

# Historie kybernetiky a umělé inteligence

## 01. Co je to kybernetika

Miloš Železný

Katedra kybernetiky  
Fakulta aplikovaných věd  
Západočeská univerzita v Plzni

15. září 2025



# Úvodní informace 1

## Doporučená literatura

- ▶ Jan Romportl: *Kapitoly z historie kybernetiky*. Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň, 2013. Ke stažení na adrese [http://www.kky.zcu.cz/cs/publications/1/JanRomportl\\_2013\\_Kapitolyzhistorie.pdf](http://www.kky.zcu.cz/cs/publications/1/JanRomportl_2013_Kapitolyzhistorie.pdf)
- ▶ František Tůma: *Kybernetika*. FAV ZČU, 2010.
- ▶ Tyto prezentace (k dispozici zde: <https://courseware.zcu.cz/portal/studium/courseware/kky/hkui/studijni-materialy.html>)

# Úvodní informace 2

## Podmínky udělení zápočtu

- ▶ Zápočtový test  
První termín je na poslední přednášce. Náhradní termín v průběhu ledna dle zájmu.
- ▶ Semestrální práce – minimálně 3stránkový referát na téma, které je třeba nahlásit a nechat si schválit.

# Co je kybernetika 1

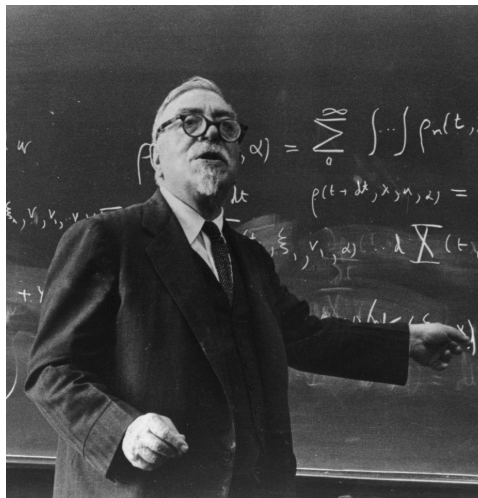
## Etymologie slova kybernetika

- ▶ Samotný název pochází z řeckého termínu „*kybernétes*“ — kormidelník, guvernér
- ▶ Platón: Dialogy – tímto termínem bylo označováno umění řídit lodě a spravovat provincie.
- ▶ André-Marie Ampère (1834) – kybernetika jako budoucí věda o řízení lidské společnosti

# Co je kybernetika 2

## Standardní definice

- ▶ „Kybernetika je věda o řízení a sdělování v živých organismech a strojích“.
- ▶ Odkud tato definice pochází?  
Je to přeložený název knihy amerického vědce Norberta Wienera (1894-1964) „*Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine*“ (1948).
- ▶ Zmíněný pán, profesor matematiky na Massachusetts Institute of Technology (MIT), je považován za zakladatele oboru.

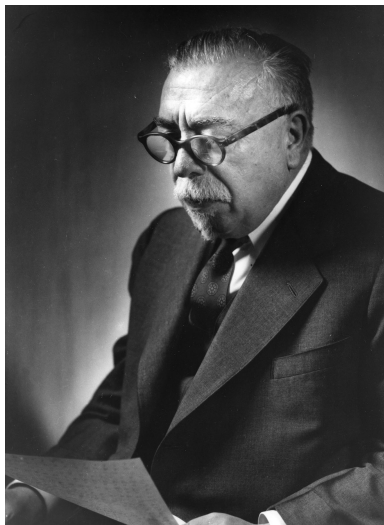


## Co je kybernetika 3

### Norbert Wiener

“We have decided to call the entire field of control and communication theory, whether in the machine or in the animal, by the name Cybernetics...”

Rozhodli jsme se nazvat celou oblast řídicí a sdělovací teorie, ať už ve strojích či v živých organismech, jménem Kybernetika...



# Co je kybernetika 4

## Williwam Ross Ashby

“The art of steersmanship; deals with all forms of behavior in so far as they are regular, or determinate, or reproducible.”

Umění kormidelnické; zabývá se všemi formami chování do té jejich míry, v níž jsou pravidelné, neměnné či reprodukovatelné.



