto stále limitované. Pokud autonomní systém narazí na situaci, která nebyla v trénovacích datech (tzv. Edge Case), často selhává nebo předává řízení člověku. Chybí jim obecná inteligence a schopnost intuice.

5 Současné výzvy a etika řízení

S nástupem autonomie vyvstávají problémy, které kybernetika dříve řešit nemusela. Jde o otázku odpovědnosti a etiky algoritmů.

Známý myšlenkový experiment „Trolley Problem“ (tramvajové dilema) se stává realitou při programování rozhodovacích algoritmů. Jak se má systém rozhodnout v situaci, kdy je srážka nevyhnutelná? Má chránit posádku za každou cenu, nebo minimalizovat celkový počet obětí? Toto není jen technický problém optimalizace funkce, ale hluboký filozofický problém, který je nutné do „kybernetického mozku“ stroje vložit.

Další výzvou je bezpečnost komunikace. S nástupem technologie V2X (Vehicle-to-Everything) se auta stávají součástí obrovské sítě sdílené inteligence. To sice zvyšuje efektivitu (auto ví o zácpě dříve, než ji „vidí“), ale otevírá dveře kybernetickým útokům. Narušení informačního kanálu v takovém systému může mít fatální následky, což vrací do hry Shannonovu teorii informace a nutnost robustního kódování a zabezpečení.

6 Závěr

Autonomní dopravní systémy představují vrcholnou aplikaci kybernetiky 21. století. Integrují v sobě všechny klíčové koncepty oboru: od zpětnovazebního řízení přes zpracování stochastických signálů až po prvky umělé inteligence. Přestože se stroje v mnoha ohledech (rychlost reakce, přesnost) již vyrovnají nebo předčí živé organismy, chybí jim biologická flexibilita a schopnost chápat kontext světa mimo data. Budoucnost tohoto oboru tedy neleží jen ve vylepšování senzorů, ale v dalším rozvoji kognitivních architektur, které strojům umožní nejen reagovat, ale skutečně rozumět prostředí, ve kterém se pohybují.

Reference

[1] WIENER, Norbert. *Kybernetika aneb Řízení a sdělování u živých organismech a strojích.* 2. vyd. Praha: SNTL, 1960.

[2] THRUN, Sebastian, et al. Stanley: The robot that won the DARPA Grand Challenge. *Journal of field Robotics*, 2006, 23.9: 661-692.

[3] PADEN, Brian, et al. A survey of motion planning and control techniques for self-driving urban vehicles. *IEEE Transactions on intelligent vehicles*, 2016, 1.1: 33-55.

[4] DICKMANNS, Ernst D. The development of machine vision for road vehicles in the last decade. *IEEE Intelligent Vehicles Symposium 2002*. IEEE, 2002.

[5] LIN, Patrick. Why ethics matters for autonomous cars. *Autonomous driving*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2016. 69-85.