



# Úvod do matematického modelování



**Prof. RNDr. Jiří Hřebíček, CSc.**



- 1. Úvod do matematického modelování a jeho členění.**
- 2. Definice problému, biologický model, zjednodušující předpoklady, počáteční a okrajové podmínky.**
- 3. Návrh matematického modelu, posouzení jeho korektnosti a návrh způsobu řešení.**
- 4. Naprogramování modelu s využitím moderních ICT (Maple) a jeho přibližné řešení na počítači.**
- 5. Vyhodnocení přibližného řešení s využitím počítačové vizualizace a odhad chyby přibližného řešení..**



**6. Metodika postupu zpřesnění matematického modelu s využitím moderních ICT a zdrojů informací (Maplesoft, Internet, elektronické knihovny, atd.).**

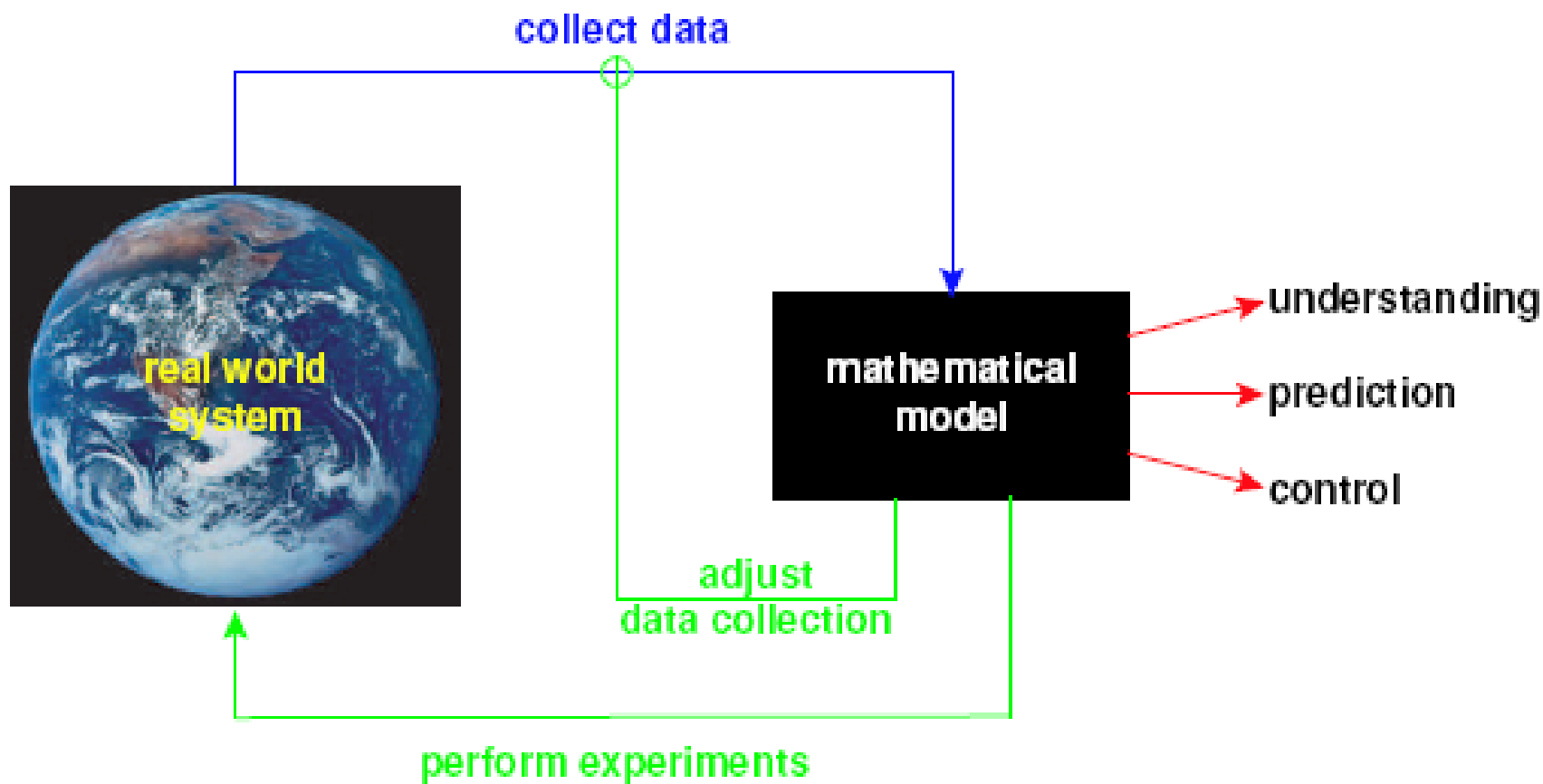
**7. Příklady vybraných biologických problémů a metodika jejich řešení**

