

# Rozhledy matematicko-fyzikální

---

Jitka Kostková

Ve víru vírů

*Rozhledy matematicko-fyzikální*, Vol. 97 (2022), No. 2, 19–22

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/151072>

## Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 2022

Institute of Mathematics of the Czech Academy of Sciences provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.

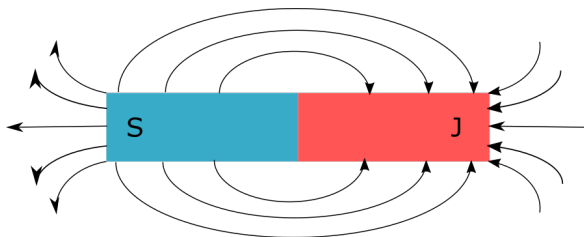


This document has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ*:  
*The Czech Digital Mathematics Library* <http://dml.cz>

## Ve víru vírů

*Jitka Kostková, ÚTIA AV ČR, Praha*

Vektorová pole. Už jste o nich někdy slyšeli? Jedná se o pojem, který jste možná potkali na hodině fyziky, ale neumíte si pod ním nic představit. Taková vektorová pole jsou ale nedílnou součástí našeho každodenního života. Schválně se zamyslete. Kdo máte v rodině auto? Letěli jste už někdy letadlem? Nemá náhodou babička nebo děda problémy se srdcem? A proč se na to vlastně ptám? Společným jmenovatelem všech zmíněných dotazů jsou vektorová pole.

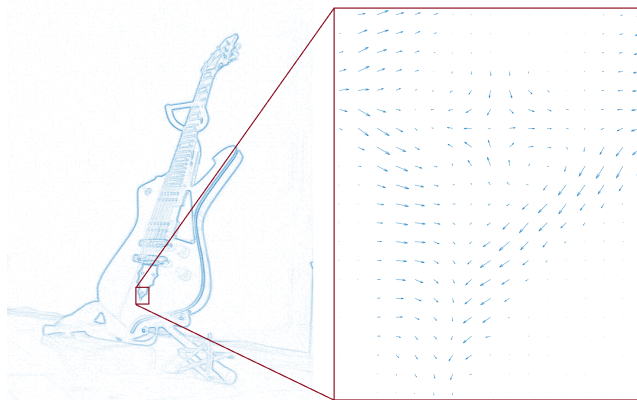


A co že to vlastně je to *vektorové pole*? Speciální typ dat, kde každému bodu v prostoru přiřazujeme více než jednu hodnotu. Vektor je veličina, která má velikost a směr. Můžete si ji představit jako šipku. Vektorové pole je jednoduše obrázek, který ukazuje vektory v různých částech prostoru. V posledních letech přitahují pozornost spousty vědců, protože pomocí nich umíme popsat mnoho fyzikálních jevů – proudění vzduchu nebo kapalin, magnetická či gravitační pole nebo třeba jak „výrazné“ jsou hrany na fotografii.

Vektorová pole zlevňují výzkum a vývoj vozidel a auta díky nim mohou být rychlejší nebo mít menší spotřebu. Pomáhají předpovídat počasí, zajistit bezpečnější letadla či urychlit vývoj lékařských implantátů.

Využití vektorových polí má ale drobný háček, se kterým musíme počítat. Ze simulací i z reálných měření dostaneme vždy ohromné množství dat, která potřebujeme prozkoumat. Jak? Tady přichází ke slovu matematika.

Jednou z nejdůležitějších úloh analýzy vektorových polí je detekce vzorů (*pattern recognition*). Ať už hledáme nebezpečné turbulence ohrožující bezpečnost letadla, víry zpomalující automobil nebo jiné zajímavé



Obr. 1: Obrázek kytary (nahore), vektorové pole popisující hrany v obrázku a detail zrcátka (dole).

