VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

Simulačná štúdia do predmetu IMS

4. Uhlíková stopa v zemědělství, lesnictví a spracovatelském průmyslu

Zakládaní lesů a kácení jiných lesů (deštné pralesy).

Produkce palmového tuku.

8. decembra 2019

Adam Kučera (xkucer95)

Július Marko (xmarko17)

# Úvod

Táto práca vznikla ako projekt do predmetu Modelovanie a simulácia. Práca sa zaoberá modelovaním uhlíkovej stopy pri zmene dažďového pralesa na palmovú plantáž, ktorá produkuje palmový olej. Zmyslom práce je demonštrovať správanie systému pri rôznych vstupných parametroch.

## Autori, zdroje

Autori projektu sú Adam Kučera a Július Marko. Pri tvorbe sme využili znalosti získané z predmetu Modelovania a simulácie a informácií dostupných na internete. Pre vytvorenie modelu bolo potrebné zoznámiť sa s problematikou uhlíkovej stopy a vyhľadanie vhodnej štúdie, na ktorej by bol model založený.

## Overenie validity modelu

# Rozbor témy a použitých metód

## Rozbor témy

Základná zložka živých organizmov na Zemi je uhlík. Preto každý ekosystém s jeho faunou a flórou sa dá považovať za skladisko uhlíka. Všetko to začína procesom tzv. primárnej produkcie. Ide o syntézu organických zlúčenín z atmosférického oxidu uhličitého procesom fotosyntézy. Do tohto procesu vstupuje energia slnečného žiarenia, voda a už spomínaný oxid uhličitý. Výstupom je biomasa.

Množstvo uhlíka, ktorý určitá plocha daného ekosystému dokáže premeniť na biomasu sa označuje GPP (gross primary product) a je vyjadrená jednotkou g C Ha-1 rok-1. Z tohto kvanta však v ekosystéme ostáva v dlhodobom horizonte len určitá časť. Prirodzenou cestou sa uhlík uvoľňuje procesom respirácie a to najprv autotrofnou respiráciou (napr. dýchanie stromov). Po tomto procese ostáva v ekosystéme NPP (net primary product). Posledná časť uhlíka sa uvoľňuje zo systému heterotrofnou respiráciou (napr. hnilobný proces). Nakoniec teda v systéme ostáva len tzv. NEP (net ecosystem product), čo vyjadruje reálny tok uhlíka medzi atmosférou a ekosystémom.

Intervenciou človeka sa však toto prúdenie môže radikálne zmeniť. Pri problematike výrubu a transformácie lesa, na ktorú je naša štúdia zameraná, dochádza z krátkodobého hľadiska k vysokým emisiám v závislosti od rôznych parametrov tohto procesu. Napríklad, ak sa vypíli plocha lesa a toto drevo buď zhorí alebo zhnije, prakticky všetok uhlík ktorý sa v ňom ukladal celé desaťročia, sa uvoľní naspäť do atmosféry.

Aspekty našej štúdie sú teda hlavne emisie vyprodukované pri samotnom procese výrubu, ale najmä osud dreva a odlesnenej pôdy. Zamerali sme sa na využitie tejto pôdy v podobe monokultúry olejovej palmy – palmovej plantáže. Táto plantáž je opäť ekosystémom, ktorý by teoreticky po nejakom čase mal absorbovať z atmosféry rovné alebo väčšie, než bolo to ktoré sa uvoľnilo pri procese transformácie. Takýto umelo vytvorený systém sa však v mnohých vlastnostiach líši od jeho prirodzeného ekvivalentu a najmä množstvo biomasy ktorú produkuje je zbierané človekom, je z nej produkovaný palmový olej a uhlík obsiahnutý v ňom sa opäť v závislosti od jeho využitia človekom v určitom časovom horizonte uvoľňuje do atmosféry.

