



# Aplikace Bayesovských sítí

Doc. Sergii Babichev, DrSc.



Ústí nad Labem 2020

<b>Předmět:</b>	Aplikace Bayesovských sítí
<b>Studijní program:</b>	Aplikovaná informatika
<b>Klíčová slova:</b>	Bayesovská analýza dat; priori funkce; posteriorní funkce; Bayesovská věta; pravděpodobnostní modelů; software GeNIe; statické a dynamické Bayesovské sítí
<b>Anotace:</b>	Kurz je zaměřen na aplikaci Bayesovských sítí pro řešení problémy situačního modelování v různých praktických oblastech na základě softwaru GeNIe, a také s použitím funkcí softwarů R a python. Poskytuje jak teoretický úvod potřebný pro pochopení základních principů vytvoření Bayesovských sítí, tak i praktické seznámení s aktuálně používanými softwarů pro vytvoření a modelování Bayesovských sítí. Semináře jsou zaměřeny na teoretický rozbor problematiky s ohledem na možnosti aplikace a na další vlastní návrh a implementaci algoritmů vytvoření Bayesovských sítí, tak na předání praktických zkušeností při použití softwarových nástrojů pro řešení různých úloh situačního modelování.

Jazyková korektura nebyla provedena, za jazykovou stránku odpovídá autor.

# Obsah

Úvodní slovo	4
1 Úvod v Bayesovské síti. Bayesovská statistika. Bayesovská věta a její využití	6
2 Grafová reprezentace Bayesovských sítí (BN), distribuce pravděpodobnosti modelu, přehled algoritmů učení BN	8
3 Software GeNIe pro vytvoření a modelování Bayesovských sítí	10
4 Statické Bayesovské síti. Základy jejich vytvoření a modelování pro řešení různých praktických úloh	12
5 Statické Bayesovské síti. Základy jejich vytvoření a modelování pro řešení různých praktických úloh (Pokračování)	14
6 Dynamické Bayesovské síti, jejich vytvoření a používání při řešení úloh klasifikace a prognózování	16
7 Dynamické Bayesovské síti, jejich vytvoření a používání při řešení úloh klasifikace a prognózování (Pokračování)	18
8 Hybridní modely Bayesovské sítí, jejich vytvoření a používání	20
9 Praktický úlohy vytvoření a použití Bayesovských sítí	22

# Úvodní slovo

Předmět je zaměřen na aplikaci Bayesovských sítí pro řešení problémy situačního modelování v různých praktických oblastech na základě softwaru GeNIe, a také s použitím funkcí softwarů R a python. Poskytuje jak teoretický úvod potřebný pro pochopení základních principů vytvoření Bayesovských sítí, tak i praktické seznámení s aktuálně používanými softwarů pro vytvoření a modelování Bayesovských sítí. Semináře jsou zaměřeny na teoretický rozbor problematiky s ohledem na možnosti aplikace a na další vlastní návrh a implementaci algoritmů vytvoření Bayesovských sítí, tak na předání praktických zkušeností při použití softwarových nástrojů pro řešení různých úloh situačního modelování.

Způsob ukončení předmětu je zápočetem. Zápočet se provádí na základě dvou seminárních prací: 1. vytvoření a modelování statických bayesovských sítí a 2. vytvoření a modelování dynamických bayesovských sítí. Za každou seminární práci je možno získat až 15 bodů. Úspěšní jsou studenti, kteří v součtu získají minimálně 20 bodů.

# Splnění kurzu

Zde naleznete několik témat pro motivaci k Vaším prezentacím a seminárním programům. Témata prezentací a programů je nutné konzultovat.

## Ukázky témat možných prezentací

1. Bayesovská věta a její využití v rozhodovacích systémech
2. Software GeNIe – přehled, elementy, možností využití GeNIe Modeler
3. Implementace software GeNIe v R a python
4. Vytvoření statických Bayesovských sítí pomocí software GeNIe
5. Vytvoření dynamických Bayesovských sítí pomocí software GeNIe

## Ukázka zadání zápočtové seminární práce

Navrhněte a implementujte statické Bayesovské sítě pro diagnostiku rakoviny. Příklad je dostupný z `cancer_risk`. Aplikace umožní zhodnotit riziko rakoviny na základě diagnostiky různých parametrů. Aplikace vykreslí graf Bayesovské sítě a ohodnotit riziko rakoviny za různých podmínek zkoumaného organismu.

# 1 Úvod v Bayesovské síti. Bayesovská statistika. Bayesovská věta a její využití

Klíčovým pojmem je Bayesovská věta a její využití v rozhodovacích modelech. V této kapitole se dozvíte následující témata, podívejte se na uvedené odkazy.



