



Lesnická
a dřevařská
fakulta

2014, Brno

Ing. Tomáš Mikita, Ph.D.

Doc.Ing. Martin Klimánek, Ph.D.

Mendelova
univerzita
v Brně



Využití GIS a DPZ pro krajinné inženýrství přednáška č.7

Analýza a podpora rozhodování v GIS,
Analýza časových změn,



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

1. Podpora prostorového rozhodování

- Jeden z hlavních důvodů k používání GIS
- **Jak na základě existujících variant řešení dospět k optimalizovanému rozhodnutí** v definovaném prostorovém problému
- Problém může být jednoduchý (kde je nejbližší restaurace) až po velmi rozsáhlý (s mnoha kritérii), který vyžaduje analytický rozhodovací proces
- K řešení využívá prostorové i neprostorové informace (krajinný pokryv, silniční síť, demografii, zemědělství, klima, ...)

- **Správná interpretace** dostupných informací je velmi závislá na úsudku rozhodovatele. Lidský úsudek je často nespolehlivý, ale zároveň nepostradatelný v situacích vyžadujících intuici.
- **Kvalitu rozhodovacích procesů ovlivňují** stanovené cíle, množství a kvalita informací, míra uplatnění poznatků teorie rozhodování, kvalita projektu řešení, kvalita objektu rozhodování a kvalita řízení rozhodovacího procesu.
- V běžné praxi se navíc vyskytuje velké množství **překážek**, které brání kvalitnímu rozhodování (omezená schopnost zpracování informace, neúplná informace, ...).
- Velkým přínosem prostorových modelů je odpověď na otázky „**co - když**“ ohodnocením hypotetické situace.

DSS + GIS = SDSS

- **DSS: Decision Support System** (Systém pro podporu rozhodování) – jsou prostředky, které umožňují aplikovat analytické a vědecké metody rozhodování
- **GIS:** Geografické informační systémy – komplexní informační systém, který zaznamenává údaje o vlastnostech objektu i jeho poloze a umí s těmito informacemi efektivně pracovat
- **SDSS: Spatial DSS** (Systém pro podporu prostorového rozhodování) - počítačový informační systém na podporu rozhodování v těžko formulovatelných a strukturovatelných problémech a případech, kdy není možné použít plně automatizovaný systém.

Definice SDSS

- SDSS je interaktivní počítačový systém, který byl navržen pro podporu uživatele k dosažení vyšší efektivity rozhodování během řešení z části strukturovaného problému prostorového rozhodování



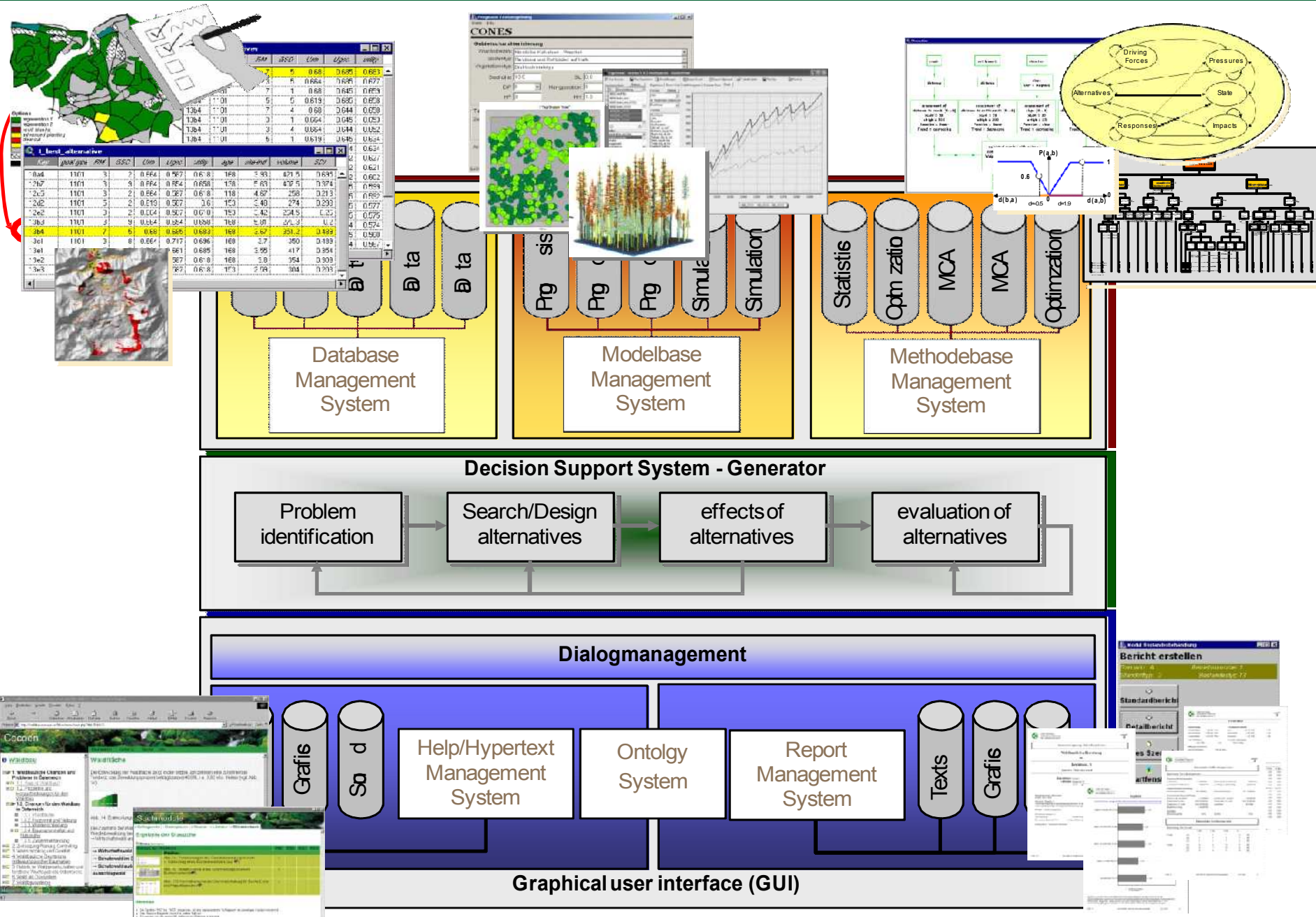
- Strukturovaná rozhodování** - programovatelná a mohou být řešena počítačem
- Nestrukturovaná rozhodování** - řešena pouze člověkem, bez použití počítače
- Většina rozhodování je někde mezi: **částečně strukturovaná**

Definice SDSS (pokračování)

- DSS jsou navrženy, aby řešily neúplné problémy (ill-structured)
- Cílem systému je efektivita rozhodovacího procesu, ta je dosažena propojením počítačového zpracování a úsudků zpracovatele
- Aby byl systém efektivní, musí být snadno ovladatelný
- Pomáhá uživateli prohlížet prostor řešení
- Výsledkem modelu je několik variant