## Použité metódy

Ako jazyk implementácie sme zvolili C++, ktorý nám poskytuje obdobný výkon ako jazyk C, avšak na vyššej úrovni abstrakcie, objektovo orientovaný prístup zjednodušil proces implementácie návrhu. Nepoužili sme žiadne externé knižnice, iba štandardné knižnice jazyka (STL).

# Koncepcia modelu

Modelovali sme diskrétny systém pracujúci v čase. Ako časovú jednotku sme zvolili 1 rok. Rozhodli sme sa tak na základe veličín reálneho sveta, ktoré sme v našom modely zohľadnili. Prakticky ide o najdetailnejšiu časový krok, pre ktorý sa nám podarilo získať dáta.

## Výrub pralesa

Na základe parametrov modelu je každý rok vyrúbané nastavené množstvo hektárov pralesa, až kým nie je dosiahnutý limit, kedy sa výrub zastaví. Každý tento hektár má definované svoje skladisko uhlíku. Toto je rozdelené na 4 kategórie: nadzemná biomasa (kmeň, konáre, listy), podzemná biomasa (korene), mŕtva biomasa a SOC (organický uhlík v pôde). Množstvo uhlíka v jednotlivých kategóriách generuje náhodne pre každý hektár z normálneho rozloženia pravdepodobnosti, ktorého parametre sme získali zo štúdie.

Následne, určitá časť nadzemnej biomasy po odrátaní určitého pomeru odpadu (napr. listy) môže byť priemyselne spracovateľná. Tieto jednotky dreva sa hromadia, kde na základe parametru je pre každú náhodne vygenerovaná dĺžka života, po ktorej je uhlík obsiahnutý v tejto jednotke opäť uvoľnený do atmosféry. Parameter, určujúci rozloženie na základe ktorého je táto životnosť generovaná je hrubý odhad koľko percent dreva sa v prvých desiatich rokoch od výrubu opäť premení na uhlík v atmosfére. Napríklad ak je drevo spálené, použije sa na papier alebo sa nechá zhniť na mieste rúbaniska, patrí do tejto kategórie. Drevo ktoré sa využije napr. na výrobu nábytku sa s vysokou pravdepodobnosťou dožije viac ako desať rokov.

## Palmová plantáž

![A close up of a person

Description automatically generated with low confidence]()Pokiaľ je vyrúbané určité parametrom nastavené množstvo pralesa, táto plocha sa premieňa na plantáž, ktorá začína svoj život, svoj rotačný cyklus. Dĺžka tohoto cyklu je určená parametrom, avšak jeho maximálna modelovateľná hodnota je 25 rokov, pretože sa nám nepodarilo získať dáta pre palmy staršie ako tento vek. Rotačný cyklus plantáže je časový úsek, po ktorom sú palmy vyrúbané a vysadené na novo. Tento proces trvá opäť určitý nenulový čas určený parametrom a závislý od veľkosti plantáže. Plantáž sa skladá z hektárov, ktoré majú tak ako hektáre pralesa svoje skladisko uhlíku. Pri premene pôdy pralesa na pôdu plantáže sa uvoľňujú určité emisie rovné rozdielu SOC. Následne začnú rásť palmy, ktoré zdieľajú vek v rámci plantáže. NPP sa mení s funkciou veku, ktorej vývoj sme aproximovali z dát získaných zo starších štúdií. Palmy staršie ako 3 roky začínajú rodiť a ich produkcia lineárne rastie do 8. roku života, kde sa zastaví na maxime až po 20. rok života, kedy začne mierne klesať. Tento trend sme získali zo štúdie zo štúdie zameranej na produkciu palmového oleja.

funkcia zmeny NPP plantáže v čase

## Architektúra simulačného modelu

# Simulačné experimenty

## Obecný popis

## Experimenty

#### Experiment 1

#### Experiment 2

#### Experiment 3

#### Experiment 4

## Záver plynúci z experimentov

# Zhrnutie a záver