## CÍLE KAPITOLY

- Bayesovská věta a její využití v rozhodovacích modelech. **Náplň je popsána v první kapitole tohoto dokumentu: Learning Bayesian Networks a ve kapitolách 2–4 dokumentu: Bayesian Networks.**
- Grafické-teoretické reprezentace sítí bayesian-networks.
- Příklad vytvoření Bayesovské sítě pro diskrétní proměnné. Model animals umožňuje předpovídat typ zvířete na základě informací o stanovišti a vlastnostech zvířete.



## KLÍČOVÁ SLOVA

Bayesovská věta, Bayesovské sítě, distribuce pravděpodobností, apriorní a posteriorní pravděpodobností.



## ÚKOLY

1. Aplikujte Bayesovské větu na model animals. Vytvořte teoretický model této aplikace.



## OTÁZKY

1. Jaký je rozdíl mezi apriorní a posteriorní pravděpodobností?
2. Bayesovská věta a její využití.
3. Jaky jsou postupy pro vytvoření Bajesovské sítě?
4. Hlavní součásti Bayesovské sítě.
5. Jaký typ grafu je základem Bayesovské sítě?



## 2 Grafová reprezentace Bayesovských sítí (BN), distribuce pravděpodobnosti modelu, přehled algoritmů učení BN

Klíčovým pojmem je Bayesovské sítě a její reprezentace na základě teorie grafu a distribuce pravděpodobností. V této kapitole se dozvíte následující témata, podívejte se na uvedené odkazy.



### CÍLE KAPITOLY

- Reprezentace Bayesovských sítí na základě teorie grafů. **Náplň je popsána v první kapitole tohoto dokumentu: Learning Bayesian Networks a ve kapitolech 2–4 dokumentu: Bayesian Networks.**
- Přehled algoritmů učení Bayesovských sítí. **Náplň je popsána zde.**
- Pravděpodobnostní odvozování (inference) v Bayesovských sítích. **Náplň je popsána v kapitole 6 tohoto dokumentu: <http://staff.utia.cas.cz/vomlel/r.pdf>.**



### KLÍČOVÁ SLOVA

Bayesovské sítě, distribuce pravděpodobností, pravděpodobnostní odvozování (inference), algoritmy učení Bayesovských sítí.



### ÚKOLY

1. Prozkoumejte Bayesovské síť modelu Credit. Vytvořte teoretický model této sítě. Prozkoumejte povahu změn a vzájemného ovlivňování distribuce pravděpodobnosti pro různé vstupní parametry modelu.



### OTÁZKY

1. Grafová reprezentace Bayesovských sítí. Pravděpodobnostní odvozování.
2. Co znamená učení Bayesovských sítí? Jaka je hlavní cíl učení sítí?
3. Algoritmy učení Bayesovských sítí. Struční popis.



# 3 Software GeNIe pro vytvoření a modelování Bayesovských sítí

Klíčovým pojmem je Bayesovské sítí a její implementace na základě využití software GeNIe. V této kapitole se dozvíte následující témata, podívejte se na uvedené odkazy.



## CÍLE KAPITOLY

- Instalace software GeNIe. Postupy pro implementace tohoto software v R a python. Podrobné informace naleznete [zde](#).
- Postupy vytvoření Bayesovských sítí v GeNIe včetně použití programovacích jazyků R a python. Podrobné informace naleznete [zde](#) a [zde](#).
- Vytvoření jednoduchých Bayesovských sítí v GeNIe. informace naleznete [zde](#).



## KLÍČOVÁ SLOVA

Bayesovské sítě, software GeNIe, vytvoření a modelování Bayesovských sítí.



## ÚKOLY

1. Prozkoumejte Bayesovské síť modelu AsiaDiagnostics. Prozkoumejte povahu změn a vzájemného ovlivňování distribuce pravděpodobnosti pro různé vstupní parametry modelu. Implementujte model v základní verze GeNIe (Windows/Linux/Mac) a také v softwarech R a python.



## OTÁZKY

1. Popište postupy pro vytvoření Bayesovské sítí v softwaru GeNIe. Jaké informace potřebujete k vytvoření modelu?
2. Popište postupy využití "Smile Engine"modulu pro implementace GeNIe v R a python.
3. Popište postup vytvoření a konfigurace bloků a spojení v modelu Bayesovské sítí v GeNIe.
4. Jak probíhá validace modelu Bayesovské sítí?



## 4 Statické Bayesovské sítě. Základy jejich vytvoření a modelování pro řešení různých praktických úloh

Klíčovým pojmem je statické Bayesovské sítě a její implementace na základě využití software GeNIe. V této kapitole se dozvíte následující témata, podívejte se na uvedené odkazy.