Komponenty SDSS

- **Data Base Management System (DBMS)**
 - Funkce ke správě geodatabáze
 - Typ dat, typ databáze, řízení databází
- **Model Base Management System (MBMS)**
 - Funkce modelování
 - Analýza, statistika a předpovědi, modelování nejistoty
- **Dialog Generation and Management System (DGMS)**
 - Rozhraní mezi uživatelem a systémem
 - Uživatelská přívětivost, variabilita stylů, grafické a tabulkové výstupy



Charakteristika SDSS v GIS

- Velké množství variant rozhodnutí
- Výsledky rozhodovacích variant jsou prostorově variabilní
- Každá varianta je vyhodnocována na základě několika kritérií
- Kritéria mohou být jak kvalitativní tak kvantitativní
- Obvykle je proces rozhodování záležitostí několika zájmových skupin, kde každá má stanoveny jiné preference
- Rozhodnutí v sobě zahrnují i určitou míru nejistoty

Úloha GIS

- GIS:
 - analytický (současný stav, dynamické změny)
 - syntetický (modelování vývojových tendencí)
 - praktický (hledání alternativního řešení pro management)
- Základní oblasti využití GIS v péči o krajinu:
 - mapování
 - hodnocení a následná analýza současného stavu
 - zkoumání vývoje, sledování vlivů a modelování rizik, návrhy opatření pro management a územní plánování...

Aplikace

- Obecně: identifikace oblastí splňujících určité podmínky
- Zjišťování přírodních faktorů (sklon, expozice...)
- Modely predikce (druhová skladba...)
- Modely pravděpodobností požárů, klimatických změn
- Hydrologické modelování

- Prostorové modelování lze doplnit o dynamický prvek – různé časové horizonty – tedy prostorové změny krajiny v čase. Např.:
 - vliv (rekreace...) na krajinu
 - ekologická stabilita
 - retenční schopnost krajiny
 - analýza rozsahu znečištění...

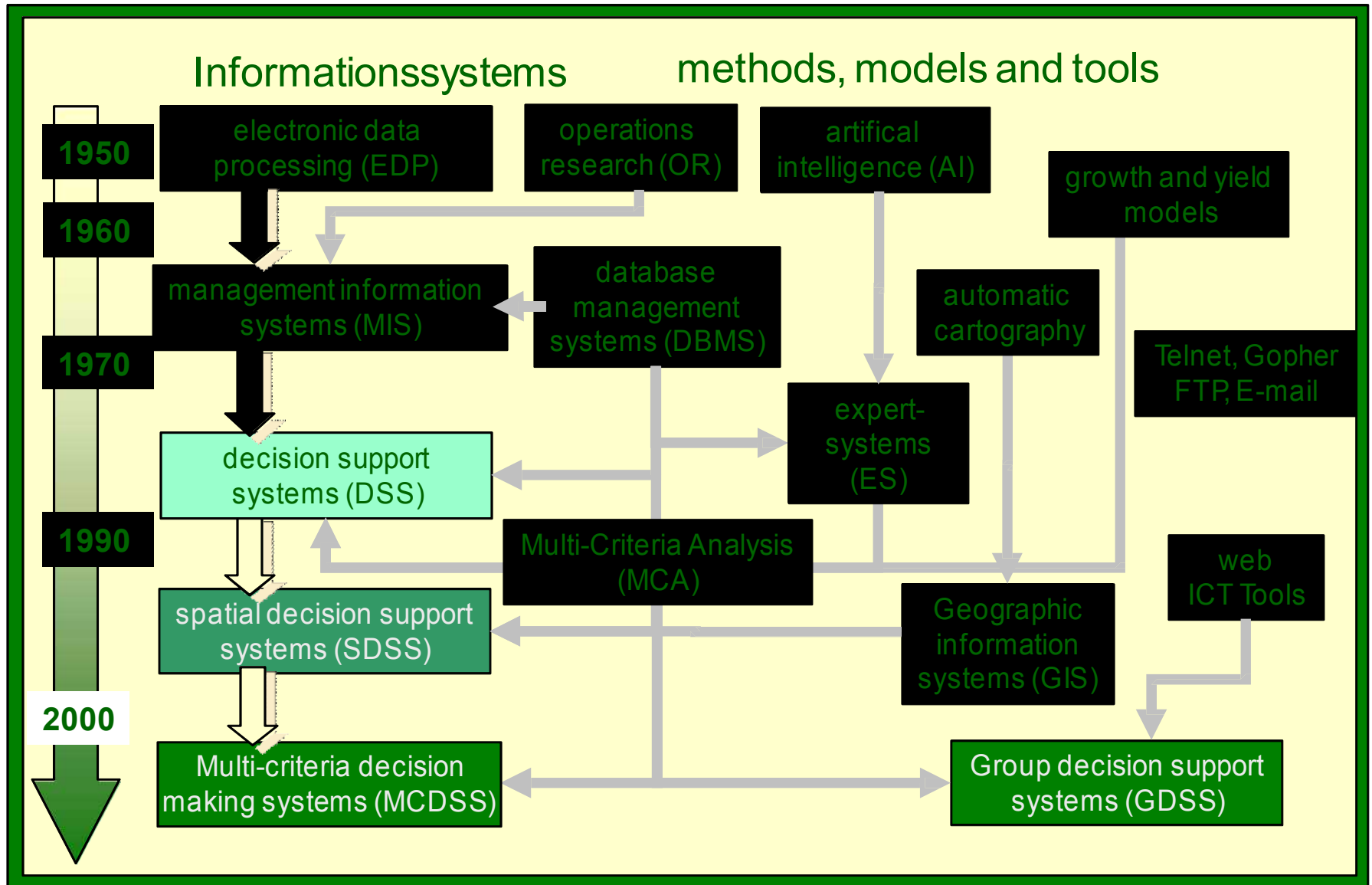
Programové prostředky

- **ESRI produkty** (ArcGIS)
 - **Spatial Analyst & Model Builder**: volitelné rozšíření, nástroje pro prostorové modelování a analýzu, možnost váhových překryvů a analýz
 - **Makro jazyk** (Visual Basic, AML – Arc Macro Language)
- **Systém EMDS** (Ecosystem Management Decision Support)
 - Rozhodovací schéma je založeno na bázi znalostí, která využívá fuzzy logiku, síťovou architekturu a objektový přístup
 - 3 hlavní části:
 - aplikační nadstavba pro integraci EMDS do prostředí ArcView GIS
 - hodnotící systém Assessment (kontrola nastavení a spouštění analýz, editace bází, vyhodnocení)
 - vývojový systém NetWeaver, který je určen na tvorbu poznatkových bází, poskytuje grafické prostředí pro sestavení a hodnocení báze znalostí

Programové prostředky (pokračování)