**8. Zadání projektu**

**9. Diskuse výsledků, vliv zjednodušujících předpokladů na výsledek, vizualizace a animace (Maple) výsledků.**

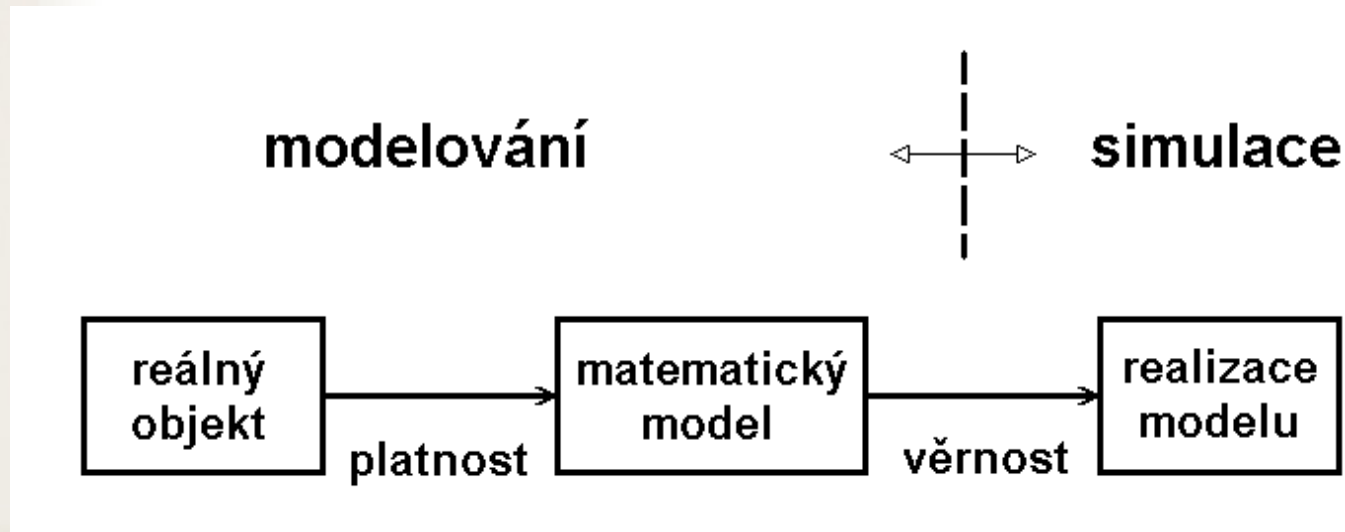
# Úvod do matematického modelování

- **Definice:** Model je záměrně zjednodušený obraz reality (reálných objektů).



# Základní pojmy

**Modelování** a **simulace** označují aktivity spojené s vytvářením modelů objektů reálného světa a experimentováním s těmito modely.



# Základní pojmy

- ❑ **Modelování** je soubor aktivit vedoucích k vývoji matematického modelu, který současně reprezentuje strukturu a chování reálného systému.
- ❑ **Simulace** je soubor aktivit sloužících k ověření správnosti modelu a získání nových poznatků o činnosti reálných systémů.

# Základní pojmy

## Reálný objekt

**= zkoumaná část reálného světa;**

**může být**

***přirozený*** (květina, včelí roj, kardiovaskulární systém člověka, ...) nebo

***umělý*** (počítač, tok materiálu ve výrobním podniku);

***existující*** nebo ***plánovaný***

**= zdroj dat o svém chování**

## Model

- zjednodušený abstraktní popis reálného objektu (soubor vztahů, resp. instrukcí pro generování dat popisujících chování reálného objektu;