# Co je kybernetika 5

## Stafford Beer

“The art of effective organization.”

Umění efektivní organizace.

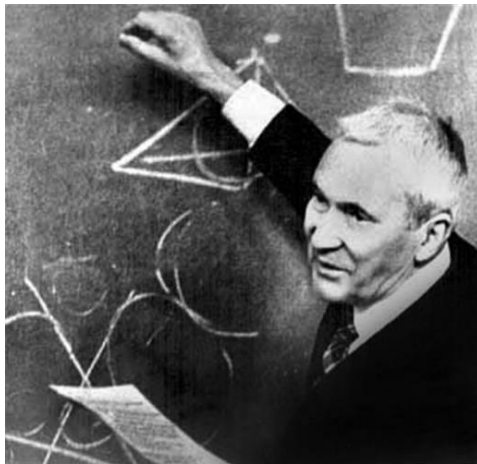


# Co je kybernetika 6

## Andrej Nikolajevič Kolmogorov

“A science concerned with the study of systems of any nature which are capable of receiving, storing, and processing information so as to use it for control.”

Věda zabývající se studiem libovolných systémů, které jsou schopny přijímat, uchovávat a zpracovávat informace za účelem řízení.



# Co je kybernetika 7

## Gregory Bateson

“A branch of mathematics dealing with problems of control, recursiveness, and information.”

Odvětví matematiky zabývající se problémy řízení, rekurzivnosti a informace.



## Co je kybernetika 8

### Technická klasika

“Kybernetika je věda, která se zabývá automatizací řídicích, rozhodovacích, monitorovacích a dalších procesů (systémů).”

# Protokybernetika

.... aneb co bylo před tím, než to Norbert Wiener nazval kybernetikou

Již v historii předcházející tomuto bodu se objevovaly principy, které dnes považujeme za kybernetické=, i když se tak v době svého zrodu nenezývaly. Příslušnost ke kybernetice tedy necharakterizuje ani tak přímé napojení na nazvání oboru Wienerem, ale princip, na kterém je ten který přístroj či vynález založen.

## Historické kybernetické technologie

- ▶ První principy regulací použity již v Egyptě pro vodní kola, na mletí mouky, na zavlažování ...
- ▶ Vodní hodiny
- ▶ Polzunov (1765) — samočinné napájení parního kotle.
- ▶ Watt (1784) – samočinný regulátor otáček parního stroje.

# Wattův odstředivý regulátor

- ▶ používá se ke stabilizaci otáček **parního stroje**. Byl zaveden v roce 1782 Jamesem Wattem.

Skládá se ze dvou závaží, která rotují a jsou poháněna strojem, jehož otáčky mají být regulovány.

Čím rychleji tato závaží rotují, tím větší je vlivem odstředivé síly jejich výchylka od svislé osy rotace.

Uvedené vychýlení je nad jejich ukotvením převedeno na svislý pohyb, který je dále pákou a táhlem převeden k ventilu přivádějícímu páru ke stroji.

Je tak realizována mechanická záporná zpětná vazba, která dovoluje působením poměrně malých sil regulovat velmi výkonný stroj.

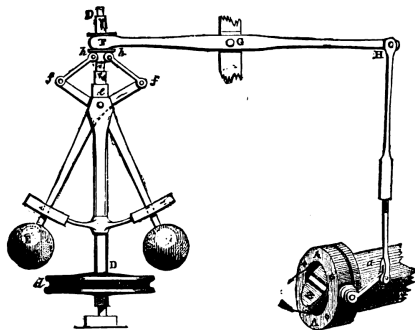
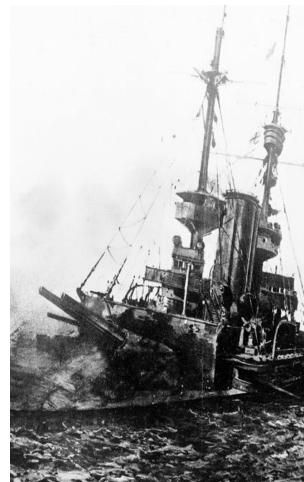


FIG. 4.—Governor and Throttle-Valve.