- **IDRISI**

- **Decision Wizard**
- **Speciální moduly:** GIS Analysis / Decision Support (WEIGHT, MCE, MOLA, STANDARD, MDCHOICE,...)
- **Makro jazyk:** IML - Idrisi Macro Language (ASCII soubor)
- **Macro-Modeler:** grafické modelovací prostředí



Proces rozhodování

1. Definování problému
2. Získání potřebných informací
3. Ohodnocení přístupných variant řešení
4. Výběr optimálního řešení porovnáním hodnocení variant

Terminologie

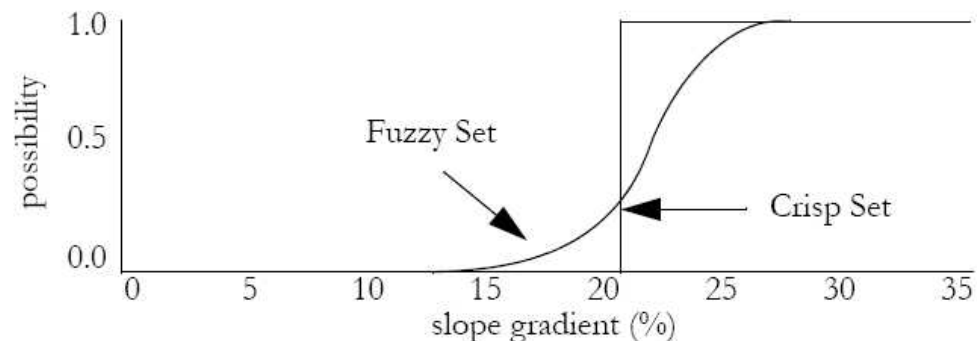
- **Rozhodnutí** (decision) – výběr mezi možnými variantami
- **Rozhodovací rámec** (decision frame) – soubor variant
- **Kandidátní soubor** (candidate set) – objekty, kterých se rozhodování týká
- **Selektovaný soubor** (decision set) – objekty, jimž už byla přisouzena varianta
- **Kritérium** (criterion) – podklad pro rozhodnutí
 - **Zábrany** (constraints) – definice vlastností, které objekt mít musí / nesmí (dichotomická proměnná)
 - **Faktory** (factors) – vlastnosti na základě spojité stupnice

Terminologie (pokračování)

- **Rozhodovací pravidlo** (decision rule) – umožňuje kritéria vybírat a kombinovat a tak dospět k potřebnému rozhodnutí
 - Výběrová funkce – využívá k porovnání alternativ matematické prostředky, funkce poskytuje na výstupu hodnotu
 - Výběrová heuristika – založena na zkušenosti, specifikuje soubor příkazů (proceduru), které se mají realizovat, ne funkci, která se má vyhodnotit
- **Cíl** (aim, objective) – vodítko při volbě kritérií a strukturování rozhodovacích pravidel
- **Rozhodovací riziko** (decision risk) – pravděpodobnost, že přijaté rozhodnutí může být špatné, důsledek nejistoty

Terminologie (pokračování)

- **Databázová nejistota** (database uncertainty) – v určování kritérií rozhodovacího pravidla, většinou chyby z měření, vyjádřena pomocí teorie pravděpodobnosti
- **Nejistota rozhodovacího pravidla** (decision rule uncertainty) – způsob kombinací a vyhodnocování kritérií, parametry modelu
 - **Ostré soubory** (crisp sets) – jednoznačné atributy
 - **Neostré soubory** (fuzzy sets) – definovány funkcemi příslušností

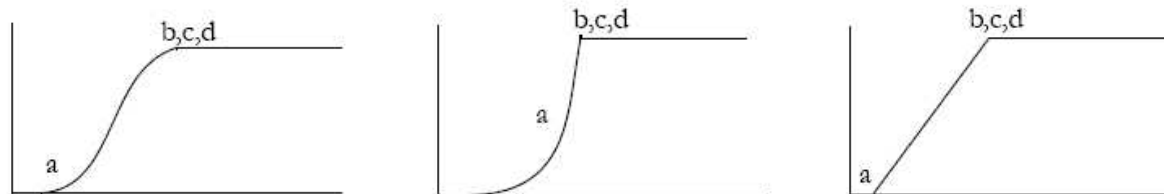


Terminologie (pokračování)

- **Vyhodnocování** (evaluation) – proces aplikace rozhodovacího pravidla
 - **Multikriteriální** (Multi-Criteria Evaluation, **MCE**)
 - **Multidestinální** (Multi-Objective Evaluation)
 - **Komplementární cíle** (nekonfliktní) – vzájemně se nevylučují, objekt může náležet do dvou souborů
 - **Konfliktní cíle** – vzájemně se vylučují

Multikriteriální vyhodnocování (MCE)

- Charakteristika úlohy
 - Stanovení kritérií (zábrany a faktory)
 - Standardizace – převod kritérií do stejného numerického intervalu
 - Převod na spojité měřítko vhodnosti (0–255 / 0–1 / 0-100), transformace probíhá na základě funkcí, které nejlépe popisují daný faktor
 - Subjektivní přiřazení hodnoty diskretním kategoriím
 - Funkce: lineární, sigmoidní, „J“, ... - klesající, rostoucí



MCE: Metody

- **Booleovský průnik** (boolean intersection)
 - Standardizace: redukce faktorů na zábrany (booleovské obrazy)
 - Přijetí jednoznačného rozhodnutí
 - Logické operátory (obvykle AND – minimum)
 - Faktory nelze zaměňovat – vhodnost jednoho nemůže nahradit nevhodnost jiného
 - Nízká míra rizika
 - Výsledný obraz: plochy zcela vhodné a zcela nevhodné

MCE: Metody (pokračování)

- **Vážená lineární kombinace (WLC - Weighted Linear Combination)**
 - Žádná plocha není zcela vhodná nebo nevhodná (fuzzy teorie), toto tvrzení neplatí pro zábrany
 - Zaměnitelnost faktorů – nízká hodnota jednoho může být kompenzována vysokou vhodností jiných faktorů
 - Faktory mají stanoveny své váhy podle relativní významnosti, na základě těchto vah lze faktory zaměňovat
 - Nedochází k extrémnímu odmítání / přijímání rizika

MCE: Metody (pokračování)

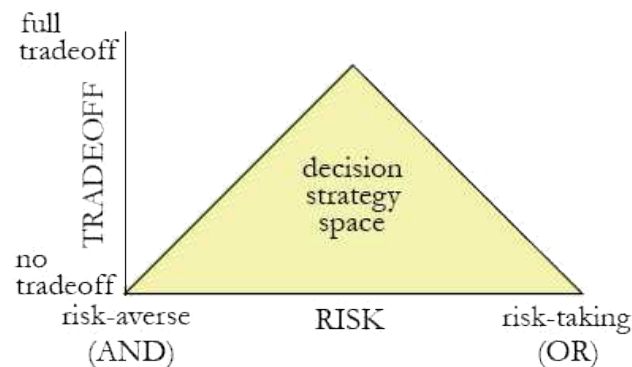
- Vážená lineární kombinace (WLC - pokračování)
 - Vyhodnocení: násobení každého faktoru jeho vahou a následně sloučení všech faktorů. Pokud jsou součástí analýzy zábrany je posledním krokem metody vynásobení dosavadního výsledku těmito zábranami (maskování).
 - Výsledný obraz: agregovaná míra vhodnosti v intervalu 0-255 (0-1 / 0-100)
 - Metoda s plnou zaměnitelností faktorů a průměrnou mírou rizika