### CÍLE KAPITOLY

- Statické Bayesovské sítě a jejich rozdíly od dynamických a hybridních modelů Bayesovských sítí.
- Postupy vytvoření statické Bayesovských sítí v GeNIe včetně použití programovacích jazyků R a python. Podrobné informace naleznete [zde](#)
- Vytvoření modelů statických Bayesovských sítí v GeNIe s využitím R a python. Informace naleznete [zde](#).



### KLÍČOVÁ SLOVA

Statické Bayesovské sítě, vytvoření a modelování statických Bayesovských sítí.



### ÚKOLY

1. Prozkoumejte statické Bayesovské síť modelu EngineFuelSystem. Prozkoumejte povahu změn a vzájemného ovlivňování distribuce pravděpodobnosti pro různé vstupní parametry modelu. Implementujte model v základní verze GeNIe (Windows/Linux/Mac) a také v softwarech R a python.



### OTÁZKY

1. Popište postupy pro vytvoření statické Bayesovské sítí v softwaru GeNIe. Jaké informace potřebujete k vytvoření modelu?
2. Popište postupy pro validace statické Bayesovské sítí



### OTÁZKY K ZAMYŠLENÍ



## 5 Statické Bayesovské sítě. Základy jejich vytvoření a modelování pro řešení různých praktických úloh (Pokračování)

Klíčovým pojmem je statické Bayesovské sítě a její implementace na základě využití software GeNIe. V této kapitole se dozvíte následující témata, podívejte se na uvedené odkazy.



### CÍLE KAPITOLY

- Postupy vytvoření statické Bayesovských sítí v GeNIe včetně použití programovacích jazyků R a python (Pokračování). Podrobné informace naleznete [zde](#)
- Vytvoření modelů statických Bayesovských sítí v GeNIe s využitím R a python. Informace naleznete [zde](#).



### KLÍČOVÁ SLOVA

Statické Bayesovské sítě, vytvoření, validace a modelování statických Bayesovských sítí.



### ÚKOLY

1. Prozkoumejte statické Bayesovské síť modelu CommandCenter. Prozkoumejte povahu změn a vzájemného ovlivňování distribuce pravděpodobnosti pro různé vstupní parametry modelu. Implementujte model v základní verze GeNIe (Windows/Linux/Mac) a také v softwarech R a python.



### OTÁZKY

1. Popište postupy pro vytvoření statické Bayesovské sítí v softwaru GeNIe. Jaké informace potřebujete k vytvoření modelu?
2. Popište postupy pro validace statické Bayesovské sítí



### OTÁZKY K ZAMYŠLENÍ

1. Pro jaký typ úkolů je vhodné používat statické Bayesovské sítě?



# 6 Dynamické Bayesovské sítě, jejich vytvoření a používání při řešení úloh klasifikace a prognózování

Klíčovým pojmem je dynamické Bayesovské sítě a její implementace na základě využití software GeNIe. V této kapitole se dozvíte následující témata, podívejte se na uvedené odkazy.



## CÍLE KAPITOLY

- Dynamické Bayesovské sítě a její používání.
- Postupy vytvoření dynamické Bayesovských sítí v GeNIe včetně použití programovacích jazyků R a python. Podrobné informace naleznete [zde](#)
- Vytvoření modelů dynamických Bayesovských sítí v GeNIe s využitím R a python. Informace naleznete [zde](#).



## KLÍČOVÁ SLOVA

Dynamické Bayesovské sítě, vytvoření a modelování dynamických Bayesovských sítí.



## ÚKOLY

1. Prozkoumejte dynamické Bayesovské síť modelu Prediction. Prozkoumejte povahu změn a vzájemného ovlivňování distribuce pravděpodobnosti pro různé vstupní parametry modelu. Implementujte model v základní verze GeNIe (Windows/Linux/Mac) a také v softwarech R a python.



## OTÁZKY

1. Popište postupy pro vytvoření dynamické Bayesovské sítí v softwaru GeNIe. Jaké informace potřebujete k vytvoření modelu?
2. Popište postupy pro validace dynamické Bayesovské sítí.



## OTÁZKY K ZAMYŠLENÍ



# 7 Dynamické Bayesovské sítě, jejich vytvoření a používání při řešení úloh klasifikace a prognózování (Pokračování)

Klíčovým pojmem je dynamické Bayesovské sítě a její implementace na základě využití software GeNIe. V této kapitole se dozvíte následující témata, podívejte se na uvedené odkazy.



## CÍLE KAPITOLY

- Dynamické Bayesovské sítě a její používání.
- Postupy vytvoření dynamické Bayesovských sítí v GeNIe včetně použití programovacích jazyků R a python. Podrobné informace naleznete [zde](#)
- Vytvoření modelů dynamických Bayesovských sítí v GeNIe s využitím R a python. Informace naleznete [zde](#).



## KLÍČOVÁ SLOVA

Dynamické Bayesovské sítě, vytvoření a modelování dynamických Bayesovských sítí.



