

# Umělá inteligence v hudbě

Lukáš Bednařík

Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy

13. 11. 2012

# Osnova

- 1 Motivace
- 2 Songsmith
  - Tréning modelu
  - Generování melodie
- 3 Vztah slov a melodie
- 4 Určení melodické linky z hlasu
- 5 Závěr

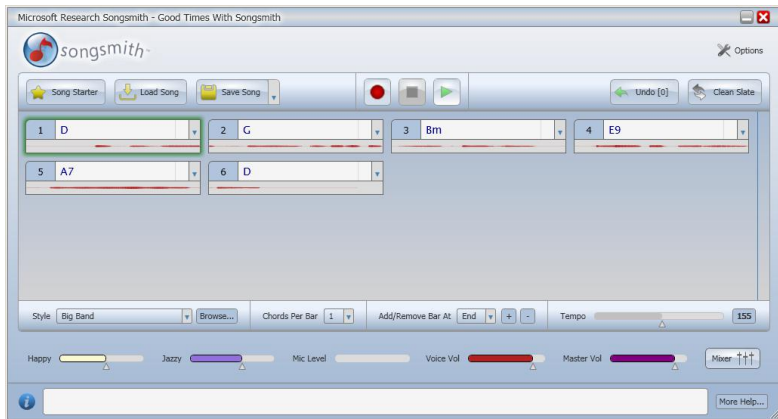
# Motivace - podpora kreativního myšlení!

## High-level vs. Low-level skills

### Kde to funguje?

- Programování, kreslení, texty k písním
- PLOrk - Wekinator
- Songsmith - automatické generování melodie ke zpívanému textu.
- Wolfram Tones

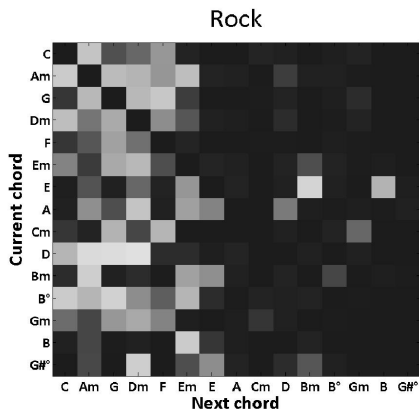
# Songsmith - uživatelské rozhraní



## Tréning modelu

- 1 Transpozice do C
- 2 Učení se - přechody mezi akordy (tabulka  $62 \times 62$ )
- 3 Učení se - vztah melodie k akordům (tabulka  $60 \times 12$ )
- 4 Molové a durové rozdělení ("happy factor")

# Matice přechodu mezi akordy



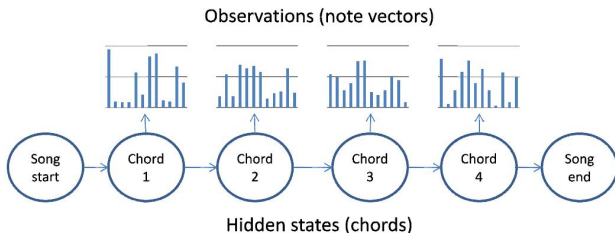
**Obrázek :** Příklad matice přechodu mezi tóny. Ve skutečnosti jsou dvě - molová a durová.

# Generování melodie

## Generování melodie ze zpívané nahrávky

- 1 Transpozice do C
- 2 Výpočet vektorů zpěv  $\Leftrightarrow$  akordy
- 3 Skrytý Markovský Model na přechody mezi tóny v melodii  $\Rightarrow$  Viterbi algorithm
- 4 Transpozice do správné tóniny

# Generování melodie



Obrázek : Hidden Markov Model.



