

Systémový charakter modelování možných trendů důsledků klimatických změn nástroji geografických informačních systémů

System Nature of Modelling of Possible Trends in the Effects of Climate Change through the Technology of Geographic Information Systems Tools

Veronika Vlčková¹

¹ Ústav dopravní telematiky / Ústav aplikované informatiky v dopravě,

Fakulta dopravní, České vysoké učení technické

Konviktská 20, 110 00 Praha 1

vlckova@fd.cvut.cz

Abstrakt: Základem příspěvku je aplikace tezí tzv. konstruktivní teorie systémů na model predikce pravděpodobného trendu důsledků globálních klimatických změn na vegetační kryt území ČR. Metodickým východiskem, podrobněji rozvedeném v první části příspěvku, je bývalý Integrovaný informační systém o území ISÚ a jeho subsystém Ekologická banka dat ISÚ. Samotný model predikce, jehož obdobně koncipovaná systémová charakteristika je předmětem druhé části, je realizován v prostředí technologie geografických informačních systémů. Základem systémových vazeb modelu je časoprostorová komparace klimatických podmínek a vlastností vegetačního krytu území. Model byl využit pro analýzu dat vhodnosti pěstování vybraných dřevin.

Klíčová slova: konstruktivní teorie systémů, geografický informační systém, predikční model, systémový model území

Abstract: The basis of the entire contribution is the application of constructive theory of systems theses on a model for the prediction of the probable trend of the consequences of global climate change on vegetation zones on the territory of the Czech Republic. This model is completely designed in the technology of geographic information systems. Methodological basis, which is in detail in the first part of the contribution, is former Integrated Information System about the Territory ISU and its subsystem Ecological Databank of ISU. The prediction model, its similarly framed system characteristics are in the second part of the contribution, is based on the relationships between climatic conditions and vegetation zones. The model has already been used for data analysis on the conditions of cultivation for a selected growing tree species for forestry studies. Currently the results of the application of the model will be published for the conditions of cultivation of selected agricultural commodities.

Keywords: Constructive theory of systems, Geographical Information System, Predictive model, System model of the territory

Zacílení a souvislosti příspěvku

Obsah článku je soustředěn na aplikaci pojmů konkrétní teorie na realizované objekty (viz dále text příspěvku) a je koncipován ve dvou hlavních částech, a to kap. 1., zmiňující aplikovanou teoretickou základnu, a kap. 2. obsahující uplatnění těchto pojmů na historické zdroje vývoje zmiňovaného modelu (mj. vzhledem k časovému rozložení a ryze české podstatě nejsou k dispozici příslušné zahraniční zdroje k další diskusi – v té době byla ČR prakticky jedním z vedoucích účastníků vývoje základů technologie GIS a zahraniční literatura se tehdy této problematice nevěnovala tak soustavně a soustředěně). V druhé části kap. 3. konkretizuje pojmy výchozí teorie na aplikaci predikčního modelu a kap. 4. se věnuje obdobné snaze ohledně okolí modelu. Kap. 5. pak zmiňuje další využitelné pojmy výchozí teorie. Iv této druhé části, věnované zmíněnému predikčnímu modelu, není k diskusi samotná konstrukce modelu či jeho odborná podstata (lesnická ekologie aj.), smyslem je uplatnění a osvětlení pojmů výchozího teoretického aparátu na reálný objekt – model predikce. Diskuse k vývoji modelu a jeho vlastnostem probíhá na příslušné odborné úrovni lesních a krajinných ekologů. Nakonec v kap. 6. je krátce uvedeno shrnutí poznatků z aplikace systémových pojmů a kap. 7. je soupisem použité literatury.

Cílem příspěvku je především snahou propojit teze a pojmy výchozí teorie s konkrétní aplikací, a to mj. i v souvislosti s výukou oborových předmětů na FD ČVUT – systémové inženýrství a systémová strategie dopravy.

1 Úvodní předpoklady konstruktivní teorie systémů – komplexní prostředí modelu

Základem vypracování celého příspěvku je **aplikace tezí tzv. konstruktivní teorie systémů** ve tvaru a myšlenkovém uspořádání podle původní studie Jaroslava Vlčka *Systémové inženýrství* (Vlček, 2002). Nástroje konstruktivní teorie systémů v jím rozvíjeném pojetí umožňují zefektivnit postup (jakékoliv) inženýrské práce, projektování, vedou k optimalizaci inženýrských činností a k úspěšnějšímu udržení smyslu a účelu řešení inženýrských úloh. Nicméně tento příspěvek se zabývá jejich aplikací, nikoliv vysvětlováním. Veškeré zde dále uváděné úvahy a komentáře řešení ovšem vycházejí právě z terminologie a úvah této studie. Pouze pro letmé upozornění na význam pojmů, užívaných dále v příspěvku, uvádím stručně alespoň rozvinutou definici obecného systému (Vlček, 2002) ve tvaru:

$$S = (A/F, R/P, \gamma, \delta, E, M, I, K) \quad (1)$$

kde A/F je **množinou prvků** (částí) systémového modelu s jejich funkcemi;

R/P je **množina vazeb** mezi nimi a jejich parametry;

γ označuje množinu procesů genetického kódu, resp. **druhového chování**;

δ znamená množinu procesů **cílového chování**;

E je symbol **etiky systému**;

M je mohutnost množina všech procesů v/na systému;

I označuje **identitu systému** vůči jeho okolí;

K charakterizuje **kompetence systému** (v dalších pojetích případně kapacitu systému).

Samotným předmětem analýzy systémových charakteristik je **model predikce pravděpodobného trendu důsledků globálních klimatických změn na vegetačních kryt území České republiky**. Tento model (Kopecká, Buček, 1997) vychází z principu, že významné změny klimatických podmínek se projeví v určitém trendu změn vlastností vegetačního krytu území. Vegetační kryt území ČR je zde reprezentován speciální klasifikací vegetační stupňovitosti (Kopecká, Buček, Lacina, 1984).

Model byl již využit v první řadě pro analýzu dat o podmínkách vhodnosti pěstování vybraných dřevin, a to smrku ztepilého a buku lesního. Stávající oblasti a míra jejich vhodnosti byly vytipovány právě na základě geobiocenologické klasifikace území ČR (Buček, Lacina, 1988). Ovšem aplikace modelu mohou být nejrůzněji zaměřené – v současnosti jsou postupně publikovány výsledky studií o podmínkách pěstování vybraných jednotlivých zemědělských komodit apod. (Vlčková, Buček, Machar, 2014)

2 Vlastnosti a podněty prostředí umožňujícího konstrukci systému – vstupní podněty okolí systému

2.1 Integrovaný informační systém o území ISÚ

V 70. až 90. letech 20. století tehdejší TERPLAN, Státní ústav pro územní plánování, provozoval tzv. **Integrovaný informační systém o území – ISÚ** (dále již jen „ISÚ“), který v té době představoval jedinečné (a to i v celosvětovém měřítku) řešení správy (pořizování, ukládání, archivace, zpracování, zpřístupňování, poskytování atd.) územně orientovaných informací (Buček, Vlčková, 2011; Kopecká et al., 1992; Kopecká et al., 1993). V době centrálních výpočetních systémů bez praktické možnosti grafického vstupu/výstupu, či jen ve velmi omezené míře, umožňoval automatizaci práce s prostorovými daty (informacemi, znalostmi) – i včetně modelování prostorově orientovaných jevů a vztahů mezi nimi – jak specialistům územního plánování, tak i dalších oborů.

ISÚ byl koncipován jako mezioborový informační systém, založený především pro potřeby informační obsluhy územně plánovacích procesů na úrovni velkých územních celků, případně celé republiky. Provozován byl v centrálním výpočetním středisku na systému OS/IBM 375 toliko v numerické formě. Zpočátku ISÚ budoval oborově orientované registry sám s cílem převést prostorově orientovaná data na počítač. Podnětem těchto snah byl požadavek především oboru územního plánování, který metodicky propojoval údaje o území z nejrůznějších oborů, a spolupracoval s nejrůznějšími odbornými institucemi (ČHMÚ, Geofond, Silniční databanka i Český statistický úřad aj.). V letech těsně před listopadem 1989 již nastoupila jistá úroveň decentralizace zdrojů i uživatelů prostorových informací. Spolupracující odborné instituce začaly svoje registry a evidence spravovat samy a poskytovat je do databáze ISÚ. Souběžně došlo postupně i k rozšíření práce v grafickém prostředí. Nejvýznamnější okolnosti, které v té době ovlivnily tehdejší technické řešení ISÚ (Buček, Vlčková, 2011; Kopecká et al., 1992; Kopecká et al., 1993), lze shrnout následovně:

- společenské změny, které zcela zásadně změnily způsoby aktualizace informačních systémů po obsahové stránce (zejména decentralizace dostupných datových zdrojů);
- hardwarová a s ní související i softwarová obměna (nástup technologií firem ESRI, Intergraph aj.);
- datový fond ISÚ, ač založen na jednotných a zdánlivě jednoduchých pravidlech, byl z pohledu informačních technologií hluboce diverzifikován ve všech myslitelných rozměrech datových bází;
- s postupným nárůstem technických parametrů osobních počítačů a pracovních stanic rostl podíl převodu původní „mainframové“ datové báze a jejích odvozenin do tohoto nového prostředí, to však tehdy – ke škodě věci – znamenalo velmi výrazné objemové i rychlostní omezení práce s prostorovými údaji vůči dosavadním možnostem sálových počítačů (to je ovšem dnes již zcela nesouměřitelné).