Obrázek: Wattův odstředivý regulátor

# Řízení střelby při námořních bitvách

- ▶ až do 1. světové války střelec obsluhující lodní dělo prostě obhlédl situaci, krátce se zamyslel, namířil dělo na nepřátelskou loď (nebo mírně před ní) a vystřelil
- ▶ v okamžiku, kdy děla měla dostřel až 10 mil (cca 18,5 km) a bylo třeba na tuto vzdálenost zasáhnout loď pohybující se rychlostí 20 uzlů (20 mil/h, tj. cca 37 km/h), už byla metoda „kouknu–zamířím–vypálím“ nepoužitelná – granát letěl třeba i minutu

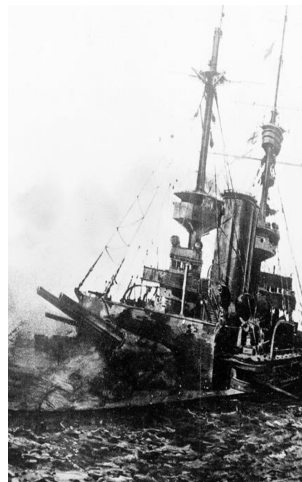


Obrázek: námořní bitva, palba z lodních děl



# Řízení střelby při námořních bitvách

- ▶ proces řízení střelby musel být rozložen na 3 stadia:
  - ▶ **percepce** (vnímání) – pozorování aktuální situace na bojišti, může provádět střelec nebo jiný člen posádky
  - ▶ **integrace** (uvažování a rozhodování) – modelování a předpovídání polohy nepřátelských lodí v okamžiku předpokládaného zásahu, provádí tým expertů v podpalubí
  - ▶ **artikulace** (jednání) – vlastní výstřel z děla se správným náměrem, provádí střelec a stává se tak pouhým vykonavatelem



Obrázek: námořní bitva, palba z lodních děl

## Částečná automatizace procesu

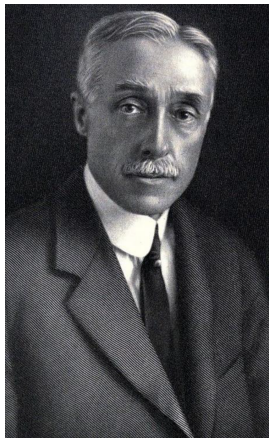
- ▶ **Ford Rangekeeper Mk1 (1916)** – „balistický počítač“
  - ▶ vypočítával aktuální polohu cíle a samozřejmě také polohu v době předpokládaného zásahu
  - ▶ dále počítal korekce náměru v závislosti na síle větru, typu nábojů apod.
  - ▶ hlavním konstruktérem Hannibal Ford
- ▶ důležité aspekty z hlediska pozdější kybernetiky:
  - ▶ část lidských kognitivních (rozumových) schopností je nahrazena strojem
  - ▶ člověk a stroj spolu interagují a společně tvoří jeden systém (v tomto případě střelby) – jsou spolu *spřaženi*
  - ▶ je použita antropomorfní (lidská) metafora pro činnost celého systému – systém *vnímá, uvažuje, rozhoduje a jedná*



Obrázek: obsluha Ford Rangekeeperu Mk1

## Elmer A. Sperry (1860 – 1930)

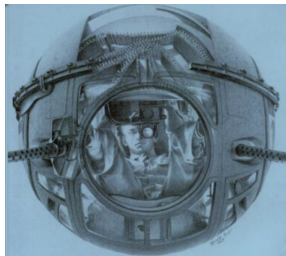
- ▶ Fordův přítel a kolega
- ▶ jeho firma **Sperry Gyroscope Corp.** začala sériově vyrábět **gyrokompas**
  - ▶ kompas, který určuje sever nikoliv na základě magnetismu, ale s využitím vlastní rychlé rotace (20–50 tisíc otáček/min.)
- ▶ gyrokompas zpřesnil určování azimutu, navíc Sperry vyvinul tzv. **gyrokompasový opakovač**, který dokázal na dálku přenášet a zobrazovat azimut cíle z hlavního gyrokompasu
  - ▶ další příklad nahrazení lidské činnosti (hlasový přenos informací) strojem
- ▶ v roce 1922 firma představila automatického lodního kormidelníka pod názvem „**Gyro-Pilot**“



