



# Modelování a simulace - projekt

T7: CA v oblasti ekologie

## Prostorové modelování odlesňování pomocí celulárních automatů

Simulační studie

Miroslav Bálek - xbalek02

Kristián Dobeš - xdobes22

8. prosince 2023

# 1. Úvod

V této práci se zaměříme na využití celulárního automatu pro modelování a předpovídání procesu odlesňování v okolí oblasti Mladé Boleslavi. V modelu integrujeme mapu prostředí společně s analýzou lidských aktivit a fyzicko-geografických parametrů, které ovlivňují odlesňování. Výsledkem by měly být identifikovány oblasti s vysokým potenciálem budoucího odlesňování.

**Cíl studie:** Jak přesný je tento model ve srovnání s realitou?

Přesnost modelu je ověřena porovnáním s leteckými snímky studované oblasti.

## 1.1 Zdroje faktů

Model celulárního automatu byl převzat ze studie “Prostorové modelování odlesňování pomocí celulárního automatu”[\[2\]](#) z Íránské Shahid Beheshti University. Model byl dále přizpůsoben pro náš projekt.

Letecké snímky Mladé Boleslavi byly převzaty snímkem obrazovky z webu Mapy.cz.[\[3\]](#) Geografické údaje byly čerpány z Wikipedie.[\[5\]](#)

Údaje o příčinách odlesňování byly převzaty ze stránky Zpravodajství evropského parlamentu.

## 2. Fakta

Odlesňování je ničení lesů, aby mohla být půda využita k jiným účelům. Odlesňování a degradace lesů jsou způsobeny především lidskou činností za účelem zemědělství, urbanizace nebo využívání zdrojů dřeva.

**Průmyslové zemědělství:**

Zemědělství je hlavní příčinou odlesňování ve všech regionech s výjimkou Evropy. Hlavním důvodem úbytku lesů je pak jejich přeměna na ornou půdu. V Evropě představuje přeměna na ornou půdu asi 15% podíl na odlesňování, 20 % je způsobeno pastvou hospodářských zvířat.

**Urbanizace:**

Rozvoj měst a infrastruktury, včetně výstavby a rozšiřování silnic, představuje třetí největší příčinu celosvětového odlesňování a tvoří více než 6% podíl na celkovém počtu. V Evropě se jedná o hlavní příčinu odlesňování.

**Nadměrné využívání zdrojů dřeva:**

Mezi další škodlivou aktivitu související s lidskou činností patří nadměrné využívání dřeva, včetně palivového dřeva, a jeho nezákonná nebo neudržitelná těžba.

[\[4\]](#)

### 3. Koncepce

Pro modelování je použito 2D pole o velikosti (200x200 buněk) reprezentující oblast okolí Mladé Boleslavi, kde každá buňka nabývá právě jednoho z následujících stavů:

- F - Les (Forest)
- L - Půda (Land)
- C - Město (City)
- R - Cesta (Road)
- D - Odlesnění (Deforested, nemůže být počátečním stavem)

Jedna buňka pole představuje 14 798.722m<sup>2</sup> (121. 65m × 121. 65m). Automat iteruje po t=1 měsíc. Na konci každé iterace je na základě vypočtené pravděpodobnosti stav zalesněných buněk případně aktualizován na stav "Odlesnění".

Pravděpodobnost odlesnění zalesněné buňky v čase t je pak vypočítána jako:

$$P_{ij} = \frac{1}{1 + e^{-z_{ij}}}$$

Kde z je rovno:

$$z_{ij} = \sum_k (b_k x_{kij}) + c$$

Kde  $x_{kij}$  je množina atributů  $b_k$  je koeficient určující váhu jednotlivých atributů a c je balanční konstanta.

V našem případě je pak  $z_{ij}$  vypočítáno jako:

$$z_{ij} = (h\_d - 1.642 * v\_m - 5.067 * v\_c - 1.983 * v\_ol - n\_v - 2.2)$$

Kde h\_d je hustota odlesnění, v\_m je vzdálenost města v\_c je vzdálenost cesty, v\_ol je vzdálenost okraje lesa, n\_v je nadmořská výška (v km), a 2.2 je balanční konstanta c. Všechny uvedené vzdálenosti jsou v km.