ISÚ tak byl vzhledem ke své principiální různorodosti (obsahu, způsobu vyjádření a popisu jednotlivých územních jevů, elementární úrovně podrobnosti svého datového obsahu) veden

jako komplex jednotlivých tematických registrů, který byl každý reprezentován několika základními kmenovými soubory dat, propojené speciálními řídicími registry. Význam konceptu ISÚ a jeho efektivnost v kontextu tehdejších podmínek práce s výpočetní technikou a s prostorově orientovanými daty byl zhruba v polovině 90. let podpořen mj. i následníkem v podobě Městského informačního systému, organizovaného na principech ISÚ (ovšemže na podrobnější rozlišovací úrovni), který provozovalo hlavní město Praha ve svém Institutu městské informatiky.

Vlastní **architektura datové báze ISÚ** – ve smyslu výchozí konstruktivní teorie systémů základní **struktura systému s prvky a s jejich funkcemi, vazby mezi nimi se svými parametry** – byla vázána důslednými pravidly (Buček, Vlčková, 2011; Kopecká et al., 1992; Kopecká et al., 1993):

- dodržovat přísně a bezpodmínečně atomární tvar ukládaných dat – *vstup do systému z jeho okolí*;
- souborová organizace kmenového uložení originálních tematických dat (i vzhledem k různé časové platnosti, různé úrovni sledovaných územních prvků aj.) – *dekompoziční nástroje systému*;
- „kmenová“ data registrů, pracovní a odvozené soubory, archivní verze dat – *prvky systému*;
- důsledné kódování, legendy, číselníky, převodníky – *vazby v systému*;
- vnitřní hierarchie: metainformační registr, základní identifikační (řídicí) soubory, tematické soubory podčleněné vzhledem k typu popisovaných územních prvků (agregace dat za základní sídelní jednotky nebo za katastrální území; data za objektové prvky – bodové, liniové, plošné), souřadnicový fond – *kompetence, identita systému*.

Základ **koncepce a realizace ISÚ** – **druhé chování systému** – tak zahrnoval jednotlivé následující body (Buček, Vlčková, 2011; Kopecká et al., 1992; Kopecká et al., 1993):

- informační podpora územně plánovacích činností;
- integrace, agregace, srovnatelnost různorodých územně orientovaných informací na společném základě soustavy jednotek prostorového členění ČR i souřadnicové lokalizace.

Požadované **cílové chování**, tehdy **očekávanou funkci** celého systému lze shrnout jako (Buček, Vlčková, 2011; Kopecká et al., 1992; Kopecká et al., 1993):

- poskytování informací o území a o jevech v něm;
- vlastní programové aplikace: data – informace – znalosti o území, modelování, tvorba odvozených = tranzitivních informací (znalosti: efekt ze sjednocení informací; tranzitivní informace: výsledek implikace IF – THEN);
- grafická prezentace informací, odvozená grafická informace („paralelní komunikace“ grafického vyjadřování kombinovaných skupin informací – kartogramy, kartodiagramy);
- pořizování a údržba speciálních dat: soubor demografických údajů, Ekologická banka dat ISÚ – EBD ISÚ, oficiální gesce za číselníky a zdrojové registry územních a sídelních jednotek či katastrálních území s jejich definičními body a souřadnicemi obrysů hranic;
- základní metodické principy použití územně orientovaných informací (tzn. atomární uložení, jednotná prostorová identifikace, časová platnost);
- zpracování mapových podkladů, metodická podpora a konzultace pro ostatní IS;

- zajištění zprostředkujícího článku: výměny informací mezi jednotlivými úrovněmi informačních systémů (národní, regionální, lokální).

Vazby ISÚ na ostatní – informatické – okolí (spojené se systémovými pojmy mj. též *identity a etiky systému*) byly dány (Buček, Vlčková, 2011; Kopecká et al., 1992; Kopecká et al., 1993):

- jednak horizontálně v rovině hierarchicky odpovídajících oborových i jiných průřezových IS na stejné úrovni podrobnosti a územního rozsahu sledovaných údajů a obsluhovaných rozhodovacích procesů;
- jednak vertikálně ve smyslu rozlišování obsluhované úrovně podrobnosti územních jevů a používaných soustav popisovaných prvků území;
- posléze i ve třetím rozměru v souvislosti s vlastním rozvojem ISÚ v celém časovém období (časové verze registrů a periody jejich aktualizace).

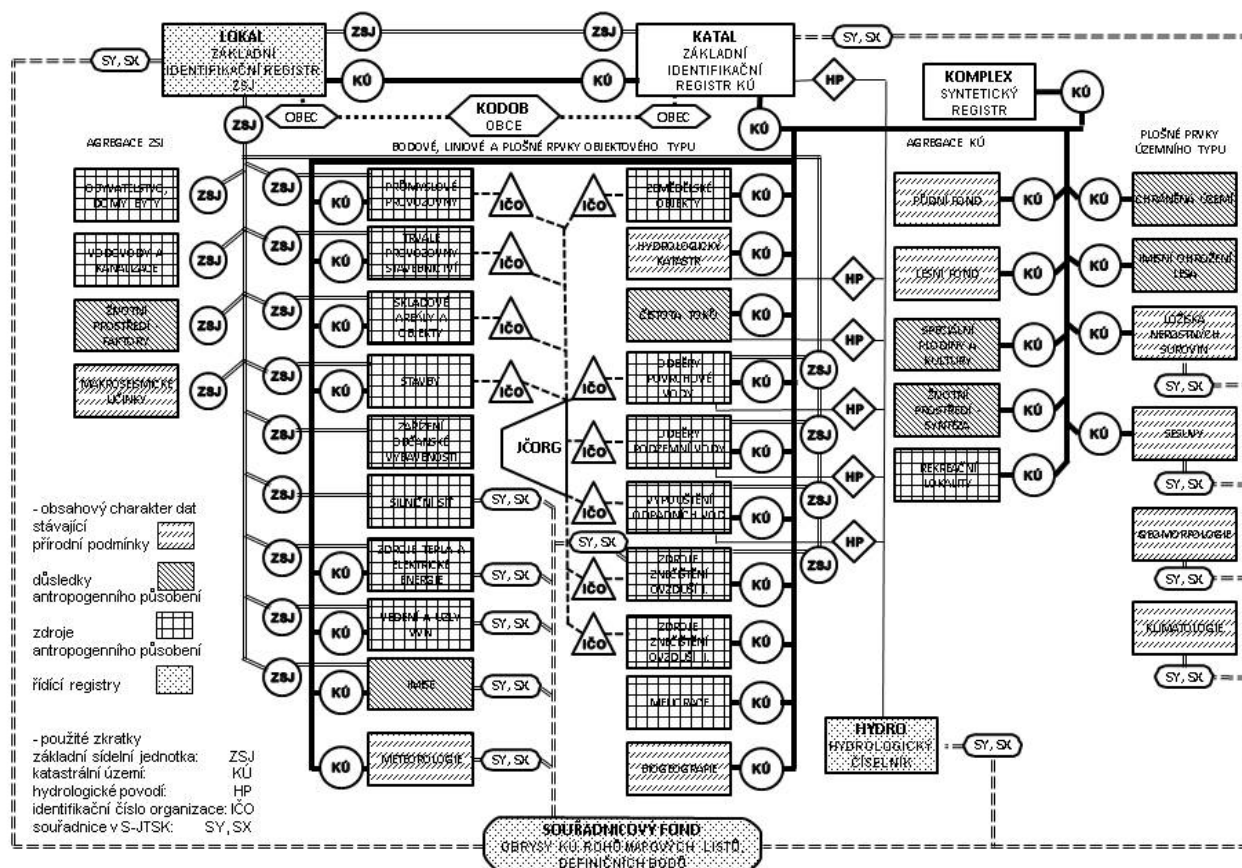
2.2 Ekologická banka dat ISÚ

Samotná **Ekologická banka dat ISÚ** (dále jen „EBD ISÚ“) vznikla v rámci prací na informačním okruhu EKOPROGRAMu v letech 1981 – 1985 jako logická metastruktura ISÚ (základní *systémová struktura* tedy pracovala se *strukturou celého ISÚ*). Byla zaměřená na zabezpečování informací a jejich zpracování pro potřeby ekologie a hodnocení kvality životního prostředí. Její funkce (tedy upravené *druhové i cílové chování*) byla vymezena (Buček, Vlčková, 2011):

- předmětem obsluhy – *cílovým chováním*: oblast ekologických informací a údajů o životním prostředí;
- způsobem obsluhy – *druhovým chováním*: vybrané metodiky hodnocení stavu území vzhledem k určujícím veličinám ekologie a životního prostředí;
- definicí vnějších systémových vazeb – *identitou či etikou*: interakce s ostatními podobnými (komunikujícími) systémy.