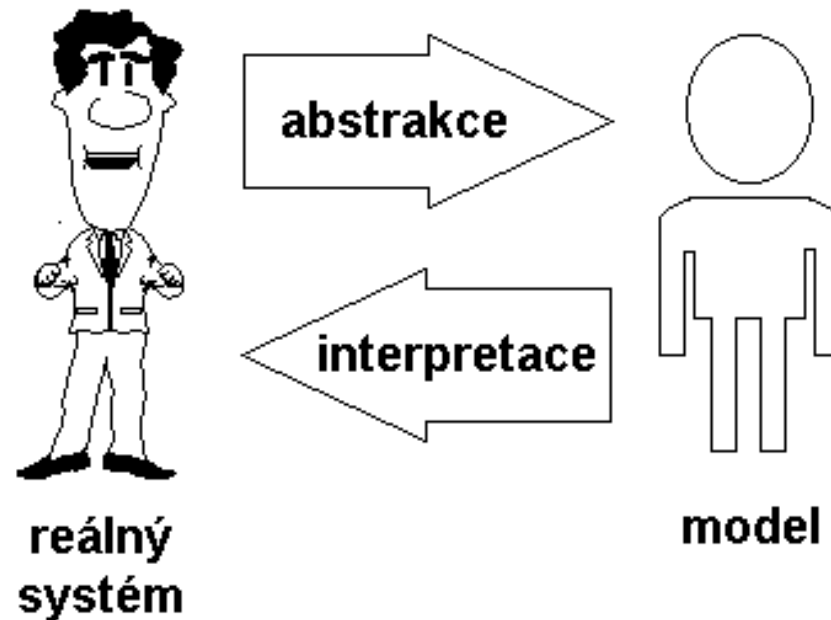
### *inverzní problém*

(při tvorbě modelu se vyskytují mnohá *omezení* - neúplná data díky nedokonalému vzorkování, resp. nevhodnému počtu nebo nepřesně stanoveným podmínkám provedených experimentů)



# Základní pojmy

reálný objekt a jeho model jsou navzájem propojeny dvěma relacemi - *abstrakcí* a *interpretací*.



# Základní pojmy

**Abstrakce** znamená zobecnění (generalizaci) - uvažování nejdůležitějších složek reálného systému a ignorování méně důležitých rysů. Důležitost je v tomto případě posuzována podle relativního vlivu prvků systému na jeho dynamiku (umí zpravidla technici a matematici)

**Interpretace** znamená výklad vztahu mezi modelem (s jeho prvky, vlastnostmi a chováním) a reálným systémem. Pokud nelze parametry modelu interpretovat, pak nelze na reálném systému měřit jejich vlastnosti (umí zpravidla biologové)

## Realizace (implementace) modelu

(většinou počítačem, ale může být i fyzikální, geometrický, ...)

na zařízení schopném zpracování dat, resp. signálů, má-li k dispozici vhodně zakódované instrukce popisující model



# Klasifikace modelů

Reprezentace nebo abstrakce reality pomocí modelu předpokládá použití vhodných zobrazovacích prostředků. Podle typu zobrazení reality do modelu rozlišujeme tři základní typy modelů:

- ☑ **1) Modely ikonické.** Jedná se o fyzikální repliky reálného systému (předmětu). Jsou přesné, nebo zjednodušené, ve zmenšeném, nebo zvětšeném měřítku.  
*Příklady:* modely strojů, modely staveb, model atomu.
- ☑ **2) Modely analogické.** Jedná se o mechanické a elektronické analogy systémů.  
*Příklady:* plány měst, mapy, plány inženýrských sítí, analogový model Steiner-Weberovy úlohy, chemické vzorce.
- ☑ **3) Modely matematické.** Soustavy funkcí, soustavy rovnic, soustavy funkcionalů. Matice a grafy. Speciální programy počítačů.  
*Příklady:* Rovnice speciální teorie relativity. Vzorec pro výpočet rychlosti volného pádu tělesa ve vakuu. Model růstu populace apod.

# Základní prvky matematického modelu

V každém matematickém modelu můžeme rozlišit tři základní skupiny objektů, ze kterých se model skládá.

Jsou to :

- I. proměnné a parametry,***
- II. matematické struktury,***
- III. řešení.***

# Proměnné a parametry

- ◆ **Proměnné a parametry identifikované (pojmenované).** Identifikovaná proměnná nebo parametr představuje konkrétní vlastnost reálného objektu, což se projevuje *názvem a mírou*.

Příklady:  $x_{kv}$  je výměra pšenice ozimé v ha,  $x_r$  produkce pšenice ozimé v katastru "U křížku" v  $t$ , náhodná doba čekání sedmé jednotky v systému hromadné obsluhy v pátém kanálu obsluhy v minutách,  $c_{ik}$  vzdálenost dodavatele  $D_i$  od spotřebitele  $S_k$  v km.

- ◆ **Proměnné a parametry neidentifikované (pomocné).** Slouží pro formalizaci matematického zápisu, chod algoritmů apod.

# Proměnné a parametry

- ◆ **Rozhodovací proměnné.** Představují zpravidla nejdůležitější procesy modelovaného systému, které se v matematickém modelování nazývají aktivity nebo entity nebo rozhodovací proměnné.