Hustota odlesnění je vypočítána jako:

$$h\_d_{ij} = \frac{\sum n \times n}{n} + 1$$

Kde  $\sum n \times n$  je suma nezalesněných buněk v moorově okolí testované buňky, n je počet buněk v okolí, je aktuální stav testované buňky (1 zalesněná, 0 nezalesněná).

Náš model oproti původnímu zanedbává sklon půdy ačkoliv má v předchozí studii vysoký koeficient reprezentující váhu atributu. Námi modelované území se nachází na relativní rovině, zejména pak oproti pohoří Zagros modelovaného v původní studii.

## 4. Experimenty

Experimentování sloužilo k porovnání výsledku našeho modelu s realitou a následné úpravě balanční konstanty přechodové funkce modelu, aby více odpovídal realitě.

Model vygeneroval lokace s vysokou pravděpodobností odlesňování v následujících 3 letech (36 měsíců), tyto lokace byly porovnávány s leteckými snímky z mapy.cz (snímky 2016-2018 až 2019-2021).

Umístění lokací odlesněných oblastí souhlasilo s realitou, avšak rozloha těchto lokací byla příliš velká. Postupné experimentování vedlo ke snížení balanční konstanty z 2.8 na -2.2. Po této změně je výsledek po 3 letech modelu srovnatelný s realitou.

## 5. Použití implementovaného modelu

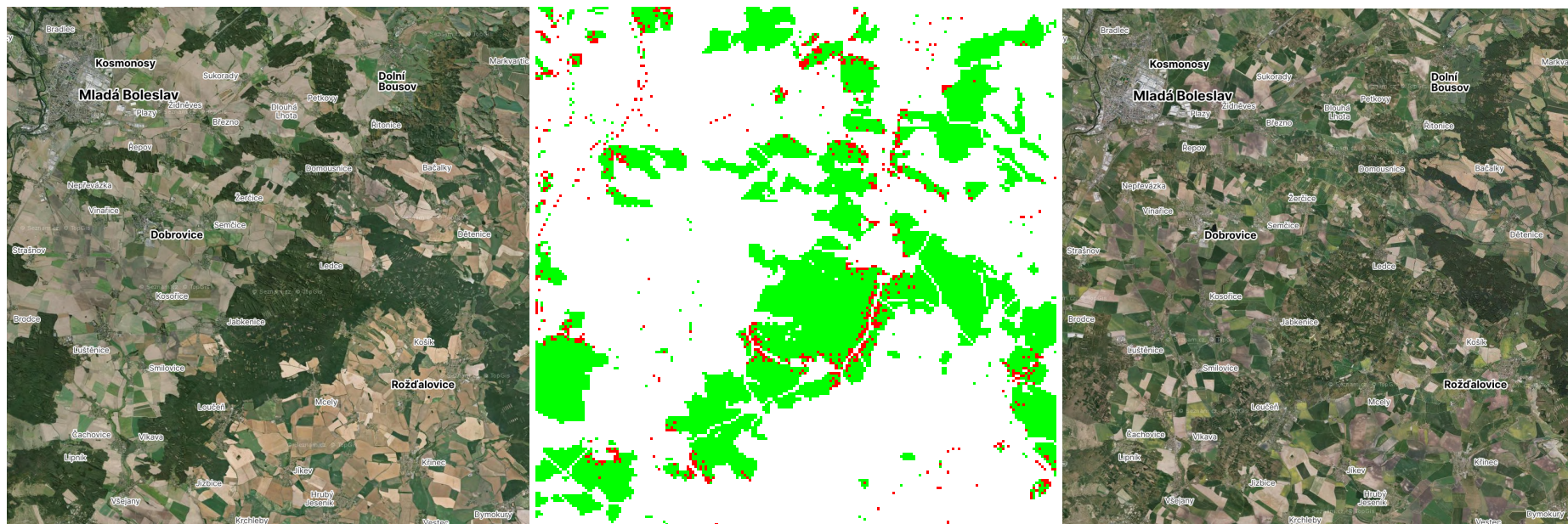
Implementovaný model je před použitím nutné přeložit pomocí příkazu **make**. Po jeho přeložení lze program spustit pomocí volání **make run**. Při tomto spuštění dojde k provedení simulace na dobu 6 měsíců. Pro účely spuštění pro libovolný počet měsíců lze po přeložení použít volání ve tvaru **./ims-ca -t [počet měsíců] > lettermap.txt**. Výstupem programu je pak textový soubor kde každé písmeno reprezentuje jednu buňku a její výsledný stav.