EBD ISÚ cíleně propojovala údaje z „běžných“ registrů ISÚ za účelem získání informací a znalostí o stavu životního prostředí a ekologické rovnováhy či stability na území ČR i podněcovala k zakládání nových speciálních registrů dat. Víceméně tak sloužila jako předchůdce později řešeného **Jednotného informačního systému o životním prostředí JISŽP**, zřízeného již s ohledem na dobu nově vzniklým Ministerstvem životního prostředí ČR a spravovaného tehdejším Českým ekologickým ústavem.

Datová báze ISÚ (83) a datová báze EBD ISÚ (85) – obsah a integrační vazby



Obr. 1. Datová báze ISÚ a EBD ISÚ. Ekologická banka dat ISÚ, situační zpráva za rok 1987 – úkol č. 37 220 (Kopecká, 1987, s. 3).

2.3 Národní klimatický program ČR

Se současným stavem této instituce se lze seznámit na internetové adrese <http://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/nkp/hist.html>, kde se uvádí: „Světový klimatický program byl ustaven v roce 1979. Národní klimatické programy začaly vznikat postupně z iniciativy meteorologických služeb jednotlivých zemí za podpory WMO. V Československu bylo několik pokusů ustavit NKP neúspěšných, poněvadž před rokem 1989 se nenašel žádný centrální orgán, který by byl ochoten program garantovat. V roce 1990 bylo zřízení NKP navrženo společně řediteli Českého a Slovenského hydrometeorologického ústavu Federálnímu výboru pro životní prostředí. FVŽP souhlasil se zřízením programu a schválil vyhlášení čs. účasti v NKP na 2. světové klimatické konferenci v Ženevě. ... NKP byl v letech 1991–1992 financován z Programu péče o životní prostředí, a to cestou Českého hydrometeorologického ústavu. V listopadu 1992 bylo založeno sdružení právnických osob, jehož zakládajícími členy se stalo 12 organizací zabývajících se v ČR problematikou klimatického systému a jeho ochrany. Byly to ústavy Akademie věd České republiky, katedry vysokých škol a všechny profesionální meteorologické instituce.“

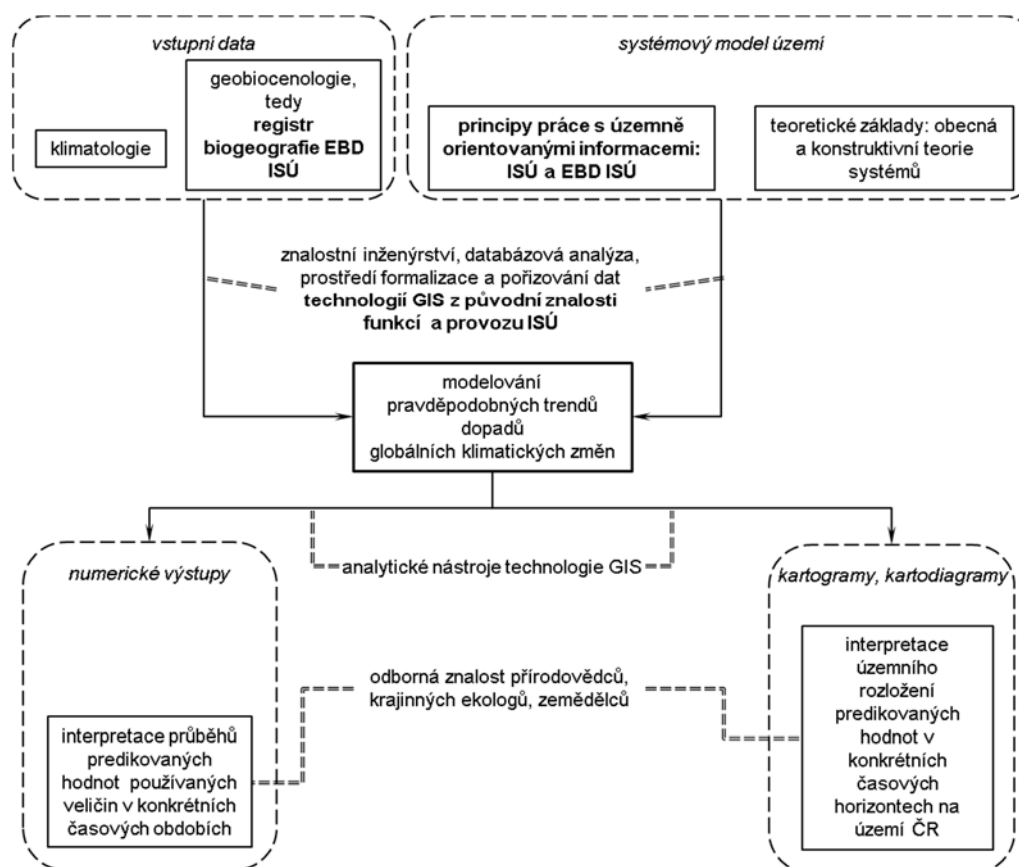
První variantou poskytnutých údajů o klimatu ČR pro model, jímž se dále zabývá tento příspěvek, byly výsledky scénářů klimatických změn, získané právě v rámci tohoto Národního klimatického programu ČR. Tyto scénáře vznikly jako dílčí výstup řešení úkolu „Posun

lesních vegetačních stupňů v České republice s regionálním scénářem klimatické změny“ za rok 1993 (podrobněji dále v 4.1.1.).

3 Systémová koncepce modelu

3.1 „Rich picture“ modelu – struktura zkoumaného objektu

Základní (systémové) schéma modelu je možné ilustrovat následujícím orientovaným grafem (konceptuálním modelem), mj. uvádějícím odkaz na jednotlivé vstupní podněty, zdroje a metodiky ISÚ, potažmo EBD ISÚ (Buček, Vlčková, 2011):



Obr. 1. Schéma modelu trendu pravděpodobných důsledků globálních klimatických změn. Zdroj: Autorka.

3.2 Metodický postup modelování variant – udržení cílového chování zkoumaného objektu

3.2.1 Produkční funkce a řády efektů – charakter identity systému

Podstata teorie produkčních funkcí (Vlček J., 2002) umožňuje pro obecně systémovou úlohu zjištění a přiřazení funkcí k prvkům použít obecný předpis funkčního vztahu:

$$Sa_i := f(x) \rightarrow y, \text{ (v jiném tvaru např. } \forall a_i \in A \exists y_j = f_j(x_1 \dots x_n), f_j \in F \text{)} \quad (2)$$

kde $a_i \in A$ množiny částí (prvků) celku (modelu) pro $i=1, 2, \dots, n$ celkového počtu částí celku;

f je tvar funkce, schopnosti jednotlivého prvku;

x jsou argumenty funkce, resp. vstupy do schopnosti prvku;

y je hodnota výsledků schopnosti prvku.

Ve smyslu *rozvinuté definice obecného systému* zřetězení těchto „jednotlivých“ funkcí představují procesy na konkrétním objektu – modelu, resp. jejich množina reprezentuje chování celého systému. Tu je možné v celkovém souhrnu nazvat *produkční funkcí* objektu – v jiné terminologii chováním systému, vedoucím k určitému cíli = produkci, *čili cílovým chováním* systému.

Diskuse hodné je též hledání i míry závislosti chování systému na uspořádání jeho vnitřní struktury, tedy *charakter vnitřní vrstvy identity systému*. V případě analyzovaného modelu je cílovým chováním udržení obsahu a výstupů prací a programových řešení k požadovanému výsledku predikce pravděpodobného trendu důsledků globálních klimatických změn na vegetačních kryt území. Ve smyslu analýzy vnitřní vrstvy identity modelu je konkretizace teoretických pojmů (kompaktnost, kompatibilita, konzistence – Vlček, 2002) naplněna prakticky programátorskou kvalitou provázanosti jednotlivých programových modulů, předáváním zpracovaných datových souborů a vypovídací schopností získaných výstupů.