Obrázek: Elmer Ambrose Sperry

# „Gyro-pilot“ a první letecký autopilot

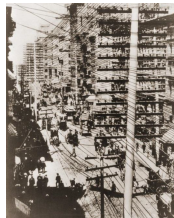
- ▶ gyro-pilot využíval gyrokompas jako senzor (*percepce*), signál z něj – přesněji rozdíl mezi požadovaným a aktuálním kurzem – byl přes elektromotor (*zesilovač*) přiváděn na kormidlo (*artikulátor* – akční člen)
- ▶ změna polohy kormidla pak samozřejmě ovlivnila kurz a tím hodnoty zjištěné kompasem – vidíme klasickou *zpětnovazební smyčku*, další z klíčových prvků budoucí kybernetiky
- ▶ v letech 1925–1929 vyvinul Elmer Sperry Jr. první letecký autopilot
  - ▶ podobný princip, jen senzorem byl tentokrát tlakoměr
  - ▶ umožňoval (lidskému) pilotovi zasahovat do řízení



Obrázky: vnitřní konstrukce gyro-pilota

# AT&T a Bell Labs

- ▶ na přelomu 19. a 20. století už v USA fungovala celoplošná telefonní síť zvaná Bell System a provozovaná společností American Telephone and Telegraph (AT&T)
- ▶ systém *open-wire* – každý vodič mohl přenášet jen 1 tel. hovor
- ▶ bylo třeba inovací – v roce 1925 proto AT&T založila Bell Labs
- ▶ jedním z prvních úspěchů byl pokrok v oblasti amplitudové (AM) a frekvenční modulace (FM) signálu – John Renshaw Carson (1886–1940) – který umožnil zavedení *frekvenčního multiplexu*
  - ▶ v jednom vodiči je modulováno více hlasových signálů současně, každý v jiné části spektra



Obrázky:  
přetížené vedení

systemu  
DEPARTMENT OF  
*open-wire*  
CYBERNETICS



## Zesilovače signálu

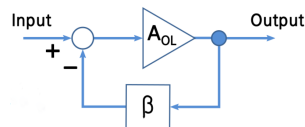
- ▶ v dlouhém vedení dochází k velkému útlumu signálu – nutnost zapojení zesilovačů, v té době elektronkových
- ▶ tyto zesilovače měly výrazně nelineární charakteristiku → velké zkreslení signálu
- ▶ pro transkontinentální přenos bylo třeba až několik stovek takových zesilovačů → značné úsilí věnováno výzkumu zapojení, které by dokázalo zvětšit zesílení a potlačit zkreslení



Obrázek: elektronkový zesilovač (elektronka)

## Harold Black (1898–1983)

- ▶ inženýr Bell Labs, který nejprve přišel s konceptem zesilovače s *dopřednou vazbou*
  - ▶ zesilovač generoval i signál svého vlastního zkreslování a ten se pak na výstupu odečítal od výstupního signálu
  - ▶ koncept byl v zásadě správný a v laboratorních podmínkách fungoval, ale pro praxi byl příliš komplikovaný, choulostivý a obtížně seřiditelný
- ▶ průlomový byl až návrh zesilovače se *zpětnou vazbou* (r. 1927)
  - ▶ celkové zesílení je sice sníženo, ale zpětnovazební větev lze realizovat z lineárních pasivních prvků – tím se zvýší „linearita“ (sníží zkreslení) celého zesilovače
  - ▶ při sériovém zapojení zesilovačů se zesílení násobí, ale zkreslení pouze sčítá



Obrázky: Harold Black a schéma zpětnovazebního zesilovače

## Čím konkrétně se tedy kybernetika zabývá?

- ▶ **automatickým řízením?**
  - ▶ to je ale přece samostatný obor
- ▶ **přenosem informací?**
  - ▶ na to máme obory *sdělovací technika* nebo *teorie informace*
- ▶ **konstrukcí robotů (nebo kyborgů)?**
  - ▶ to může obstarat *robotika*
- ▶ **nebo dokonce živými organizmy?**
  - ▶ to je doména *biologie* či *medicíny*
- ▶ **komunikace/interakce/spolupráce člověk–stroj**