MCE: Metody (pokračování)

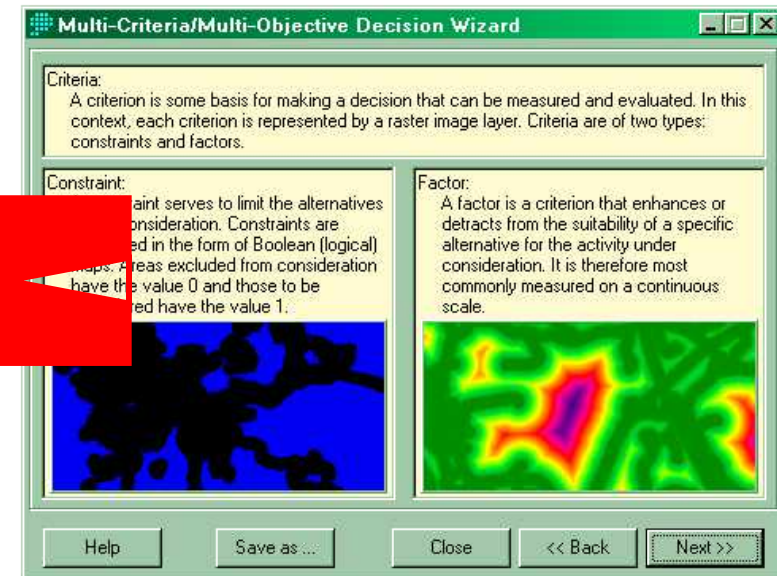
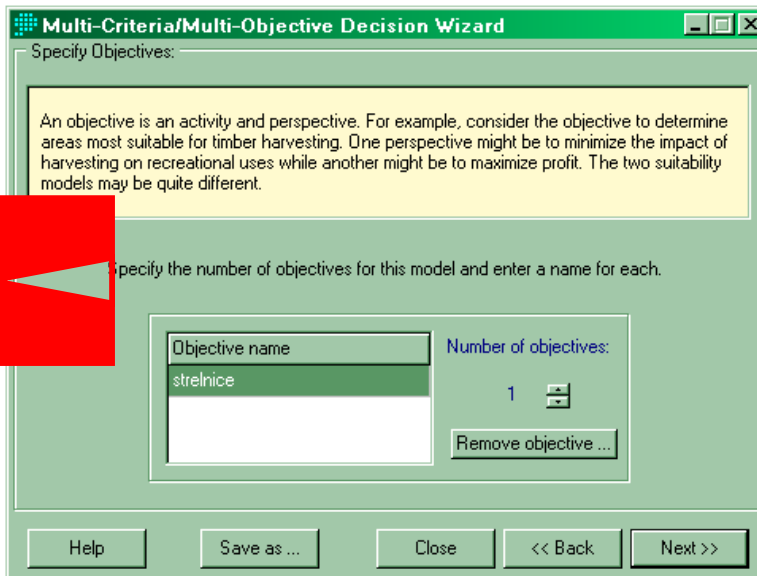
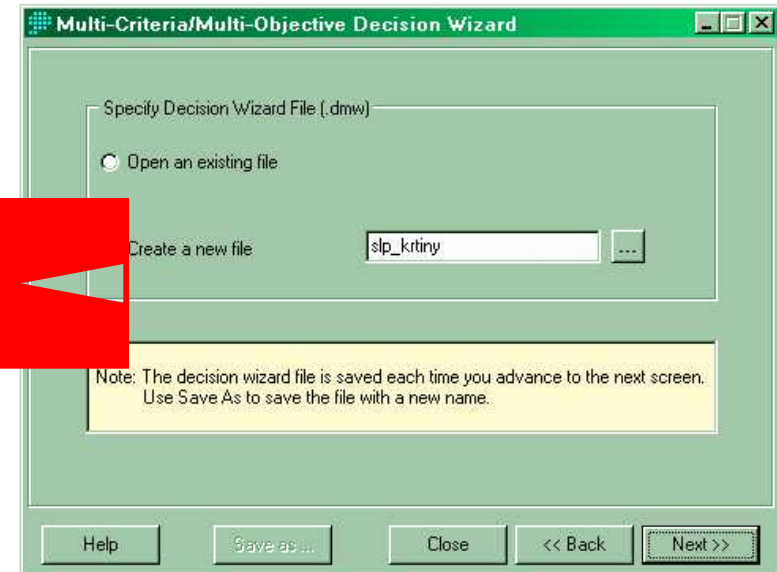
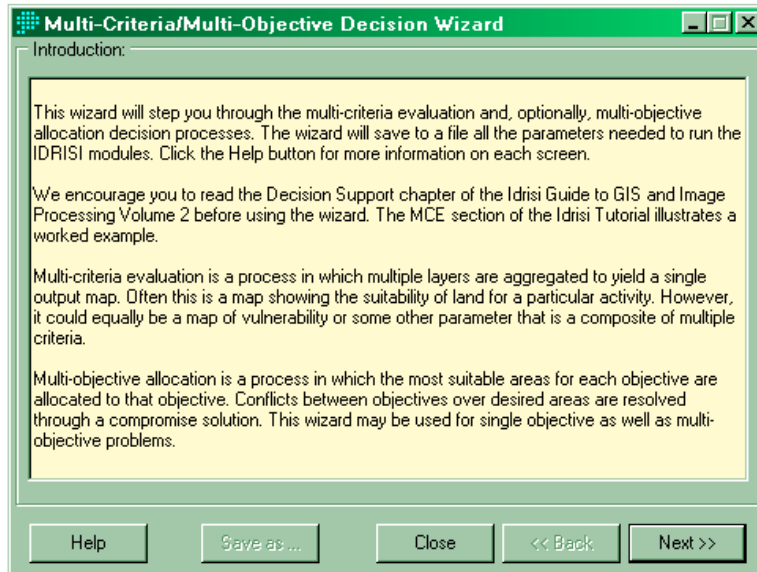
- **Pořadově vážený průměr (OWA - Ordered Weighted Average)**
 - Vážení faktorů je stejné jako u metody WLC, zábrany zůstávají ve tvaru booleovských masek, faktory tvoří spojitě mapy vhodnosti
 - Pořadové váhy – kontrola nad zaměnitelností faktorů a úrovní rizika, po přiřazení faktorových vah se výsledky seřadí pro každé místo od nízké úrovně vhodnosti po vysokou. Faktor s nejnižší úrovní vhodnosti dostane první pořadovou váhu, atd. Vážení faktorů je tak založeno na jejich pořadové hodnotě od minima k maximu.