Pro vizualizaci dat je možné použít přiložený soubor **visualise.py**. pomocí volání **python3 visualise.py**.

## 6. Závěr

Pro ověření přesnosti modelu jsme porovnali vizualizovaný výsledek našeho modelu s leteckými snímky viz níže na přiložených demo-příkladech. Z experimentů vyplývá, že model je schopen přesvědčivě odhadnout potencionální oblasti odlesňování.

Porovnání odlesnění z leteckých snímků okolí Mladé Boleslavi s vizualizovaným výstupem modelu:

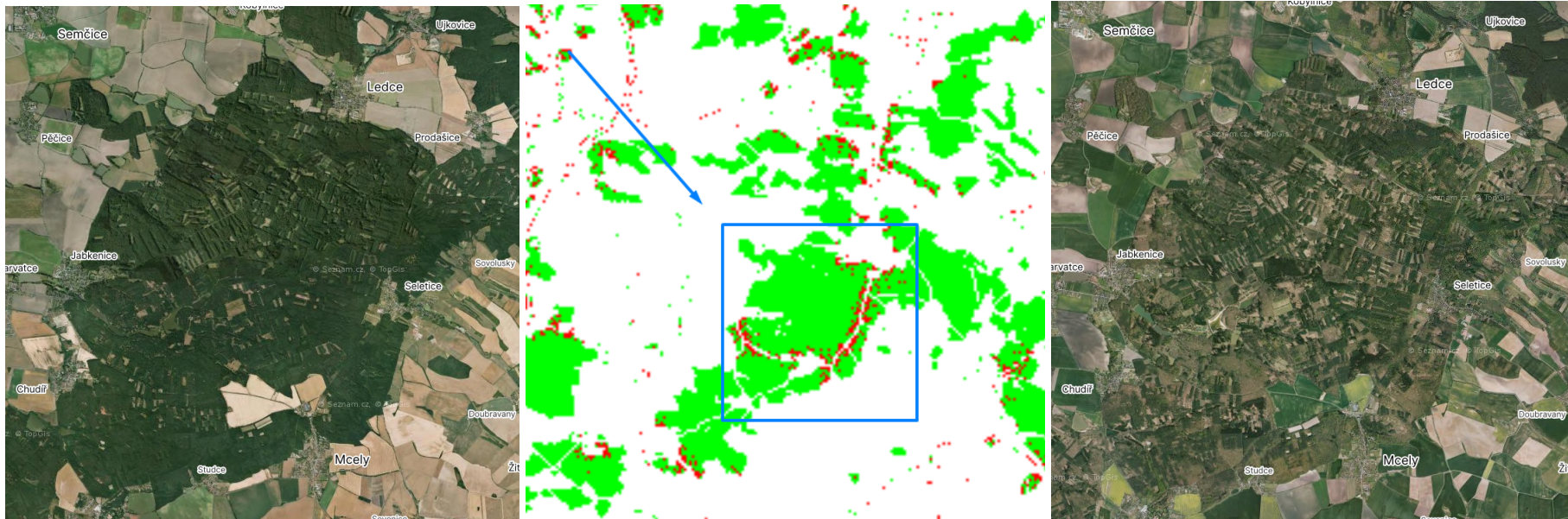


**vlevo:** snímek 2016-2018, **uprostřed:** vizualizace výstupu modelu za 36 měsíců, **vpravo:** snímek 2019-2021

Pozn.: červené oblasti představují lesy zasažené odlesňováním



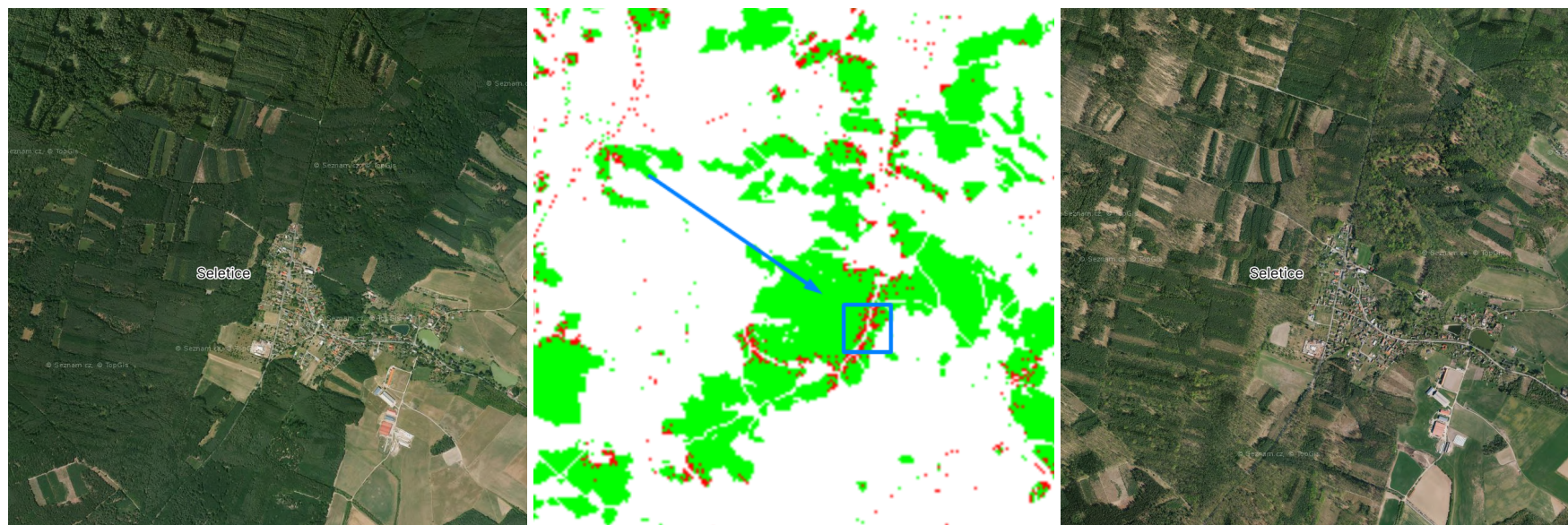
detailnější pohled na oblast Jabkenice:



**vlevo:** snímek oblasti Jabkenice 2016-2018, **uprostřed:** vizualizace výstupu modelu za 36 měsíců (červený čtverec představuje oblast Jabkenice), **vpravo:** snímek oblasti Jabkenice 2019-2021

Pozn.: červené oblasti představují lesy zasažené odlesňováním

více detailní pohled na oblast Seletice:



**vlevo:** snímek oblasti Seletice 2016-2018, **uprostřed:** vizualizace výstupu modelu za 36 měsíců (modrý čtverec představuje oblast Seletice), **vpravo:** snímek oblasti Seletice 2019-2021

Pozn.: červené oblasti představují lesy zasažené odlesňováním

# Zdroje

1. přednášky předmětu Modelování a simulace:  
<https://www.fit.vutbr.cz/study/courses/IMS/public/prednasky/IMS.pdf>
2. Naghdizadegan, M., Behifar, M., and Mirbagheri, B.: SPATIAL DEFORESTATION MODELILNG USING CELLULAR AUTOMATA (CASE STUDY: CENTRAL ZAGROS FORESTS), Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XL-1/W3, 289–293,  
<https://isprs-archives.copernicus.org/articles/XL-1-W3/289/2013/isprsarchives-XL-1-W3-289-2013.pdf>
3. Letecké snímky: [mapy.cz](http://mapy.cz)
4. Zpravodajství evropský parlament:  
<https://www.europarl.europa.eu/news/cs/headlines/society/20221019STO44561/odlesnovani-jake-jsou-jeho-priciny-a-moznosti-reseni-v-eu>
5. Wikipedia: Mladá Boleslav: [https://en.wikipedia.org/wiki/Mlad%C3%A1\\_Boleslav](https://en.wikipedia.org/wiki/Mlad%C3%A1_Boleslav)