# Čím konkrétně se tedy kybernetika zabývá?

- ▶ **automatickým řízením?**
  - ▶ to je ale přece samostatný obor
- ▶ **přenosem informací?**
  - ▶ na to máme obory *sdělovací technika* nebo *teorie informace*
- ▶ **konstrukcí robotů (nebo kyborgů)?**
  - ▶ to může obstarat *robotika*
- ▶ **nebo dokonce živými organizmy?**
  - ▶ to je doména *biologie* či *medicíny*
- ▶ **komunikace/interakce/spolupráce člověk–stroj**
- ▶ **a nebo vším výše zmíněným?**
  - ▶ a proč tedy zrovna těmito věcmi a ne třeba *technologíí výroby oceli* (tu bychom na výrobu strojů přece taky využili)?
  - ▶ existují jednotící prvky, které budou v přednáškách postupně představeny

## 3 základní kybernetické přístupy

- ▶ **Systémový přístup**  
od jednoduššího ke složitějšímu  
dekompozice, agregace
- ▶ **Informační přístup**  
Konání je prováděno se znalostí „věcí“
- ▶ **Řídicí přístup**  
Cílevědomé dosahování požadované kvality

# Systemový přístup

- ▶ Základní princip: poznání složitého celku skrze jeho rozklad na jednodušší části (dekompozici).
- ▶ Tyto části jsou následně analyzovány a opět skládány do vyšších celků (agregace).
- ▶ Umožňuje chápat strukturu a fungování složitých systémů — technických i přírodních.
- ▶ Důraz je kladen na:
  - ▶ identifikaci prvků systému,
  - ▶ jejich vzájemných vazeb,
  - ▶ vztah systému k okolí.
- ▶ Typické otázky:
  - ▶ Z čeho se systém skládá?
  - ▶ Jak jednotlivé části spolupracují?
  - ▶ Co se stane, když odstraníme nebo změníme některý prvek?

# Informační přístup

- ▶ Zaměřuje se na zpracování, tok a využití informací v systému.
- ▶ „Konání je prováděno se znalostí věci“ — činnost je ovlivněna informacemi o stavu systému a jeho okolí.
- ▶ Sleduje otázky typu:
  - ▶ Jak se informace získává (senzory, měření)?
  - ▶ Jak se informace zpracovává (výpočty, rozhodování)?
  - ▶ Jak se informace přenáší (komunikace)?
- ▶ Klíčový v oblasti automatického řízení, regulace a rozhodovacích procesů.
- ▶ Umožňuje modelovat i systémy, kde je vliv informací zásadní (např. lidské chování).

# Řídicí přístup

- ▶ Zaměřuje se na účelné / účelové, cílevědomé ovlivňování systému.
- ▶ Cílem je dosahovat požadovaného stavu (výstupu) pomocí vstupních zásahů.
- ▶ Hlavní složky řízení:
  - ▶ řídicí člen (rozhodovací proces),
  - ▶ řízený člen (např. stroj),
  - ▶ zpětná vazba (kontrola výsledku).
- ▶ Klíčové pojmy:
  - ▶ stabilita, regulovatelnost, přesnost, odezva.
- ▶ Přístup typický pro technické aplikace, ale využitelný i v biologii, ekonomii a společenských vědách.

# Klasifikace kybernetiky

## ▶ Teoretická kybernetika

- ▶ teoretický základ oboru
- ▶ teorie systémů, teorie informace, teorie řízení, teorie algoritmů,
- ▶ teorie automatů, teorie her
- ▶ a jiné ...

## ▶ Experimentální kybernetika

- ▶ studium reálných procesů prostřednictvím jejich modelů

## ▶ Technická kybernetika

- ▶ konstrukce a využití technických kybernetických systémů
- ▶ systémy zpracování nebo přenosu informace
- ▶ tvorba manipulátorů a robotů

## ▶ Aplikovaná kybernetika

- ▶ aplikace kybernetiky v jiných oblastech:
- ▶ biokybernetika, lékařská kybernetika, sociální sféra, ekonomika

# Teoretická kybernetika

- ▶ Zajišťuje **formální teoretický rámec** celého oboru kybernetiky.
- ▶ Zahrnuje matematické a logické modely systémů:
  - ▶ teorie systémů, informace, řízení,
  - ▶ teorie algoritmů, automatů a her.
- ▶ Umožňuje **obecnou formulaci a analýzu** systémů nezávisle na jejich konkrétní podobě.
- ▶ Výstupy slouží jako základ pro konstrukci modelů a řízení ve všech dalších oblastech kybernetiky.



