

Z Wikipedie, otevřené encyklopedie

**Skrytý Markovův model** ([anglicky](#) *hidden Markov model* – zkráceně **HMM**) je statistický [Markovův model](#), který modeluje systém za předpokladu, že jde o Markovův proces se skrytými (nepozorovanými) stavami. HMM může být znázorněn pomocí nejjednodušší dynamické [bayesovské sítě](#). Matematické základy modelu vyvinul [Leonard E. Baum](#) (1931–2017) spolu se svým týmem spolupracovníků. [\[1\]](#)[\[2\]](#)[\[3\]](#) Problematika velmi úzce souvisí s dřívější prací [Ruslana L. Stratonoviche](#) (1930–1997), který pracoval na lineárním [problému filtrování](#) [\[4\]](#) a jako první popsal [dopředně zpětný algoritmus](#).

V jednodušších Markovových modelech (jako je [Markovův řetězec](#)) je stav systému viditelný pozorovateli, tudíž pravděpodobnost změny stavu je jediný parametr modelu. Naopak ve *skrytých* Markovových modelech stav není pozorovateli viditelný, ale výstup, který je na stavu závislý, viditelný je. Každý stav má pravděpodobnostní vliv na výstup systému. Tedy posloupnost výstupů skrytého Markovova modelu vypovídá o posloupnosti vnitřních stavů, která tuto posloupnost vygenerovala. Příkladem *skrytého* se tedy vztahuje na posloupnost vnitřních stavů, kterými model prošel, nikoliv na parametry modelu (model se nazývá *skrytý*, ačkoliv jsou jeho parametry dány přesně a jsou známé).

Skryté Markovovy modely jsou známé zejména na poli rozpoznávání časových vzorů. Mezi ně spadá například [rozpoznávání řeči](#), rukou psaného písma, gest [\[5\]](#) nebo označování slovních druhů (part of speech tagging). Využití nalézá také v [bioinformatice](#).

Skryté Markovovy modely lze považovat za zobecnění [smíšených modelů](#), ve kterých nejsou skryté proměnné (nebo [latentní proměnné](#)) nezávislé jedna na druhé, ale naopak jsou navzájem spojené Markovovým procesem. V poslední době byly skryté Markovovy modely zobecněny na párové Markovovy modely a tripletové Markovovy modely, které umožňují využití modelu i na komplexnější datové struktury [\[6\]](#)[\[7\]](#) a modelování nestacionárních dat. [\[8\]](#)[\[9\]](#)

## Popis pomocí problému uren

Pravděpodobnostní parametry skrytého Markovova modelu  
(příklad):

$X$  — stavy modelu

$y$  — možná pozorování modelu

$a$  — pravděpodobnost přechodu mezi stavy

$b$  — pravděpodobnosti výstupů

V jeho diskrétní formě lze skrytý Markovův proces znázornit zobecněním tzv. [problému uren](#), ve kterém je každý objekt před dalším krokem navrácen do své původní urny. [\[10\]](#)

Uvažujeme následující příklad: v místnosti, do které pozorovatel nevidí, je duch. Místnost obsahuje urny  $X_1, X_2, X_3\dots$ . Každá z uren obsahuje známý počet různých míčků. Míčky jsou označené  $y_1, y_2, y_3\dots$ . Duch náhodně vybere jednu z uren a vytáhne z ní náhodný míček. Míček následně položí na přepravní pás, který jej vyveze ven. Pozorovatel tedy vidí posloupnost vytažených míčků, ale není mu známa posloupnost uren, ze kterých bylo taženo. Duch k výběru urny využívá následující postup: výběr urny pro vytažení  $n$ -tého míčku závisí pouze na náhodném čísle a na výběru urny pro vytažení  $(n-1)$ -ho míčku. Výběr míčku tedy přímo nezávisí na sekvenci předešlých uren ze kterých bylo taženo, ale pouze na urně, ze které byl vytažen  $n-1$  míček. A proto se jedná o [Markovův proces](#). Tento proces popisuje horní část obrázku.

Samotný Markovův proces nemůže být pozorován (lze pozorovat pouze sekvenci výstupů), a proto se tomuto procesu říká skrytý Markovův proces. Znázorňuje to spodní část obrázku, ze kterého je patrné, že v každém stavu může být tažen míček  $y_1, y_2, y_3$  nebo  $y_4$ . Tedy ačkoliv pozorovatel zná rozmístění uren a právě viděl posloupnost tří vytažených míčků, nemůže si být jistý, ze které urny duch vytáhl třetí míček. Lze pouze určit pravděpodobnosti, s jakými byl třetí míček z jednotlivých uren vytažen.