# Parametry modelu

## ■ Happy factor:

$$\log P(c_i | c_{i-1}) = \beta \log P_{dur}(c_i | c_{i-1}) + (1 - \beta) \log P_{mol}(c_i | c_{i-1}).$$

dává empiricky lepší výsledky než bez logaritmu:

$$P(c_i | c_{i-1}) = \beta P_{dur}(c_i | c_{i-1}) + (1 - \beta) P_{mol}(c_i | c_{i-1}).$$

## ■ Jazzy factor:

$$L = (1 - \alpha) \log P(\text{akordy}) + \alpha P(\text{melodie} \rightarrow \text{akordy}).$$

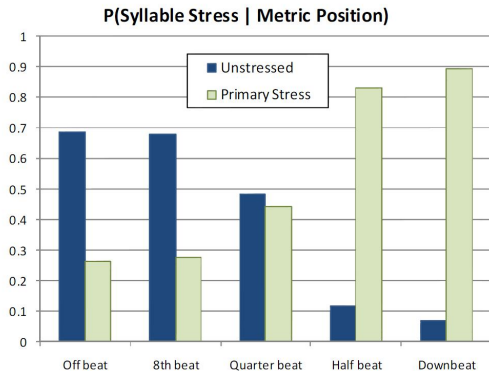
Koncový uživatel má přímo přístup k parametrům  
Skrytého Markovského Modelu!

# Příklady

- Většina respondentů s pomocí Songsmith složila kvalitnější hudební doprovod než bez něj.
- Songsmith byl zkoušen i ve školách.
- Songsmith umožňuje rozvíjet kreativitu a objevovat nové melodické sekvence.

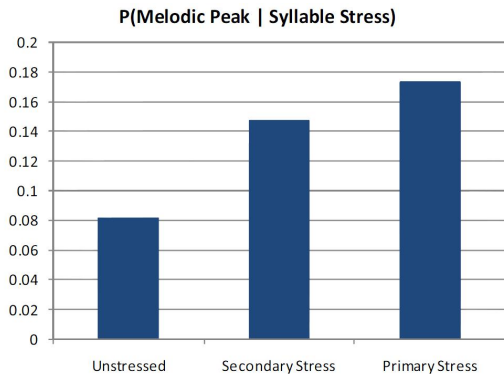
<b>Vstup</b>	<b>Songsmith</b>	<b>S. a BIAB</b>	<b>BIAB</b>	<b>Skladatel</b>
sarah	sarah	sarah	-	-
change	change	-	-	-
pretty	pretty	-	pretty	pretty

# Vztah slov a melodie



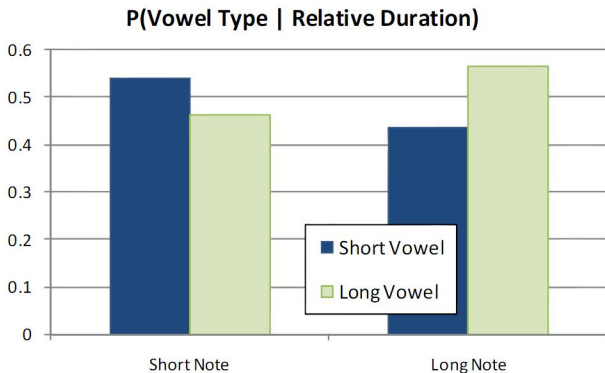
**Obrázek :** Souvislost slovního akcentu s pozicí v taktu.

# Vztah slov a melodie



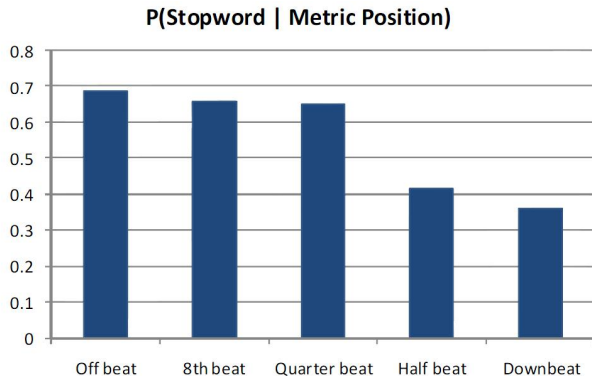
**Obrázek :** Souvislost slovního akcentu s melodickým peakem.