## ÚKOLY

1. Prozkoumejte dynamické Bayesovské síť modelu Product Temporal. Prozkoumejte povahu změn a vzájemného ovlivňování distribuce pravděpodobnosti pro různé vstupní parametry modelu. Implementujte model v základní verze GeNIe (Windows/Linux/Mac) a také v softwarech R a python.



## OTÁZKY

1. Popište postupy pro vytvoření dynamické Bayesovské sítí v softwaru GeNIe. Jaké informace potřebujete k vytvoření modelu?
2. Popište postupy pro validace dynamické Bayesovské sítí.



## OTÁZKY K ZAMYŠLENÍ



# 8 Hybridní modely Bayesovské sítí, jejich vytvoření a používání

Klíčovým pojmem je hybridní Bayesovské sítě a její implementace na základě využití software GeNIe. V této kapitole se dozvíte následující témata, podívejte se na uvedené odkazy.



## CÍLE KAPITOLY

- Hybridné Bayesovské sítě a její používání.
- Postupy vytvoření hybridných Bayesovských sítí v GeNIe včetně použití programovacích jazyků R a python. Podrobné informace naleznete zde
- Vytvoření modelů hybridných Bayesovských sítí v GeNIe s využitím R a python. Informace naleznete zde.



## KLÍČOVÁ SLOVA

Hybridné Bayesovské sítě, vytvoření a modelování hybridných Bayesovských sítí.



## ÚKOLY

1. Prozkoumejte hybridní Bayesovské sít modelu Heat Equations Autodiscretized Hybrid. Prozkoumejte povahu změn a vzájemného ovlivňování distribuce pravděpodobnosti pro různé vstupní parametry modelu. Implementujte model v základní verze GeNIe (Windows/Linux/Mac) a také v softwarech R a python.



## OTÁZKY

1. Čím se liší hybridné Bayesovské sítě od statické a dynamické?
2. Popište postupy pro vytvoření hybridné Bayesovské sítí v softwaru GeNIe. Jaké informace potřebujete k vytvoření modelu?
3. Popište postupy pro validace hybridné Bayesovské sítí.



## OTÁZKY K ZAMYŠLENÍ

1. Pro jaký typ úkolů je vhodné používat hybridné Bayesovské sítě?



## 9 Praktický úlohy vytvoření a použití Bayesovských sítí

Klíčovým pojmem je Bayesovské sítě a její implementace na základě využití software GeNIe. V této kapitole se získáte zkušenost z vytvoření, modelování a validace různých typu Bayesovské sítí, podívejte se na uvedené odkazy.



### CÍLE KAPITOLY

- Využití softwarů GeNIe, R a python pro vytvoření, vizualizace a modelování Bayesovských sítí.
- Postupy vytvoření Bayesovských sítí v GeNIe včetně použití programovacích jazyků R a python. Podrobné informace naleznete [zde](#)



### KLÍČOVÁ SLOVA

Modely Bayesovské sítě, vytvoření, vizualizace a modelování.



### ÚKOLY

1. Prozkoumejte statické, dynamické a hybridní Bayesovské síť modely NoisyAdder, R&N Figure 15-2 a Stock Market. V každém případě prozkoumejte povahu změn a vzájemného ovlivňování distribuce pravděpodobnosti pro různé vstupní parametry modelu. Implementujte model v základní verzi GeNIe (Windows/Linux/Mac) a také v softwarech R a python.



### OTÁZKY

1. Čím se liší postupy pro vytvoření statické, dynamické hybridní Bayesovských sítí?
2. V jaké formě by měly být představeny data který se používají pro vytvoření Bayesovské sítí?



### OTÁZKY K ZAMYŠLENÍ

1. Jaké faktory omezují použití modelů Bayesovských sítí v klasifikačních a rozhodovacích systémech?



# Literatura

- [1] Richard E. Neapolitan. Learning Bayesian Networks. Northeastern Illinois University Chicago, Illinois, 2014.  
Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/235410247\\_Learning\\_Bayesian\\_Networks](https://www.researchgate.net/publication/235410247_Learning_Bayesian_Networks)
- [2] Bayesian networks: A guide for their application in natural resource management and policy [online].  
Dostupné z: [https://www.utas.edu.au/\\_data/assets/pdf\\_file/0009/588474/TR\\_-14\\_BNs\\_a\\_resource\\_guide.pdf](https://www.utas.edu.au/_data/assets/pdf_file/0009/588474/TR_-14_BNs_a_resource_guide.pdf)
- [3] GeNIe Modeler, manual [online].  
Dostupné z: <https://support.bayesfusion.com/docs/GeNIe/>
- [4] Metody reprezentace a zpracování znalostí v umělé inteligenci [online].  
Dostupné z: <http://staff.utia.cas.cz/vomlel/r.pdf>