MCE: Metody (pokračování)

- Pořadově vážený průměr (OWA - pokračování)
 - Všechny typy faktorů nejsou volně zaměnitelné (náklady / ekologie), lze je vážit odděleně a výsledné mapy pak zkombinovat
 - Operace AND neumožňuje záměny faktorů a WLC je z hlediska rizika příliš liberální



Idrisi Decision Wizard - example



Multi-Criteria/Multi-Objective Decision Wizard

Objective 1: strelnice

Create constraint images outside the wizard using IDRISI modules. The specific sequence of steps you use to create each constraint image will depend on your data. However, ASSIGN and RECLASS are often used to create constraint images.

Constraint images areas to exclude must have the value 0 and those to include must have value 1.

Specify the number of constraints to be used for this objective and enter the constraint filenames. If you do not include any constraints, continue to the next screen.

Constraint filename	Number of constraints:
vhodne_plochy	3
voda_50m	
zastavba_500m	

Remove file ...

Help Save as ... Close << Back Next >>

Multi-Criteria/Multi-Objective Decision Wizard

Objective 1: strelnice

Create factor images outside the wizard using IDRISI modules. The specific sequence of steps you use to create each factor image will depend on your data.

Before they are combined, factors must be standardized to a scale of 0-255 where 0 is not suitable and 255 is perfectly suitable. The wizard will facilitate standardization of quantitative factor images using the module FUZZY on the next screen. All other types of standardization will be done outside the wizard and the resulting factor image names entered here.

Specify the number of factors to be used for this objective and enter the input factor names. Select standardization option and enter the output factor file name. The next screen will standardize the factors using FUZZY.

Input factor filename	FUZZY	Output factor filename	Number of factors:
vzd_cesty	Yes	vzd_cesty_fce	4
sklon	Yes	sklon_fce	
vzd_zastavba	Yes	vzd_zastavba_fce	

Remove file ...

Help Save as ... Close << Back Next >>

Multi-Criteria/Multi-Objective Decision Wizard

Objective 1: strelnice

Specify factor standardization:

Factor number: 2

Input factor name: vzd_cesty

Minimum data value: 0.0000

Maximum data value: 822.7110

Factors to standardize with FUZZY:

- vzd_cesty
- sklon
- vzd_zastavba

Membership Function Shape:

Monotonically increasing

Monotonically decreasing

Symmetric

Membership Function Type:

Sigmoidal

J-shaped

Linear

Control points:

c: 0.0000 d: 823.0000

Help Save as ... Close << Back Next >>

Multi-Criteria/Multi-Objective Decision Wizard

Objective 1: strelnice

Factor weights are assigned to specify the relative importance of each factor in determining the aggregate output value.

Choose factor weighting option:

Equal weight

Assign equal weights to all factors.

User-defined weight

Enter relative weights for all factors.

AHP (analytical hierarchy process)

Open the module WEIGHT to use a pairwise comparison approach to derive factor weights.

Help Save as ... Close << Back Next >>

Multi-Criteria/Multi-Objective Decision Wizard

Objective 1: strelnice

Specify factor weights:

Factor name	Factor weight	Number of factors: 4
vhodnost_uzemi	0.5083	
vzd_cesty_fce	0.2653	
sklon_fce	0.1512	
vzd_zastavba_fce	0.0752	

Retrieve AHP weights

Help Save as... Close << Back Next >>

Multi-Criteria/Multi-Objective Decision Wizard

Objective 1: strelnice

Ordered weighted averaging (OWA):

Ordered weighted averaging may also be incorporated into the criteria aggregation process. Order weights are not applied to factor images as a whole. Rather, they are applied pixel by pixel to the order of suitability scores. The effect of order weights is most easily understood in terms of levels of risk and tradeoff. The possibilities describe the triangular decision space depicted here. Choosing No OWA yields the same result as the OWA option at the top of the

No OWA OWA

Help Save as... Close << Back Next >>

Multi-Criteria/Multi-Objective Decision Wizard

Summary of decision rule for objective 1: strelnice

Constraints

Factors and weights

OWA weights

0.5083 - vhodnost_uzemi
0.2653 - vzd_cesty_fce
0.1512 - sklon_fce
0.0752 - vzd_zastavba_fce

Parameters you have entered for this objective will be used to aggregate the criteria into composite image.

Output image: strelnice

Title: MCE result for strelnice

Help Save as... Close << Back Next >>

Multi-Criteria/Multi-Objective Decision Wizard

Objective 1: strelnice

The aggregate multi-criteria result has been created.

If desired, you may now create a boolean image of the highest values that make up a user-defined area.

Select best area for this objective.

Area information:
2431100 Resolution: 4.96 m Total Area: 2431100 Cells

Objective name	Units	Areal requirements
strelnice	Hectares	1.00

Output image: Best Area for strelnice Title:

Help Save as... Close << Back Finish

Multikriteriální vyhodnocování – ukázka výsledků



Booleovský
průnik



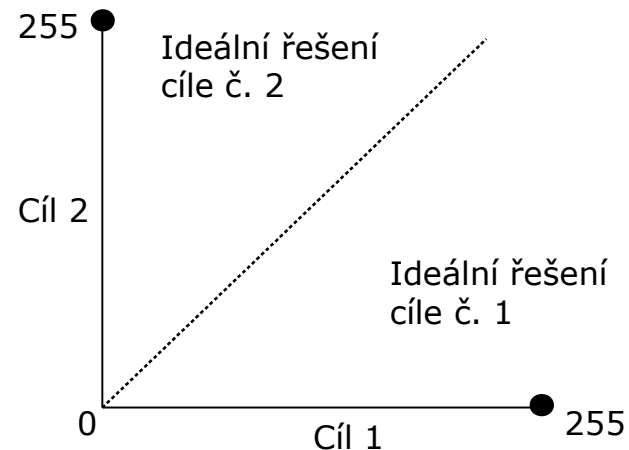
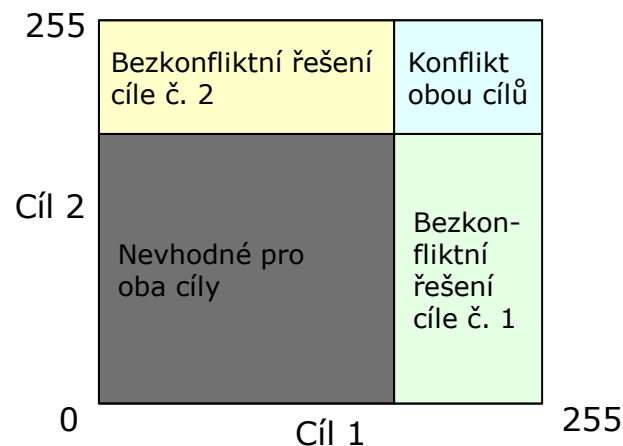
WLC