Z prostředí teorie *řádů efektů* je možné využít jejich specifických nástrojů pro dosahování cílů, měřitelných určitými *kritérii efektu výstupu produkčních funkcí* (Vlček, 2002). Jimi je svým způsobem pospána i míra složitosti samotné produkční funkce (cílového chování) v projekci do „prostorového“ rozměru výsledného efektu (výstupu produkční funkce). Ten je tak ovšem zároveň i charakteristikou *vnější vrstvy identity*, teoreticky sledované v rozměrech frekvence a spolehlivosti komunikace systému s jeho okolím (Vlček, 2002):

- lokální (bod) – v tomto případě by model zůstal neřešitelným;
- úsečka (spolupráce) – původní východisko modelu, vycházející ze součinnosti programátora (na straně EBD ISÚ (Buček, Vlčková, 2011)) a krajinného ekologa – specialisty (na straně geobiocenologické vědy (Buček, Lacina, 1988; Kopecká, Buček, Lacina, 1984));
- přímka (monopol) – postupně se prohlubující model, skládající se ze stále více vnitřních, ovšem stále jednoznačně navazujících kroků;
- plocha (integrace) – propojení modelu, zejména jeho výstupů, do dalších prací a analýz na straně odborné veřejnosti, kdy kromě jiného nastupuje právě otázka míry frekvence a spolehlivosti projevu modelu;
- prostor (expanze) – rozšíření funkčnosti modelu nejen na původní geobiocenologický obor (predikce trendů změn vegetační stupňovitosti), ale i do lesnictví, zemědělství apod.;
- čas (pragmatický prostor) – v tomto řádu efektu nastupují časové varianty modelu – viz dále 4. 2. výstupy modelu;
- sociální rozměr (selektivní prostor) – bylo by jistě možné odbočit z technických věd do společenských zvažovat dopady případně nastalých hodnot výstupů modelu na hospodářství a zaměstnanost obyvatel v Česku (změna podmínek hospodaření v krajině, rekvalifikace pracovníků v souvisejících oborech aj.);
- globální rozměr (udržitelný rozvoj) – diskusi o případných vazbách na problém udržitelného rozvoje obecně nechávám již zcela na expertech tohoto oboru, ovšem návaznost úvah je zcela zřejmá.

3.2.2 Teorie o znalosti – nástin etiky systému

Posledním užitým metodickým nástrojem jsou prvky *teorií o znalosti*, a to členění *typů dat* podle úrovně významu jejich *pragmatické hodnoty* (Vlček, 2002):

vstupní typ	význam	výstupní typ
syntaktický jazykový konstrukt	prosté, nijak neohodnocené zobrazení originálu	údaj, data
údaj, data	funkce zhodnocení vstupních dat uživatelem	informace
údaj, data × informace	funkce kombinace (tranzitivity, odvozování)	znalosti
informace × efekty, výsledky	ohodnocení kvality výsledné znalosti	odpovědnost, zkušenost
informace, znalosti × procesy na systému	míra účelnosti, potřebnosti výsledku	moudrost
informace, znalosti, odpovědnost, moudrost × vnější soustava	odůvodnění výsledku	víra

Tab. 1. Pragmatické typy dat v teorii znalosti. (Vlček, 2002)

V souvislosti s analýzou diskutovaného modelu lze samozřejmě zvažovat základní otázku **etiky systému** (Vlček, 2002): „Jak moc je dobré, že...“, je realizován model s takovou otázkou (pravděpodobné trendy dopadů globálních klimatických změn), že se užívají ty datové zdroje, které se užívají (je vstup dat zvolen správně? jak úplně? apod.); dále i třeba kde se řešitelé nacházejí v té které fázi ve smyslu pragmatické hodnoty dat, čili kdy jde o práci s daty, s informacemi, kdy a zda jsou vytvářeny jaké nové znalosti, s jakou odpovědností jsou formulovány a dále šířeny, přináší nějakou míru moudrosti a nehrozí nebezpečí, že se stanou pouhou (slepou) vírou... ? – všechny tyto úvahy se však nacházejí již na (měkkém) rozhraní technických a společenských věd, a proto je zde záměrně dále nerozebírám.

3.2.3 Aplikace užitých speciálních teorií – obor kompetencí systému

Pro další úvahy ohledně **kompetencí**, schopností, snad i ve smyslu zvláštních **oprávnění** analyzovaného modelu tedy vycházím z průběžných závěrů předcházející diskuse (Vlčková, 2010, Vlčková, 2011a; Vlčková, 2011b):

- aktuální časoprostor existuje v určitém řádu efektu = (životní) prostředí, zájmové území, environment, udržitelnost jeho aktuálních vlastností;
- jedná se o hledání nástroje, umožňujícího v časoprostoru modelování a prognózování produkčních funkcí s ohledem na udržitelný rozvoj;
- budiž tedy užít (na velmi hrubé rozlišovací úrovni) systémový model území v základním tvaru produkční funkce:

$$y = f(x) \quad (3)$$

kde argumenty x – rozpoznané prvky území vybavené příslušnou databází – (geo)data

funkční předpis f – rozpoznané vztahy mezi nimi a jejich parametry, jakož i časové návaznosti událostí a změn stavů, jinak řečeno formulace modelovaných či prognózovaných územních jevů pro strategické rozhodování – (geo)informace

výsledek y – získaná (geo)znalost

Troufale lze tedy provést přepis základního, „nekonkretizovaného“ tvaru produkční funkce systémového modelu území do tvaru:

$$\text{geoznalost} = \text{geoinformační vztah}(\text{geodata}) \quad (4)$$

Z odkazu na 3.1. „Rich picture“ modelu tedy vyplývá, že:

- samotnými **geodaty** jsou argumenty \underline{x} :
 - údaje o klimatu
 - data registru biogeografie aj. z EBD ISÚ
- **geoinformacemi** tedy lze rozumět postup jejich zpracování ve smyslu:

$$y = f(\text{údaje o klimatu; registr biogeografie a další součásti EBD ISÚ,} \\ \text{další zemědělské apod. charakteristiky katastrálních území}) \quad (5)$$

- čili přiřazení klimatických charakteristik v jednotlivých časových horizontech k samotným katastrálním územím, doprovázeným zmíněnými ekologickými charakteristikami, a určení jejich reálné vzájemné závislosti ve výchozím časovém horizontu
- **geoznalostí** se stává výstup příslušné produkční funkce v řádu v nejvyšším řádu efektu:

$$\underline{y} = \underline{\text{závislost mezi hodnotami klimatických veličin}} \\ \underline{\text{a geobiocenologických charakteristik}} \quad (6)$$

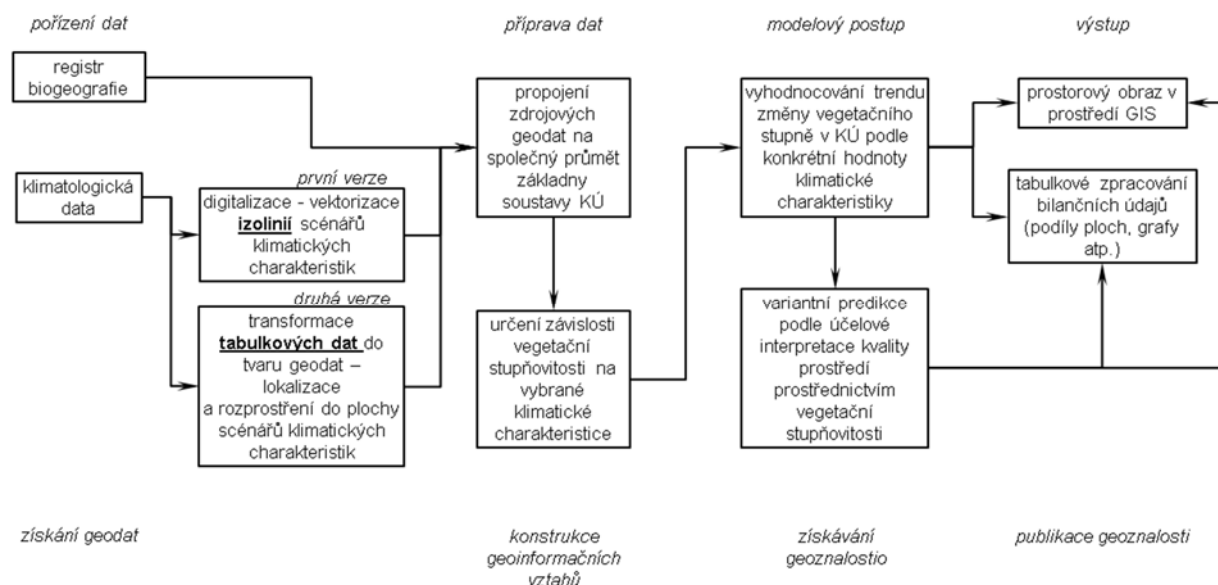
(údaje o klimatu; geobiocenologické, zemědělské aj. charakteristiky katastrálních území)

- čili výstupní variantní model pravděpodobného trendu posunu vegetační stupňovitosti a hodnot navázaných klasifikací (podmínky pro pěstování dřevin či zemědělských plodin atd. podle použitých geodat ve vstupním argumentu)

3.3 Algoritmizace úlohy – druhové chování zkoumaného objektu

Samotné řešení modelu lze s odvoláním na složky definice obecného systému vnímat jako vždy se opakující, robustní procesy na systémovém modelu – tedy na úrovni **genetického kódu systému**, resp. jeho druhového chování. Tímto druhovým chováním je samotná **algoritmizace zadané úlohy** – model trendu pravděpodobných důsledků globálních klimatických změn – která předkládá možný trend změny konkrétního vegetačního stupně v příslušné jednotce území podle zjištěné funkce závislosti vegetační stupňovitosti na predikované změně hodnoty použité klimatické charakteristiky. Jedním ze vstupních parametrů je samozřejmě i časový horizont použitého scénáře očekávané změny – viz (Buček, Kopecká, 1994; Buček, Kopecká, 1993; Buček, Kopecká, 2001a; Buček, Kopecká, 2001b; Buček, Kopecká, 2004; Buček, Vlčková, 2009g; Buček, Vlčková, 2010; Buček, Vlčková, 2011; Kopecká, Buček, 1997; Kopecká et al., 2013; Vlčková, Buček, Machar, 2014).

