
Nelinearita

*Lekce v kursu PSY133 inovovaném v rámci projektu
CZ.04.1.03/3.2.15.1/0151*



5. 3. 2007

Zdeněk Pospíšil

Osnova

Osnova

- ÚT

Osnova

- ÚT

- ÚT

Osnova

- ÚT
- ÚT
- D

Motivace

Motivace

John D. Sterman: Dynamic complexity arises because systems are ...

- **Nonlinear:** Effect are rarely proportional to cause, and what happens locally in a system (near the current operating point) often does not apply in distant region (other states of the system). Nonlinearity often arises from the basic physics of systems: Insufficient inventory may cause you to boost production, but production can never fall below zero no matter how much inventory you have. Nonlinearity also arises as multiple factors interact in decision making: Pressure from the boss for greater achievement increase your motivation and effort – up to the point where you perceive the goal to be impossible. Frustration then dominates motivation and you give up or get a new boss.

Motivace

Július Krempaský: ... v lineárnej dynamike je „odozva“ systému na popud na jeho zmenu úmerná tomuto popudu („ako sa do hory volá, tak sa z hory ozýva“), no v prípade nelineárnej dynamiky je odozva často až mnohokrát väčšia, ako v prípade lineárnej dynamiky. Systém sa stáva omnoho „citlivejším“ na pokusy o zmenu jeho kvalitatívneho stavu. ...

Ako sa to pozná, že systém má nelineárnu dynamiku? Interpretácia matematického obrazu takého systému je veľmi jednoduchá: príslušná funkcia (vyjadrujúca zmenu charakteristík systému) musí byť nelineárna, čiže musí obsahovať aj vyššiu mocninu ako prvú.

Motivace

Jiří Fiala, Lubomír Skála: Nelinearita v soustavě ... vede obecně k následujícím důsledkům:

- V matematickém popisu soustavy je narušen princip superpozice. To má za následek nepoužitelnost Fourierovy transformace při řešení evolučních rovnic. V důsledku toho neexistuje jednoduchá systematická metoda řešení nelineárních rovnic.
- Nelineární soustavy se dále vyznačují citlivostí na počáteční podmínky, kdy jejich malá změna může vést ke značně odlišnému budoucímu chování soustavy. Tato skutečnost vede k problémům deterministického chaosu.

„Sémantický úklid“

Lineární – *linea recta* = rovná čára

„Sémantický úklid“

Lineární – *linea recta* = rovná čára

Je třeba rozlišovat, o jakou nelinearitu jde:

„Sémantický úklid“

Lineární – *linea recta* = rovná čára

Je třeba rozlišovat, o jakou nelinearitu jde:

- Plynutí času

„Sémantický úklid“

Lineární – *linea recta* = rovná čára

Je třeba rozlišovat, o jakou nelinearitu jde:

- Plynutí času
lineární X cyklický

„Sémantický úklid“

Lineární – *linea recta* = rovná čára

Je třeba rozlišovat, o jakou nelinearitu jde:

- Plynutí času
lineární X cyklický
- Vazby mezi prvky systému

„Sémantický úklid“

Lineární – *linea recta* = rovná čára

Je třeba rozlišovat, o jakou nelinearitu jde:

- Plynutí času
lineární X cyklický
- Vazby mezi prvky systému
lineární X zpětné

„Sémantický úklid“

Lineární – *linea recta* = rovná čára

Je třeba rozlišovat, o jakou nelinearitu jde:

- Plynutí času
lineární X cyklický
- Vazby mezi prvky systému
lineární X zpětné
- Funkční závislost

„Sémantický úklid“

Lineární – *linea recta* = rovná čára

Je třeba rozlišovat, o jakou nelinearitu jde:

- Plynutí času

lineární X cyklický

- Vazby mezi prvky systému

lineární X zpětné

- Funkční závislost

lineární X kvadratická, kubická, ..., mocninná

„Sémantický úklid“

Lineární – *linea recta* = rovná čára

Je třeba rozlišovat, o jakou nelinearitu jde:

- Plynutí času

lineární X cyklický

- Vazby mezi prvky systému

lineární X zpětné

- Funkční závislost

lineární X kvadratická, kubická, ..., mocninná,
exponenciální, logaritmická, ...

„Sémantický úklid“

Lineární – *linea recta* = rovná čára

Je třeba rozlišovat, o jakou nelinearitu jde:

- Plynutí času

lineární X cyklický

- Vazby mezi prvky systému

lineární X zpětné

- Funkční závislost

lineární X kvadratická, kubická, ..., mocninná,
exponenciální, logaritmická, ...,
analytická, hladká, nespojitá,...

Nelineární čas

Nelineární čas

Mythický, cyklický čas:

Nelineární čas

Mythický, cyklický čas:

Což bylo, jest to, což býti má; a což se nyní děje, jest to, což se dítí bude; aniž jest co nového pod sluncem. Jest-liž jaká věc, o níž by říci mohl: Pohled', tot' jest cosi nového? Ano, již to bylo před věky, kteříž byli před námi.

Nelineární čas

Mythický, cyklický čas:

Což bylo, jest to, což býti má; a což se nyní děje, jest to, což se dítí bude; aniž jest co nového pod sluncem. Jest-liž jaká věc, o níž by říci mohl: Pohled', tot' jest cosi nového? Ano, již to bylo před věky, kteříž byli před námi.