# Experimentální kybernetika

- ▶ Zabývá se **studiem reálných systémů** prostřednictvím jejich modelů.
- ▶ Cílem je ověřit teoretické poznatky v praxi nebo získat data pro tvorbu modelů.
- ▶ Používá metody:
  - ▶ měření, pozorování, experimentální ověřování chování systémů,
  - ▶ identifikace systémů – z dat určení jejich vlastností.
- ▶ Spojuje teorii s realitou – **mezikrok mezi teorií a technickou aplikací.**

# Technická kybernetika

- ▶ Věnuje se **konstrukci a využití technických systémů** na základě teoretických a experimentálních poznatků.
- ▶ Typické oblasti:
  - ▶ systémy řízení, přenosu a zpracování informací,
  - ▶ robotika, manipulátory, automatizace.
- ▶ Vznikají zde konkrétní zařízení – **praktické výstupy kybernetiky**.
- ▶ Důraz na funkčnost, spolehlivost a použitelnost v reálných podmínkách.

# Aplikovaná kybernetika

- ▶ Zaměřuje se na **využití kybernetických principů** v různých oblastech života a vědy.
- ▶ Mezi oblastí aplikace patří:
  - ▶ biokybernetika (např. modely orgánů, řízení biologických procesů),
  - ▶ lékařská kybernetika (diagnostika, řízení léčby),
  - ▶ sociální a ekonomické systémy (řízení procesů, predikce).
- ▶ Důraz na adaptaci nástrojů kybernetiky pro práci s **živými, společenskými nebo komplexními systémy**.



# Tři významné kybernetické „školy“

- ▶ Americká
- ▶ Britská
- ▶ Sovětská

# Americká škola kybernetiky

- ▶ Vznikla v USA ve 40.–50. letech 20. století.
- ▶ Klíčové osobnosti:
  - ▶ Norbert Wiener – zakladatel kybernetiky jako vědy,
  - ▶ Warren McCulloch, Walter Pitts – neuronové sítě,
  - ▶ Claude Shannon – teorie informace.
- ▶ Charakteristiky:
  - ▶ silné matematické základy (statistika, pravděpodobnost),
  - ▶ zaměření na strojové řízení, automatizaci a komunikaci,
  - ▶ interdisciplinární přístup (biologie, inženýrství, psychologie).

# Britská škola kybernetiky

- ▶ Vytvořila se paralelně s americkou, důraz na biologické a behaviorální systémy.
- ▶ Klíčové osobnosti:
  - ▶ Ross Ashby – adaptivní systémy, homeostáza,
  - ▶ W. Grey Walter – robotika, jednoduché modely chování,
  - ▶ Stafford Beer – management a systémová regulace.
- ▶ Charakteristiky:
  - ▶ zaměření na adaptaci a seberegulaci,
  - ▶ propojení s filozofií, neurovědami a ekonomikou,
  - ▶ silné uplatnění v sociálních systémech.

# Sovětská škola kybernetiky

- ▶ Rozvíjela se zejména od 50. let, zpočátku ideologicky odmítána.
- ▶ Klíčové osobnosti:
  - ▶ Viktor Gluškov – teorie automatů a řízení,
  - ▶ Alexej Ljapunov – matematická teorie řízení,
  - ▶ Sergej Sobolev – funkcionální analýza v řízení.
- ▶ Charakteristiky:
  - ▶ silné teoretické zázemí, podpora státu,
  - ▶ zaměření na řízení složitých inženýrských a hospodářských systémů,
  - ▶ významné pokroky v aplikované matematice a počítačových modelech.

# Tři významné kybernetické „školy“

- ▶ Americká
- ▶ Britská
- ▶ Sovětská

O těch si povíme více v následujících přednáškách.

Děkuji za pozornost  
Otázky?