Samotný algoritmizační postup programování opakovatelných procesů (a v průběhu doby od prvních variant řešení v r. 1994 až k aktuálním rozpracovaným verzím naposled z r. 2013) znamenal účelově naprogramovat a respektovat k variantnosti datových vstupů a výstupů zautomatizovat specifické procedury, resp. procesy, teoreticky naplňující právě význam druhového chování systému.



Obr. 2. Schéma postupu algoritmizace modelu trendu pravděpodobných důsledků globálních klimatických změn. Zdroj: Autorka.

Krok 1 – **pořízení dat** či **získání geodat**, tedy podmnožina procesů na vstupu do systému, znamená zajistit transformaci získaných tematických dat do tvaru a formátu, zpracovatelného konkrétními nástroji technologie geografických informačních systémů (dále jen „GIS“). V době „numerického GIS“ to znamenalo grafické, ručně pořízené papírové podklady (mapy izoliní) dostat do numerického tvaru, zpracovatelného klasickými databázovými postupy na počítači. V době „moderního GIS“, vybaveného již grafickým rozhraním, to znamenalo paradoxně naopak dostat získaná numerická data z numerického výpočetního modelu do grafického formátu pro software GIS (tematické vrstvy dat). (Barrile, Armocida, Di Capua, 2009; Bravo, Casals, Pascua, 2007)

Základem kroku 2 – **přípravy dat** či **konstrukce geoinformačních vztahů** je přiřazení klimatických charakteristik v jednotlivých časových horizontech k vybraným jednotkám území, a to k definičním bodům katastrálních území. Jako vztahový ukazatel byl použit Langův dešťový faktor (LDF):

$$LDF = \frac{\text{roční úhrn srážek v mm}}{\text{průměrná roční teplota ve } ^\circ\text{C}} \quad (7)$$

Dalším krokem – krok 3 **modelového postupu** či **získání geoznalosti** – je přiřazení průměrné roční teploty, průměrných ročních srážek a hodnoty Langova dešťového faktoru, vázaných na kategorie vegetační stupňovitosti, ke katastrálním územím ČR. Samotný trend posunu vegetační stupňovitosti – posléze vybraných typů území – je poté odvozován metodou časoprostorových analogií právě za užití nalezených funkcí závislosti mezi vegetační stupňovitostí a hodnotami klimatických charakteristik.

Krok 4 **výstup** či **publikace geoznalosti** obsahuje běžné procesy na rozhraní systému a jeho okolí ve smyslu výstupu, tedy prezentaci získaných výsledků podle typu uživatele: kartogramy a kartodiagramy, tabulkové bilance aj. Podle Tab. 1 – Pragmatické typy dat v teorii znalosti (Vlček, 2002) by mohla následovat až tvorba (inženýrské) moudrosti. Pokračováním v řetězu typů informací se lze poté dostat až k vytvoření určitých složek jakési víry, jež si lze v dalším otočce spirály představit jako (geo)data, vstupující do nového procesu hledání (geo)informací pro získávání dalších a dalších (geo)znalostí atd.

4 Popis užitých vstupů a výstupů modelu – komunikace systému s okolím

4.1 Zdroje dat

Zdroji dat (argumenty \underline{x} produkční funkce modelu) pro vytváření (funkční předpis \underline{f} produkční funkce modelu) variant možností dopadu klimatických změn na vegetační kryt České republiky (výstupy \underline{y} produkční funkce modelu) (Vlčková, 2009; Vlčková, 2010; Vlčková, 2011a; Vlčková, 2011b) byly – viz výše – vytipovány jednak údaje o klimatu (měřené hodnoty i predikční modely) od Českého hydrometeorologického ústavu, jednak data tzv. registru biogeografie (Buček, Lacina, 1988; Kopecká, 1983-1994; Kopecká, Buček, Lacina, 1984), který obsahuje specifickou klasifikaci vegetační stupňovitosti, trofických a hydrických řad. Prostřednictvím užitých prostorových jednotek – katastrálních území ČR – je lze posléze propojovat s údaji o zemědělství apod. (zemědělské výrobní oblasti, přírodní stanoviště aj.) s odkazem na někdejší Ekologickou banku dat ISÚ.

4.1.1 Klimatologické podklady

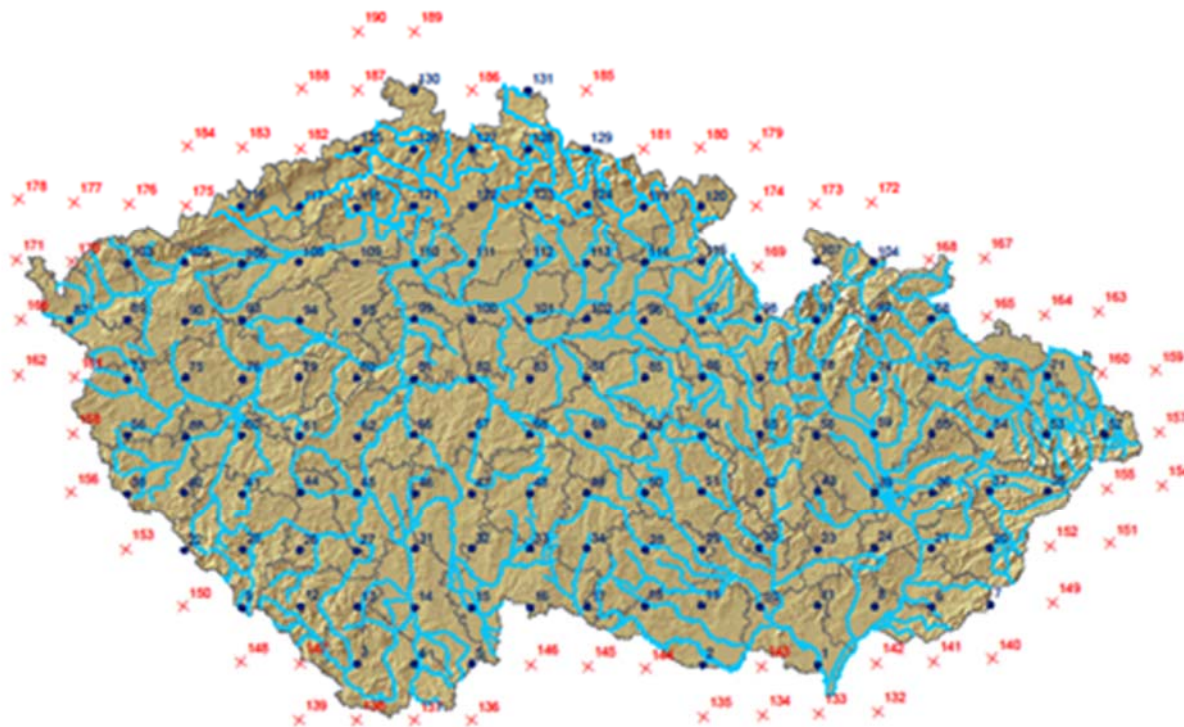
První variantou poskytnutých údajů a klimatu ČR byl regionální scénář klimatické změny na území ČR, zpracovaný v rámci Národního klimatického programu ČR. Výsledkem zpracování regionálního scénáře pro území České republiky byly mapy izolinií průměrných ročních teplot a průměrných ročních srážek na území České republiky v roce 2010 a v roce 2030. Jako výchozí klimatická data byly použity údaje z 33 klimatických stanic na území ČR za období let 1961 až 1990.



Obr. 3. Otisk zdrojového podkladu scénářů klimatických změn – predikce izolinií ročních úhrnů srážek k roku 2030. Zdroj: Autorka.

Druhou variantou byly údaje ze „sítového modelu“ ČHMÚ (Zpřesnění dosavadních odhadů dopadů klimatické změny v sektorech vodního hospodářství, zemědělství a lesnictví a návrhy adaptačních opatření (V) – Závěrečná zpráva o řešení 2007–2011, Projekt VaV – SP/1a6/108/07, ČHMÚ, Praha 2011), z nichž jsou použity údaje o ročních úhrnech srážek,

roční průměrné relativní vlhkosti vzduchu, roční průměr denní sumy globálního záření, roční průměrná teplota vzduchu a roční průměrná rychlost větru. Užitá bodová síť je tvořena 131 body pravidelně rozmístěnými po celém území ČR v podobě lichoběžníkové sítě.