Lineární čas:

Nelineární čas

Mythický, cyklický čas:

Což bylo, jest to, což býti má; a což se nyní děje, jest to, což se dítí bude; aniž jest co nového pod sluncem. Jest-liž jaká věc, o níž by říci mohl: Pohled', tot' jest cosi nového? Ano, již to bylo před věky, kteříž byli před námi.

Lineární čas:

Takto praví Hospodin, svatý váš, král váš: Aj, já učiním věc novou.

Nelineární čas

Mythický, cyklický čas:

Což bylo, jest to, což býti má; a což se nyní děje, jest to, což se dítí bude; aniž jest co nového pod sluncem. Jest-liž jaká věc, o níž by říci mohl: Pohled', tot' jest cosi nového? Ano, již to bylo před věky, kteříž byli před námi.

Udržitelný rozvoj

Lineární čas:

Takto praví Hospodin, svatý váš, král váš: Aj, já učiním věc novou.

Nelineární čas

Mythický, cyklický čas:

Což bylo, jest to, což býti má; a což se nyní děje, jest to, což se dítí bude; aniž jest co nového pod sluncem. Jest-liž jaká věc, o níž by říci mohl: Pohled', tot' jest cosi nového? Ano, již to bylo před věky, kteříž byli před námi.

Udržitelný rozvoj

Lineární čas:

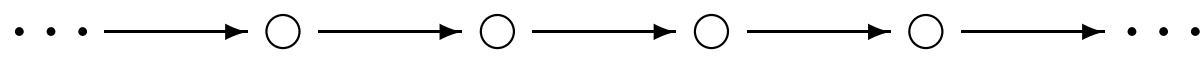
Takto praví Hospodin, svatý váš, král váš: Aj, já učiním věc novou.

Konec historie, válka civilizací, ekologická katastrofa,

...

Nelineární vazby

Nelineární vazby

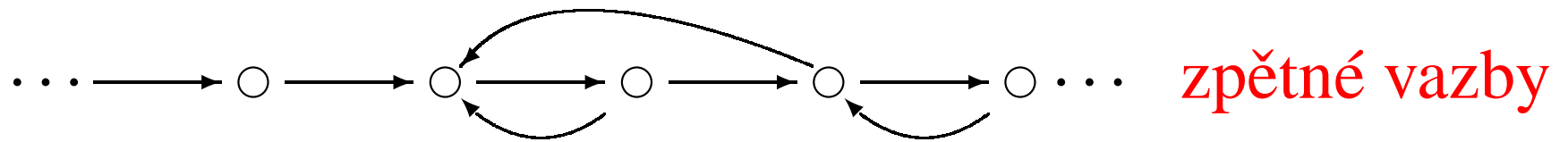


lineární vazby

Nelineární vazby

... → ○ → ○ → ○ → ○ → ... lineární vazby

... → ○ → ○ → ○ → ○ → ... zpětné vazby

The diagram shows a sequence of nodes represented by circles. The first row shows a linear sequence of four nodes connected by straight arrows pointing to the right, with ellipses at both ends. The second row shows a similar sequence of four nodes, but with curved arrows indicating feedback loops: one from the second node back to the first, one from the third node back to the second, and one from the fourth node back to the third. Ellipses are also present at the beginning and end of the sequence.

Nelineární závislost

Nelineární závislost

stav \leftarrow vlivy

Nelineární závislost

stav \leftarrow vlivy

změna stavu \leftarrow vlivy

Nelineární závislost

stav \leftarrow vlivy

absolutní } změna stavu \leftarrow vlivy
relativní }

Nelineární závislost

stav \leftarrow vlivy

$$y = f(x)$$

absolutní } změna stavu \leftarrow vlivy
relativní }

Nelineární závislost

stav \leftarrow vlivy

$$y = f(x)$$

$$y = ax + b$$

absolutní } změna stavu \leftarrow vlivy
relativní }

Nelineární závislost

stav \leftarrow vlivy

$$y = f(x)$$

$$y = ax + b$$

absolutní } změna stavu \leftarrow vlivy
relativní }

Nelineární závislost

stav \leftarrow vlivy

$$y = f(x)$$

$$y = ax + b$$

absolutní } změna stavu \leftarrow vlivy
relativní }

$$y^\Delta = f(x)$$

Nelineární závislost

stav \leftarrow vlivy

$$y = f(x)$$

$$y = ax + b$$

absolutní } změna stavu \leftarrow vlivy
relativní }

$$y^{\Delta} = f(x)$$

$$\frac{y^{\Delta}}{y} = f(x)$$

Nelineární závislost

stav \leftarrow vlivy

$$y = f(x)$$

$$y = ax + b$$

absolutní } změna stavu \leftarrow vlivy
relativní }

$$y^\Delta = f(x, y)$$

$$\frac{y^\Delta}{y} = f(x, y)$$

Nelineární závislost

stav \leftarrow vlivy

$$y = f(x)$$

$$y = ax + b$$

absolutní } změna stavu \leftarrow vlivy
relativní }

$$y^\Delta = f(t, x, y)$$

$$\frac{y^\Delta}{y} = f(t, x, y)$$

Nelineární závislost

stav \leftarrow vlivy

$$y = f(x)$$

$$y = ax + b$$

absolutní } změna stavu \leftarrow vlivy
relativní }

$$y^\Delta = f(t, x, y)$$

$$\frac{y^\Delta}{y} = f(t, x, y)$$

$$y^\Delta = a + bx + cy + dt$$

$$\frac{y^\Delta}{y} = a + bx + cy + dt$$