## Reference

1. [↑ BAUM, L. E.; PETRIE, T. Statistical Inference for Probabilistic Functions of Finite State Markov Chains. \*The Annals of Mathematical Statistics\*. 1966, s. 1554–1563. \[Dostupné online\]\(#\) \[cit. 28 November 2011\]. doi: \[10.1214/aoms/1177699147\]\(https://doi.org/10.1214/aoms/1177699147\).](#)

2. ↑ BAUM, L. E.; SELL, G. R. Growth transformations for functions on manifolds. *Pacific Journal of Mathematics*. 1968, s. 211–227. [Dostupné online](#) [cit. 28 November 2011]. [doi:10.2140/pjm.1968.27.211](https://doi.org/10.2140/pjm.1968.27.211).
3. ↑ BAUM, L.E. An Inequality and Associated Maximization Technique in Statistical Estimation of Probabilistic Functions of a Markov Process. *Inequalities*. 1972, s. 1–8.
4. ↑ STRATONOVICH, R. L. Conditional Markov Processes. S. 156–178. *Theory of Probability & Its Applications* [online]. 1960-01 [cit. 2020-12-10]. Roč. 5, čís. 2, s. 156–178. [doi:10.1137/1105015](https://doi.org/10.1137/1105015). (anglicky)
5. ↑ STARNER, Thad; PENTLAND, Alex. Real-time American Sign Language recognition from video using hidden Markov models. S. 265–270. *Proceedings of International Symposium on Computer Vision - ISCV* [online]. 1995-11 [cit. 2020-12-10]. S. 265–270. [Dostupné online](#). [doi:10.1109/ISCV.1995.477012](https://doi.org/10.1109/ISCV.1995.477012). (anglicky)
6. ↑ PIECZYNSKI, Wojciech. Multisensor triplet Markov chains and theory of evidence. S. 1–16. *International Journal of Approximate Reasoning* [online]. 2007-05 [cit. 2020-12-10]. Roč. 45, čís. 1, s. 1–16. [Dostupné online](#). [doi:10.1016/j.ijar.2006.05.001](https://doi.org/10.1016/j.ijar.2006.05.001). (anglicky)
7. ↑ BOUDAREN, Mohamed El Yazid; MONFRINI, Emmanuel; PIECZYNSKI, Wojciech; AÏSSANI, Amar. Dempster-Shafer fusion of multisensor signals in nonstationary Markovian context. S. 134. *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing* [online]. 2012-12 [cit. 2020-12-10]. Roč. 2012, čís. 1, s. 134. [Dostupné online](#). [doi:10.1186/1687-6180-2012-134](https://doi.org/10.1186/1687-6180-2012-134). (anglicky)
8. ↑ LANCHANTIN, P.; PIECZYNSKI, W. Unsupervised restoration of hidden nonstationary Markov chains using evidential priors. S. 3091–3098. *IEEE Transactions on Signal Processing* [online]. 2005-08 [cit. 2020-12-10]. Roč. 53, čís. 8, s. 3091–3098. [Dostupné online](#). [doi:10.1109/TSP.2005.851131](https://doi.org/10.1109/TSP.2005.851131). (anglicky)
9. ↑ BOUDAREN, M. E. Y.; MONFRINI, E.; PIECZYNSKI, W. Unsupervised Segmentation of Random Discrete Data Hidden With Switching Noise Distributions. S. 619–622. *IEEE Signal Processing Letters* [online]. 2012-10 [cit. 2020-12-10]. Roč. 19, čís. 10, s. 619–622. [Dostupné online](#). [doi:10.1109/LSP.2012.2209639](https://doi.org/10.1109/LSP.2012.2209639). (anglicky)
10. ↑ RABINER, Lawrence R. A tutorial on hidden Markov models and selected applications in speech recognition. S. 257–286. *Proceedings of*

*the IEEE [online]. 1989-02 [cit. 2020-12-10]. Roč. 77, čís. 2, s. 257–286.  
[Dostupné online. doi:10.1109/5.18626](#). (anglicky)*

## Externí odkazy

- Obrázky, zvuky či videa k tématu [Skrytý Markovův model](#) na Wikimedia Commons

Tento článek je příliš stručný nebo [postrádá důležité informace](#).  
Pahýl

Pahýl Pomozte Wikipedii tím, že jej vhodně [rozšíříte](#). Nevkládejte však [bez oprávnění](#) cizí texty.

Citováno z „[https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Skrytý\\_Markovův\\_model&oldid=25421475](https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Skrytý_Markovův_model&oldid=25421475)“

Kategorie:

- [Bioinformatika](#)

Skryté kategorie:

- [Údržba:Články s dočasně použitou šablonou](#)
- [Pahýly](#)
- [Monitoring:Články s identifikátorem GND](#)
- [Monitoring:Články s identifikátorem LCCN](#)
- [Monitoring:Články s identifikátorem NLI](#)

Hledání

Speciální:Hledání

Hledat

Skrytý Markovův model

27 jazyků

[Přidat téma](#)