Obr. 4. Otisk pracovního podkladu scénářů klimatických změn – body sítě ČHMÚ, k nimž byly zpracovány předpovědní scénáře hodnot vybraných klimatologických veličin. Zdroj: Autorka.

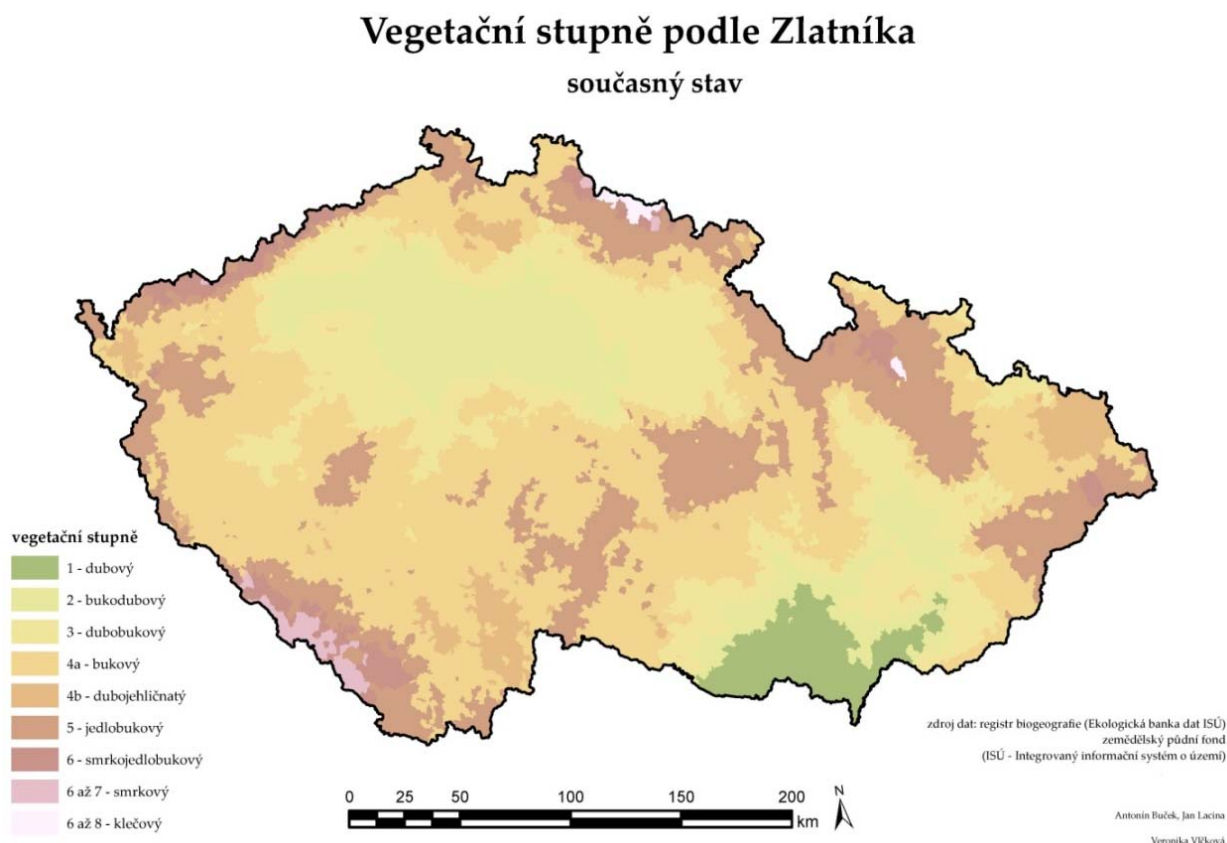
4.1.2 Registr biogeografie EBD ISÚ

Registr biogeografie vznikl původně pro EBD ISÚ (Buček, Lacina, 1988; Kopecká, 1983-1994; Kopecká, Buček, Lacina, 1984) jako specializovaná tematická databáze nad soustavou katastrálních území. Cílem bylo zachytit geobiocenologické charakteristiky území ČR s možností jejich propojování s dalšími údaji EBD ISÚ. Registr biogeografie tak uchovává charakteristiku geobiocenologických vlastností za přibližně 13 000 polygonů beze zbytku pokrývajících území ČR a víceméně vystihujících homogenitu ploch (původní tereziánský katastr poměrně věrně vystihoval tehdejší přirozené hranice př. vodoteče, hranice lesa, výrazné geomorfologické útvary apod.).

Katastrální území bylo vybráno jako poměrně stálá prostorová jednotka registru biogeografie (Buček, Lacina, 1988; Kopecká, 1983-1994; Kopecká, Buček, Lacina, 1984;) především proto, aby bylo možné hodnotit dynamiku změn v krajině s využitím těch periodicky obnovovaných registrů EBD ISÚ, které tehdy charakterizovaly antropické tlaky. Ve všech těchto registrech bylo základní popisovanou jednotkou právě katastrální území – viz Obr. 1 Struktura datové báze ISÚ a EBD ISÚ. Katastrální území jako jednotky členění území pro účely evidence nemovitostí sice dnes již nejsou tak homogenní z hlediska přírodních podmínek tak, jak při jejich prvním ustavení v tereziánském katastru, a mají i velmi různou velikost a rozmanitý tvar. Avšak svojí „univerzálností“ použití při sběru a zpracování dat a informací o území jsou prakticky vzato jedinou možností, jak vzájemně prostorově nesourodé údaje sjednotit na nějakou společnou prostorovou základnu (srovnej se společným

jmenovatelem v aritmetice), a tak umožnit vytváření právě odvozených informací a znalostí o území.

Každé katastrální území je konkrétně charakterizováno údaji nadstavbových jednotek geobiocenologické typizace krajiny ČR podle Zlatníka (Buček, Lacina, 1988). Vegetační stupňovitost vyjadřuje souvislost sledů změn přirozené vegetace se změnami výškového a expozičního klimatu. Změny vegetačních stupňů jsou funkcí gradientu klimatických podmínek pod vlivem nadmořské výšky. Trofické řady vyjadřují rozdíly trvalých ekologických podmínek z hlediska minerální síly a acidity půd. Hydrické řady vyjadřují rozdíly vodního režimu půd.



Obr. 5. Náhled současného stavu rozložení vegetačních stupňů.

Zdroj: Autorka, Antonín Buček, Jan Lacina.