Kombinace obou výsledků



Multidestinální rozhodování

- Rozhodnutí, které vyhovuje více cílům (např. potenciály lesů)
- Jeden z cílů může být důležitější
- Konfliktní cíle
 - vytvoření map vhodnosti pro každý z cílů
 - Identifikace ploch, které maximalizují vhodnost pro každý cíl pomocí kompromisního řešení



2. Analýza časových změn

- Prostorových ale i jakéhokoliv měření (lékařství, ekonomika, klimatologie, ...)
- Land-use Change
 - Globální trend, např. za poslední tři století činí nárůst zemědělské půdy 12 milionů km²
 - Změny ve využití půdy ovlivňují Zemské klima – Global Climate Change

Modelování

- Využití půdy / krajinný pokryv (Land-Use / Land-Cover) je určeno
 - **místem** a
 - **časem** (biofyzikální faktory: půda, klima, topografie,..)
 - **lidskými faktory** (populace, ekonomika společnosti,..)
- Atributy modelů
 - Měřítko
 - Komplexnost

Měřítko modelu

- Ekologické a sociální procesy probíhají v různých měřítkách
- Časové měřítko modelu
 - **Krok** – nejmenší časová jednotka analýzy určitého procesu
 - **Trvání** – délka aplikace modelu
- Prostorové měřítko modelu
 - **Rozlišení** – nejmenší geografická jednotka (rastr: velikost pixelu, vektor: velikost nejmenšího polygonu)
 - **Rozsah** – celkové geografické území, na které je model aplikován
Krok – co je menší než krok, nebude v modelu zohledněno

Měřítko modelu (pokračování)

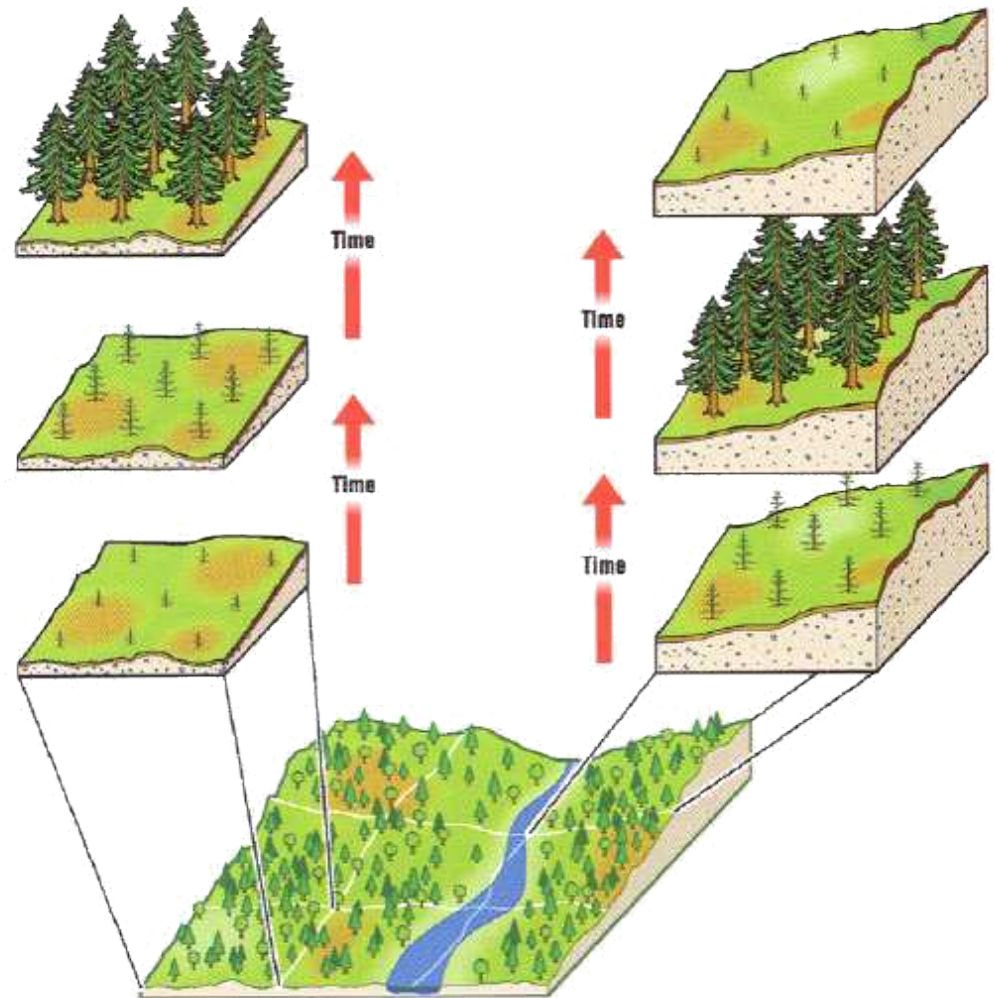
- Lidský faktor
 - **Agent** – ten (ti), kdo dělá rozhodnutí
 - Jeden člověk tvoří nejmenší jednotku
 - Agentem mohou být i komunita, okres, kraj, národ
 - Zahrnuje koncept toho, kdo rozhoduje
 - **Doména** – nejširší sociální organizace
 - Institucionální a geografický kontext, ve kterém se pohybuje agent

Komplexnost modelů

- Časová komplexnost
 - Závislost na lidském rozhodování – časový interval rozhodnutí
- Prostorová komplexnost
 - Vypovídací rozsah modelu
 - Prostorově reprezentativní model – zobrazuje (vytváří) data ve dvou až třech dimenzích (souřadnice x, y, z), ale není schopen modelovat topologické vztahy mezi entitami
 - Prostorově interaktivní model – zahrnuje interakce mezi sousedními jednotkami
- Komplexnost lidského faktoru
 - Velikost lidského zásahu: žádný, přes částečný až po rozsáhlé modely, zahrnující několik agentů, procesů a vzájemných interakcí