# Vztah slov a melodie



**Obrázek :** Relativní trvání not u krátkých a dlouhých samohlásek.

# Vztah slov a melodie



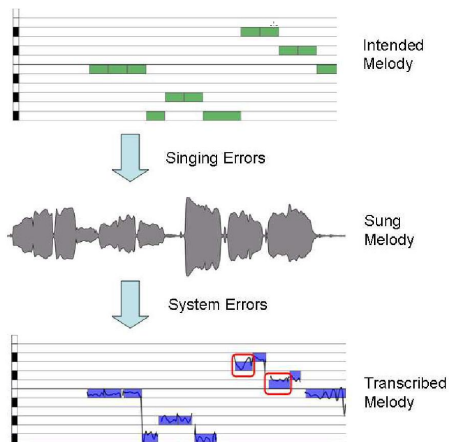
Obrázek : Pozice stopwords (a, an, the, about...) v taktu.

## Vztah slov a melodie - shrnutí

- Korelace slovního akcentu a pozicí v taktu
- Korelace slovního akcentu a melodického peaku
- Korelace slovního akcentu a délkou trvání noty
- Stopwords (a, an, the, about...) jsou často na "nevýznamných" pozicích v taktu
- Stopwords většinou nejsou v melodickém peaku
- Kratší hlásky odpovídají kratším notám a opačně

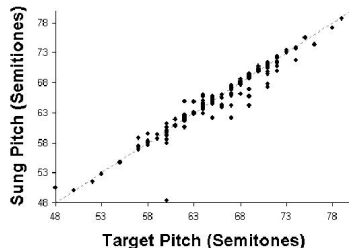
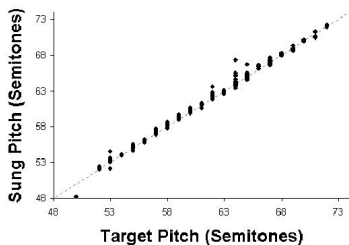
**Významná slova odpovídají významným notám!**

# Požadovaná melodie se liší od skutečně zpívané





# Různé algoritmy pro různé zpěváky?



Obrázek : Dva různě zkušené zpěváci.

## Kterou metodu předpovědi použít?

- $p_i$  zaznamenaný tón
- $y_i$  různá pozorování
- $x_i$  chyby předpovědí
- $w$  váhy, tyto se systém musí naučit

Předpovídaný tón:

$$\text{round} \left[ w^T x_i + \text{median} (p_i) \right].$$

Učení vah  $\Leftrightarrow$  minimalizace výrazu:

$$\sum_i \left[ w^T x_i - (y_i - \text{median} (p_i)) \right]^2 + \frac{1}{2} \lambda w^T w.$$

# Literatura

- **Using Machine Learning to Support Pedagogy in the Arts**  
Dan Morris, Rebecca Fiebrink  
*To appear in Personal and Ubiquitous Computing, 2012*
- **User-Specific Learning for Recognizing a Singer's Intended Pitch**  
Andrew Guillory, Sumit Basu, Dan Morris  
*Proceedings of AAAI 2010, July 2010*
- **Relationships Between Lyrics and Melody in Popular Music**  
Eric Nichols, Dan Morris, Sumit Basu, Chris Raphael  
*Proceedings of ISMIR 2009, October 2009*
- **Data-Driven Exploration of Musical Chord Sequences**  
Eric Nichols, Dan Morris, Sumit Basu  
*Proceedings of Intelligent User Interfaces (IUI) 2009, pp. 227-236.*
- **Exposing Parameters of a Trained Dynamic Model for Interactive Music Creation**  
Dan Morris, Ian Simon, Sumit Basu  
*Proceedings of the 2008 AAAI Conference on Artificial Intelligence*
- **MySong: Automatic Accompaniment Generation for Vocal Melodies**  
Ian Simon, Dan Morris, Sumit Basu  
*Proceedings of ACM CHI 2008*
- **A Brief History of Algorithmic Composition**  
John Maurer  
*online: <https://ccrma.stanford.edu/blackrse/algorithm.html>*

**Děkuji za pozornost!**