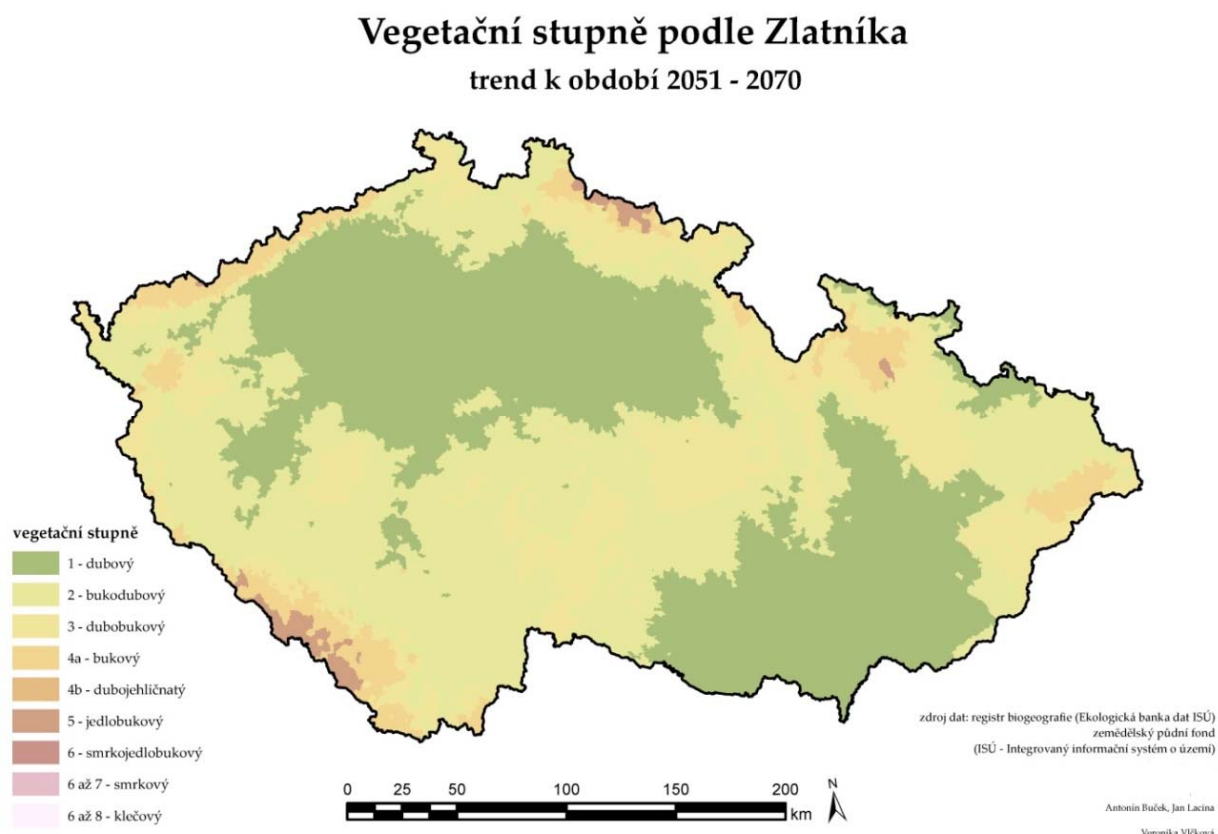
4.2 Výstupy modelu

4.2.1 Úvodní verze modelu

Vedoucí úvahou modelu je časová analogie vztahu klimatických charakteristik a vegetační stupňovitosti. Pro variantní prognózu důsledků možných globálních změn klimatu na území České republiky byl vypracován metodický postup prognózy změn vegetační stupňovitosti s využitím údajů právě registru biogeografie (Buček, Kopecká, 1994), který je založen na prognostické metodě časoprostorových analogií. Jedná se o model statický, neumožňující předpovídat rychlost změn vegetace. Základem je jednak vztah současné vegetační stupňovitosti a disponibilních charakteristik, jednak předpoklad, že uvažované změny klimatických podmínek se projeví i v určitém trendu změn vegetační stupňovitosti.

Pro připojení klimatických veličin byl – viz 3.3. – použit Langův dešťový faktor, kombinující do jedné hodnoty roční průměrný úhrn srážek a roční průměrnou teplotu.

Vymezující vlastností úvodní verze modelu bylo použití izolinií vstupních klimatických charakteristik, promítnutých do soustavy jednotek katastrálních území, reprezentujících základnu registru biogeografie.



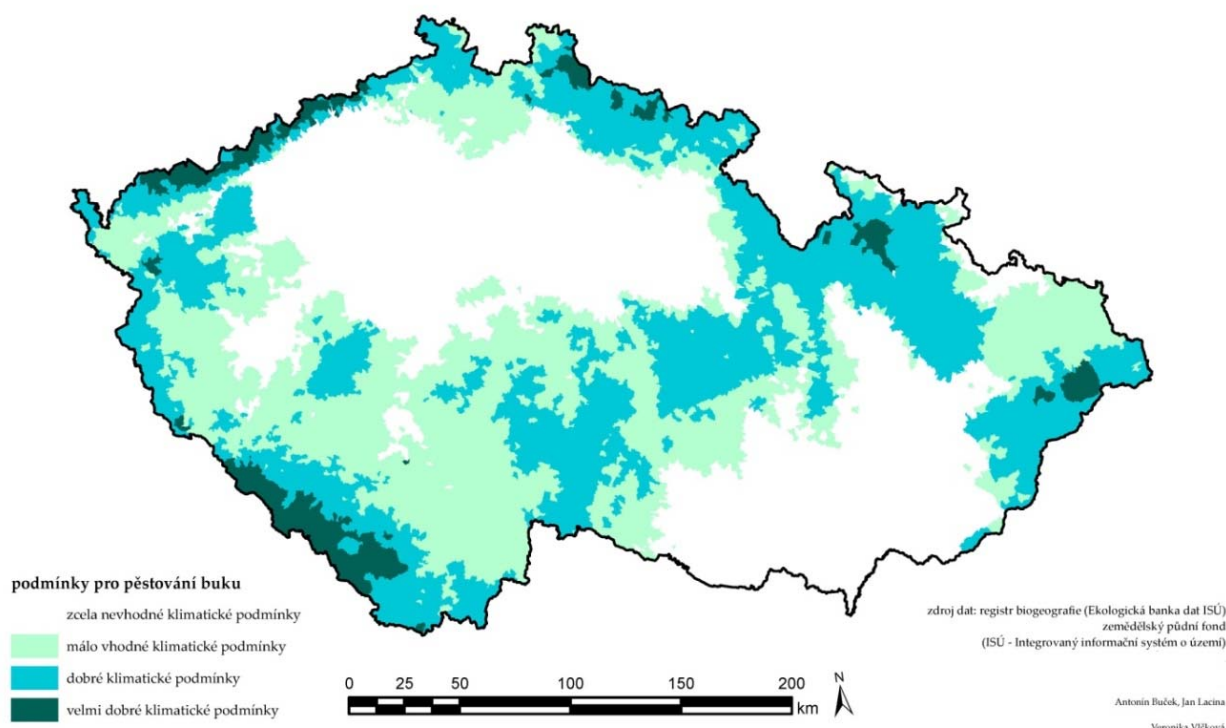
Obr. 6. Náhled predikce stavu rozložení vegetačních stupňů zhruba k období let 2051 – 2070.

Zdroj: Autorka, Antonín Buček, Jan Lacina.

4.2.2 Současná verze modelu

V současné verzi modelu jsou ke katastrálním územím přiřazována data ze „síťového modelu“ ČHMÚ. Tato data, nově modelovaná ČHMÚ v numerické podobě za bodové objekty, bylo nutno z původních 131 bodů pravidelné sítě „rozprostřít“ do území tak, aby bylo též možné je prostorově propojit s plochami katastrálních území, a získat tak vazbu na geobiocenologické či zemědělské charakteristiky, přiřazované ke katastrálním územím. To je provedeno analyticko geometrickou cestou konstrukce podstatně podrobnější sítě bodů v území, do nichž jsou gradientní metodou přepočteny hodnoty klimatických veličin příslušných blízkých sousedících původních 131 bodů modelové sítě dat z ČHMÚ.

Klimatické podmínky pěstování buku lesního (*Fagus sylvatica*) trend k období 2051 - 2070



Obr. 7. Náhled predikce stavu území ČR z hlediska vhodnosti pěstování buku lesního zhruba k období let 2051 – 2070. Zdroj: Autorka, Antonín Buček, Jan Lacina.

5 Záludnosti modelu – měkkost systému

Je nezbytné vnímat, že se jedná o **systémově měkký model**, umožňující charakterizovat především **pravděpodobné trendy** důsledků globálních klimatických změn bez definitivního stanovení konkrétních hodnot v jednotlivých krocích časové osy v predikovaném časovém období. Příčinami jsou především „podrobnost“, vypovídací schopnost vstupních dat a jejich věrohodnost; dále faktory, které – s odvoláním na metodologii měkkých systémů (Checkland, Scholes, 1990) – jsou buď na dané úrovni podrobnosti nerozpoznatelné, nebo neměřitelné, či nejasné ve svém přiřazení do substruktur modelu (Vlček, 2002); a koneckonců i vlastní procesy (programové moduly) modelu též nelze označit za konečným způsobem vyřešené (možná další větvení softwarového řešení, možné cyklické procesy, variantní způsoby propojení údajů o klimatu ke geobiocenologickým charakteristikám apod.).

Potřebnou míru pravdivosti – „tvrdomi“ (jednoznačnou platnost přiřazení predikovaných hodnot ke konkrétním časovým horizontům) by totiž musela obsahovat již vstupní data, která jí však obdařena nejsou – **z ničeho neplyne jednoznačný závěr, že změny hodnot klimatických charakteristik budou probíhat tak rychle (či pomalu), jak napovídá speciální výpočetní model Aladin ČHMÚ aj.** Lze stavět pouze na **jediném pevném, neměnném faktu**, a to na **vztahu nadstavbových jednotek geobiocenologické klasifikace a příslušejících průměrných hodnot klimatologických veličin.**

Mezi (hard) záludnostmi, resp. procedurami, napomáhajícími určité míře „vytvrzení“ modelu patří zmínit závěrem i některé dílčí procesy, provedené pouze jedinkrát na počátku modelování, neopakující se při variantním provozování modelu. Např. úvodní hledání

funkční závislosti mezi klimatickými charakteristikami a nadstavbových jednotek geobiocenologické klasifikace nevycházelo jednoduše z celostátních průměrů, ale postupně z analýzy dat, zúžených na údaje jednotlivých specifických regionů, poté bylo 91 jednotlivých regionální částí složeno do vztahového vzorce za celou ČR, který byl nadále používán jako jeden z konstantních zdrojů (geo)dat.

6 Závěrem aktuální stav aplikací modelu – výstupy do okolí

V první řadě je možné diskusi nad systémovým charakterem modelování trendu důsledků klimatických změn uzavřít mj. i konstatováním, že – svým způsobem paradoxně – **spolehlivost, pravdivost** (resp. tvorbu znalostí, zkušeností atd.) **predikcí a prognóz je nezbytné hledat především v pravdivosti (informačních) vztahů**, „nenapadnutelnost“ samotných vstupních „pouhých dat“ k vytváření věrohodných obrazů budoucích stavů nestačí. Systémový závěr jinými slovy říká, že **jakékoliv modelování je úkolem hledání vztahů**, zatímco užité konkrétní hodnoty proměnných jsou v podstatě jen nástrojem pro vytváření variant.