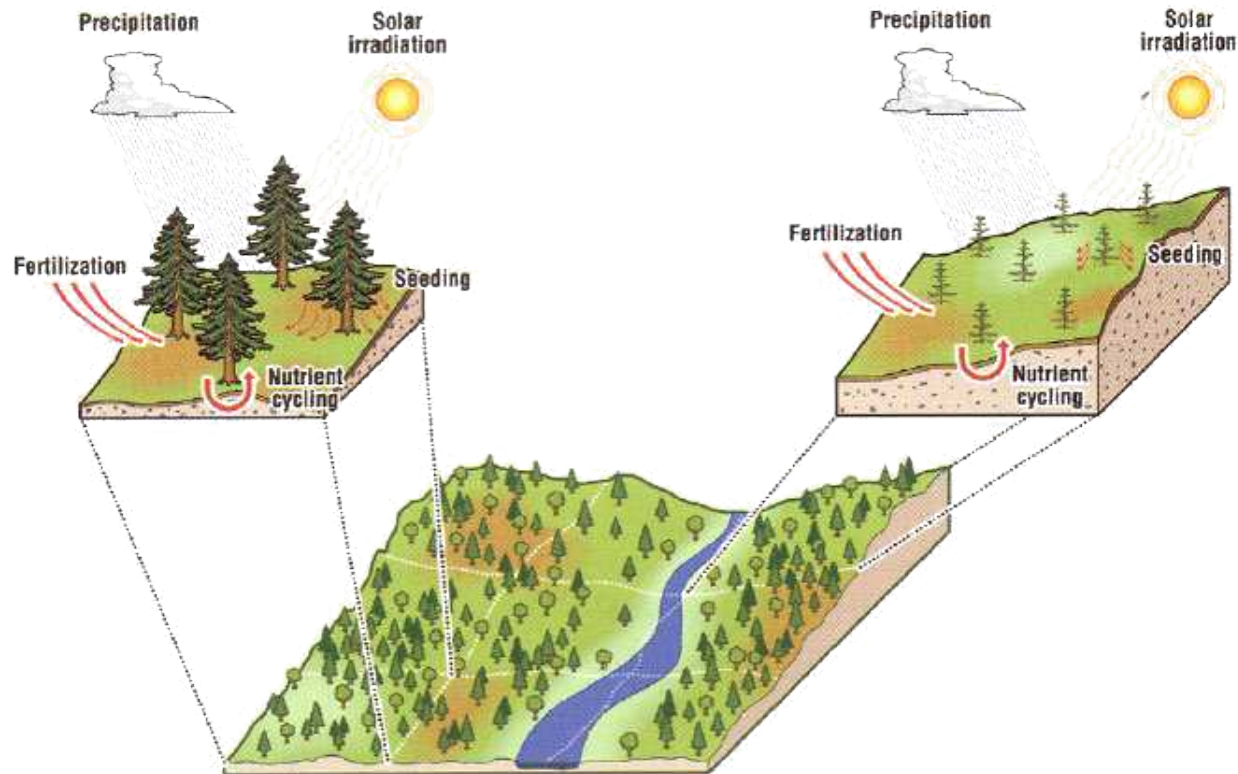
Modely

- **Jednoduché modely vývoje**
 - Jednoduchá predikce jednoho atributu
 - Stejné pravidlo pro celý grid, žádné sousedské vztahy



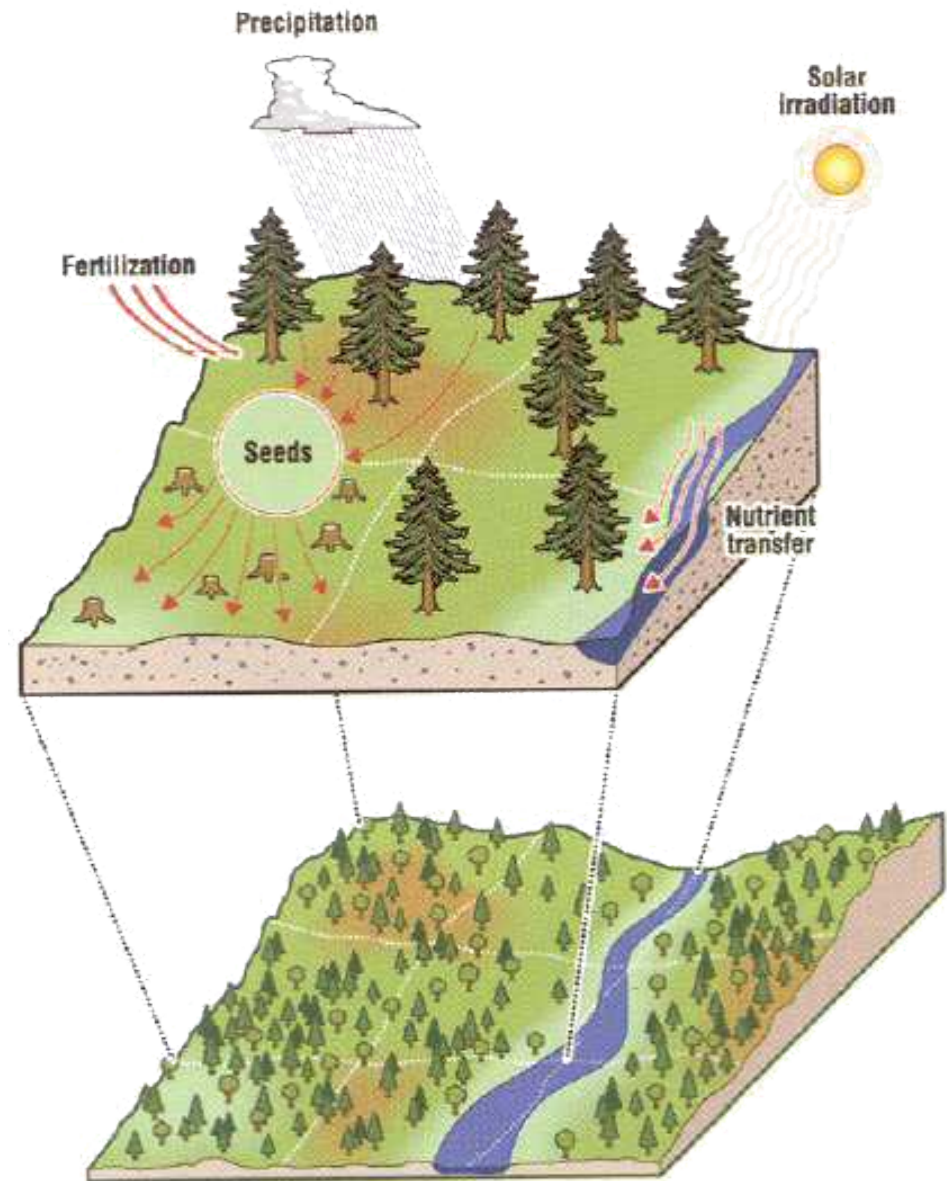
Modely

- **Lokální dynamické modely**
 - Dynamické interakce několika lokálních parametrů
 - Stejný model pro celý grid, žádné sousedské vztahy