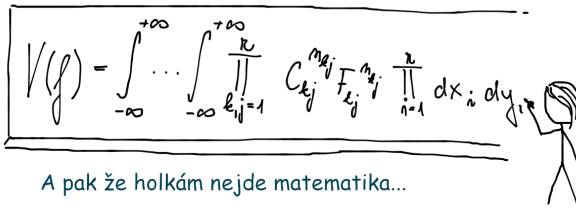
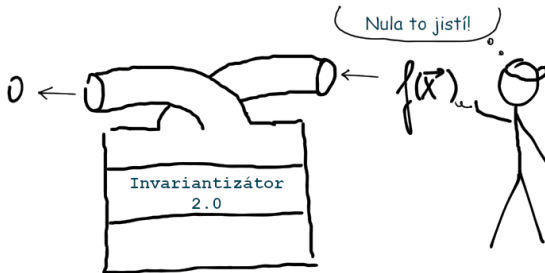
vzory, využíváme tzv. *template matching* (česky bychom asi řekli přiřazování předloh). Kdy máme jednu či více (databázi) předloh, řekněme oblíbených virů, a pomocí matematického algoritmu je hledáme v zadaném poli. Co když ale zrovna fouká vítr nějak divně a náš vír není dokonale kulatý, nýbrž trochu do elipsy? Pořád je to vír, protože se točí dokola, a proto bychom ho chtěli najít také. Odpověď na tuto otázku nám může poskytnout matematický nástroj zvaný *invarianty*<sup>1),2)</sup>

<sup>1)</sup>invariantní = neměnný

<sup>2)</sup>Počátky invariantů můžeme najít u slavného matematika Davida Hilberta v 19. století.



Když zapomenete vzít v úvahu proudění větru



Obr. 2: A jak takové invarianty vlastně vypadají? To je povídání na jindy.

Mojí prací je navrhovat funkce, které berou na vstupu vektorové pole, ale jejich výstup se nemění při geometrickém zkraslení pole. To znamená, že pokud máme tři víry – jeden malý kulatý, druhý velký kulatý a třetí středně velký ve tvaru elipsy – moje funkce vrátí vždy stejnou hodnotu. Aby to ale nebylo tak jednoduché, pokud dostaneme vzor zcela jiný, musí naše funkce vrátit hodnotu jinou, abychom ho byli schopni od víry odlišit.

Stojí ta námaha vlastně za to? Žijeme v době *deep learningu* (hluboké učení) a neuronových sítí. Nebylo by mnohem jednodušší natrénovat neuronku a netrávit roky s tužkou a papírem? Jaká jsou tedy pro a proti? Zmiňme ty nejdůležitější.

- Neuronové sítě závisí na datech. Pokud je natrénujete na detekci krav, nebudou hledat kočky. Invariantům je jedno, co hledají, potřebují jen dostat vzor.
- Invarianty na rozdíl od neuronových sítí nepotřebují trénink.
- Trénování neuronových sítí potřebuje obrovské množství roztříděných dat, která se velmi těžko shání.
- Neuronové sítě jsou tzv. *black box* metoda. Nikdy nevíte, co přesně se naučily.

A to ani nezmiňuji, kolik takové trénování neuronové sítě spotřebuje elektřiny... Jistě, neuronové sítě mají také spoustu kladů a rozhodně mají své místo, ale na některé úlohy se prostě nehodí.

Abychom si to shrnuli. Až příště uvidíte na fyzice obrázek se šipkami, vězte, že se jedná o věc užitečnou. Vektorová pole najdete ve spoustě technických aplikací. A pokud je potkáte jednou v praxi, nezoufejte. Banda matematiků, jako jsem já, intenzivně pracuje na tom, abyste měli k ruce nástroje, které se s nimi vypořádají za vás automaticky.

**O autorce:** Jitka Kostková vystudovala obor Aplikované matematicko-stochastické metody na *FJFI ČVUT* v Praze, kde také 7 let s láskou vedla cvičení z matematické analýzy. Od roku 2015 pracuje v *Ústavu teorie informace a automatizace* Akademie věd ČR oddělení Zpracování obrazové informace. V roce 2020 získala za svou práci o vektorových polích cenu *Josepha Fouriera za počítačové vědy*. V roce 2021 její dizertace vyhrála cenu *České společnosti pro kybernetiku a informatiku* za nejlepší dizertační práci. V současnosti pracuje také jako softwarová inženýrka v americké firmě *Pure Storage*.

### Literatura

- [1] Kostková, J., Suk, T., Flusser, J.: Affine invariants of vector fields. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 43 (2021), č. 4, s. 1140–1155.