Celý model byl využit v první řadě pro analýzu dat o podmínkách vhodnosti pro **pěstování dřevin**, a to smrku ztepilého a buku lesního. V tomto případě byly uplatněny obě dvě verze modelu. Tyto výstupy byly současně průběžně publikovány a mj. uplatněny i v Atlase životního prostředí ČR.

V poslední době byl model aplikován na obdobné úlohy již z oboru zemědělství, a to na **cukrovou řepu** (Kopecká et al., 2013), v běhu jsou práce na podobném tématu ohledně **vinné révy**, jejichž výsledky se dokončují k publikaci v dohledné době v příslušných odborných periodikách. Lesnické aplikace jsou též rozpracovány na téma **výmladkových lesů**, ovšem vzhledem ke stavu rozpracovanosti této verze užití modelu se publikace chystá na pozdější dobu po dokončení plánovaných úprav modelu.

Poděkování

Zcela nezbytné je závěrem připomenout samotné „okolí autorky“, bez něhož by tento model a poté tento příspěvek nevznikl a jemuž patří řádné poděkování:

- bývalé Středisko R, oddělení programátorů (dnes informatiků) TERPLANu, Státního ústavu pro územní plánování, odpovědné za vývoj a provoz ISÚ, resp. EBD ISÚ
- RNDr. Alois Kopecký, vedoucí Střediska R v letech 1985 – 1990
- Ing. Igor Michal, CSc., odborný konceptor EBD ISÚ
- Doc. Ing. Antonín Buček, CSc., odborný garant registru biogeografie
- prof. Dr. Ing. Jaroslav Vlček, DrSc., významný český praktik i teoretik především konstruktivní teorie systémů
- prof. Ing. Zdeněk Votruba, CSc., odborný garant systémových věd FD ČVUT
- RNDr. Radim Tolasz, CSc., jeden z autorů použitých prací ČHMÚ
- RNDr. Jan Pretel, CSc., jeden z autorů použitých prací ČHMÚ
- RNDr. Jaroslava Kalvová, CSc., jedna z autorů použitých prací NKP ČR

Seznam použitých zdrojů

- Barrile, V., Armocida, G., Di Capua, F. (2009). GIS application with Artificial Intelligence Algorithms for an Isoseismic Model. In *Proceedings of the 2nd WSEAS International Conference on engineering mechanics*.
- Bravo, J.D., Casals, X.G., Pascua, I.P. (2007). GIS approach to the definition of capacity and generation ceilings of renewable energy technologies. *Energy Policy*, 35(10), 4879–4892.

- Buček, A., Kopecká V. (1994). Využití registru biogeografie ISÚ pro prostorové vyhodnocení trendu změn vegetačních stupňů ČR v důsledku globálních změn klimatu. In *Závěrečná zpráva zakázky č. 94 057*. Praha: TERPLAN a.s.
- Buček, A., Kopecká, V. (1993). Geobiocenologické podklady v informačním systému o území. In *Geobiocenologický výzkum lesů, výsledky a aplikace poznatků*. Brno.
- Buček, A., Kopecká, V. (2001a). Globální klimatické změny a vegetační stupně na území ČR. *Veronica, časopis ochránců přírody*. 15(1).
- Buček, A., Kopecká, V. (2001b). Scénáře důsledků vlivů globálních klimatických změn na přírodu České republiky. In *Tvář naší země – krajina domova*. Praha: Česká komora architektů.
- Buček, A., Kopecká, V. (2004). Možná globální změna klimatu a vegetační stupně. In Polehla, P. (ed) *Hodnocení stavu a vývoje lesních geobiocenóz*. Brno.
- Buček, A., Lacina, J. (1988). *Aplikační systém registru biogeografie*. Praha: Státní ústav pro územní plánování.
- Buček, A., Vlčková, V. (2009a). Možný vliv globálních změn klimatu na pěstování buku lesního (*Fagus sylvatica*) 1990 Mapa 1:2 000 000. *Atlas krajiny České republiky, 7 oddíl, mapa č. 323, s. 320*. Praha: Ministerstvo životního prostředí České republiky a Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví.
- Buček, A., Vlčková, V. (2009b). Možný vliv globálních změn klimatu na pěstování buku lesního (*Fagus sylvatica*) 2030 Mapa 1:2 000 000. *Atlas krajiny České republiky, 7 oddíl, mapa č. 324, s. 320*. Praha: Ministerstvo životního prostředí České republiky a Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví.
- Buček, A., Vlčková, V. (2009c). Možný vliv globálních změn klimatu na pěstování buku lesního (*Picea abies*) 2030 Mapa 1:2 000 000. *Atlas krajiny České republiky, 7 oddíl, mapa č. 326, s. 320*. Praha: Ministerstvo životního prostředí České republiky a Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví.
- Buček, A., Vlčková, V. (2009d). Možný vliv globálních změn klimatu na pěstování smrku ztepilého (*Picea abies*) 1990 Mapa 1:2 000 000. *Atlas krajiny České republiky, 7 oddíl, mapa č. 325, s. 320*. Praha: Ministerstvo životního prostředí České republiky a Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví.
- Buček, A., Vlčková, V. (2009e). Možný vliv globálních změn klimatu na vegetační stupně 1990 Mapa 1:2 000 000. *Atlas krajiny České republiky, 7 oddíl, mapa č. 327, s. 320*. Praha: Ministerstvo životního prostředí České republiky a Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví.
- Buček, A., Vlčková, V. (2009f). Možný vliv globálních změn klimatu na vegetační stupně 2030 Mapa 1:2 000 000. *Atlas krajiny České republiky, 7 oddíl, mapa č. 328, s. 320*. Praha: Ministerstvo životního prostředí České republiky a Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví.
- Buček, A., Vlčková, V. (2009g). Scénář změn vegetační stupňovitosti na území České republiky: deset let poté. *Ochrana přírody*, 64 (8–11).
- Buček, A., Vlčková, V. (2010). Globální klimatická změna a prognóza změn vegetační stupňovitosti na území České republiky. In *International Conference in Landscape Ecology*. Brno.
- Buček, A., Vlčková, V. (2011). Soubor map s prognózou možných důsledků globálních klimatických změn na přírodu České republiky. *Acta Průhoniana*.
- Checkland, P., Scholes, J. (1990). *Soft Systems Methodology in Action*. Toronto: John Wiley & Sons. ISBN 978-0-471-98605-8.
- Kopecká, V. (1983 – 1994). Ekologická banka dat ISÚ. In *Roční situační zprávy pro Integrovaný informační systém o území ISÚ*. Praha: TERPLAN a.s., Státní ústav pro územní plánování.
- Kopecká, V. a kol. (1992). Katalog datové báze ISÚ 1992. Praha: TERPLAN a.s.
- Kopecká, V. a kol. (1993). Sekundární datová báze ISÚ. In *Situační zpráva zakázky č. 93 007*. Praha: TERPLAN a.s.
- Kopecká, V., Buček, A. (1997). Modelování možných důsledků globálních klimatických změn na území České republiky. In *Situační zpráva podúkolů DÚ 01 "Využití GIS a DPZ při výzkumu přírody a krajiny*

chráněných území, ohrožených ekosystémů a neživé přírody za účelem zlepšení péče o toto území". Grant VaV/610/3/96 "Územní souvislosti péče o krajinu". Praha.

Kopecká, V., Buček, A., Lacina, J. (1984). *Zadávací projekt registru biogeografie*. Praha: Státní ústav pro územní plánování.

Kopecká, V., Machar, I., Buček, A., Kopecký, A. (2013). Vliv klimatických změn na možnosti pěstování cukrové řepy. *Listy cukrovarnické a řepařské*, 129(11).

Vlček, J. (1986). *Metody SI*. Praha: SNTL.

Vlček, J. (1992). *Inženýrská informatika*. Praha: ČVUT.

Vlček, J. (2002). *Systémové inženýrství*. Praha: ČVUT.

Vlček, J., Petr, J. (1983). *Analýza a projektování systémů*. Praha: ČVUT.

Vlčková, V. (2009). Co je GIS. *Nepublikovaná přednáška Vlčkova semináře*. Praha: FD ČVUT.

Vlčková, V. (2010). Geoznalost a geoinformační inženýrství. Praha: ARCDATA.

Vlčková, V. (2011a). Geoinformační inženýrství – integrující disciplína systémového inženýrství a (geo)informatiky. *Systémová integrace*, 8(2).

Vlčková, V. (2011b). *Kudy kam geoinformačním inženýrstvím*. Praha: ČVUT, Fakulta dopravní.

Vlčková, V., Buček, A., Machar, I. (2014). Aplikace geobiocenologie v hodnocení vlivů klimatických změn na ekosystémy v krajině. In *Výroční konference GEOBIO 2014 "Změny v současné struktuře a využívání krajiny"*. Praha.