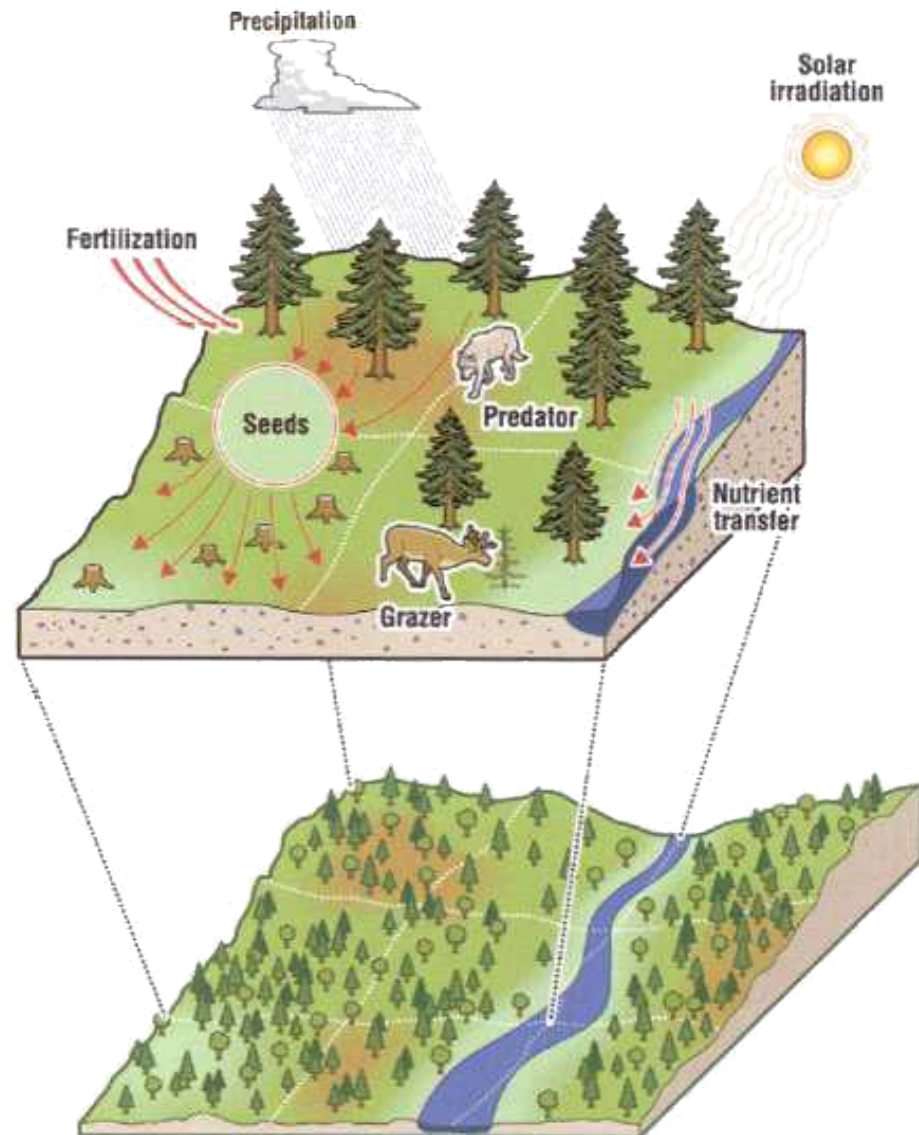
Modely

- **Spojený dynamický jedno-systémový model**
 - Dynamické interakce několika lokálních parametrů
 - Stejný model pro celý grid, interakce mezi sousedními buňkami



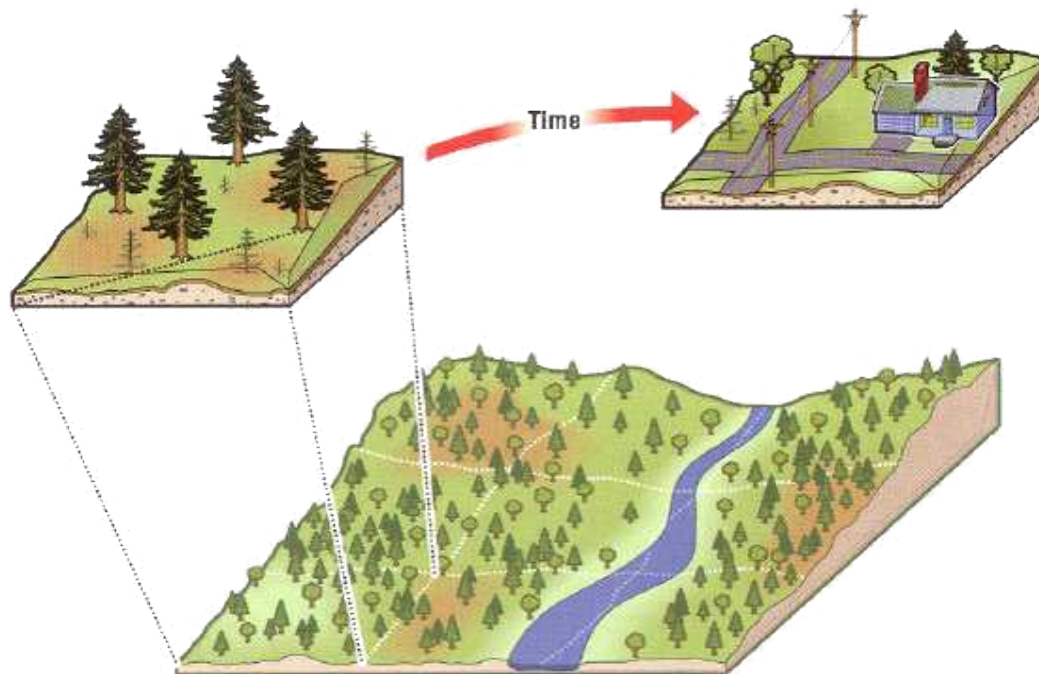
Modely

- **Spojený dynamický multi-systémový model**
 - Dynamické interakce několika lokálních parametrů
 - Několik modelů pro různé buňky gridu, interakce mezi sousedními buňkami



Modely

- **Modely s dynamickou změnou struktury**
 - Dynamické interakce několika lokálních parametrů
 - Několik modelů pro různé buňky gridu, charakter interakce mezi sousedními buňkami se může měnit
 - Lokální model může být nahrazen jiným lokálním modelem



Literatura

- Eastman, J.R. (2012) *Idrisi 17 Selva Manual*, Clark Labs, Clark University, Massachusetts, USA.
- Malczewski, J. (2000) *Spatial Decision Support Systems*
<http://www.ncgia.ucsb.edu/giscc/units/u127/>
- Albrecht, J., Strobl, J., Car, A. (2004-2006) *UNIGIS MSc Core Curriculum*, Zentrum für Geoinformatik Salzburg (ZGIS), Salzburg University, Austria
- Roosaare, J. (2006) *Modelling in GIS*, Proceedings of Socrates-Erasmus Summer School: Full Integration of Geodata in GIS, MUAF Brno
(<http://ugt.mendelu.cz/sites/default/files/data/dokumenty/socrates/modellingingis.pdf>)
- Agraval, Ch. et al. (2002) *A review and assessment of land-use change models: dynamics of space, time and human choice*, Gen. Tech. Rep. NE-297. Newton Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Research Station
- Pechanec, V. (2006) *Nástroje podpory rozhodování v GIS*, Univerzita Palackého v Olomouci, ISBN: 80-244-1553-4