*Příklady:*

- ☑ V modelu optimalizace portfolia proměnné  $x_1, \dots, x_n$  představují počty akcií podniků  $P_1, \dots, P_n$ .
- ☑ V modelu  $I = U/R$  představují  $U$  a  $R$  aktivity a odpor v příslušných jednotkách. Těmito dvěma aktivitami je určen proud.
- ☑ V systému hromadné obsluhy např. jednotka  $t_j$  představuje se svými charakteristikami  $t_j^k, t_j^n$  entitu.

# Proměnné a parametry

◆ **Vstupní proměnné a parametry, výstupní proměnné a konstanty** (endogenní a exogenní proměnné a parametry).

◆ **Heuristické proměnné a parametry.** Představují procesy, jejichž míry nelze zjistit.  
*Příklady:* Velikost míry inflace v chaotických a nestandardních podmínkách nelze popsat ani pomocí pravděpodobnosti ani pomocí fuzzy míry.  
V modelech situací "ad hoc" jsou charakteristiky počasí nekontrolovatelné konstanty nebo proměnné, protože nelze využít počtu pravděpodobnosti pro jejich popis.

◆ **Výsledné proměnné a konstanty.** Udávají hodnoty řešení, popisují výslednou informaci.



# Matematické struktury

V matematických modelech se matematické struktury nazývají omezující podmínky. Dělíme je podle použitého matematického aparátu z některého odvětví matematiky:

◆ **Analytické struktury.** Jedná se o objekty z odvětví Matematické analýzy, Lineární algebry a dalších odvětví matematiky.

*Příklad:* soustavy rovnic (lineární, nelineární, skalární, vektorové, diferenciální, integrální, maticové, atd.), soustavy nerovnic (lineární, nelineární, se smíšenými omezeními, atd.), funkce (elementární, složené, holomorfní, stochastické, fuzzy, atd.), funkcionály, atd.

◆ **Geometrické struktury.** Model je popsán grafickými prostředky: body, přímkami, rovinami, křivkami.

*Příklad:* Geometrická interpretace a řešení úloh v modelech lineárního programování. Grafická interpretace rovnováhy nabídky a poptávky v ekonometrických modelech, atd.

# Matematické struktury

V matematických modelech se matematické struktury nazývají omezující podmínky. Dělíme je podle použitého matematického aparátu z některého odvětví matematiky:

◆ **Topologické struktury.** Modely jsou vytvářeny pomocí objektů matematické teorie grafu.

*Příklad:* Modely maximálních toků v sítích, nejspolehlivější cesty v grafu/síti. Dopravní a distribuční systémy zobrazené grafem. Logistické systémy popsané pomocí grafů a schémat.

Topologické modely lze zpravidla ekvivalentně zobrazovat pomocí tzv. incidenčních matic (tabulek, matic souslednosti, apod.).

# Matematické struktury

◆ **Arteficiální struktury.** Modely jsou popsány prvky programovacího jazyka.

Příklad: Model systému zásob popsáný vývojovým diagramem (simulačním jazykem SIMULA 67, objektově orientovaným jazykem Smalltalk, atd.).

◆ **Kvalitativní struktury.** Model je popsán pomocí kvalitativních rovnic, kvalitativních nerovností nebo vágně.

Příklad: kvalitativní matice, kvalitativní graf, jazykový operátor "velmi" v teorii fuzzy množin, atd.

Některé speciální a především již standardní struktury matematického modelu mají specifické názvy.

Příklady: Cobb-Douglasova funkce. Účelová funkce. Podmínky nezápornosti. Lagrangeova funkce. Wolfeho podmínky.

# Řešení

Řešení modelu klasifikujeme podle hlediska cílů modelování:

- ◆ **Přípustné řešení, nepřípustné řešení** - řešení vyhovuje, řešení nevyhovuje omezujícím podmínkám.
- ◆ **Maximální řešení, minimální řešení** - řešení splňuje maximalizační nebo minimalizační cílovou podmínku.
- ◆ **Optimální řešení** - řešení vyhovuje nejlépe požadovanému cíli podle představ a požadavků manažera (tj. nemusí být nutně maximální či minimální).
- ◆ **Výchozí řešení** - řešení zpravidla zadané odhadem nebo sestavené vhodným jednoduchým algoritmem. Není optimální, používá se jako start v algoritmech typu "step by step", které jsou založeny na postupném zlepšování výchozího řešení až do jeho optimálního tvaru.

# Řešení

Řešení modelu klasifikujeme podle hlediska cílů modelování:

- ◆ **Výsledné řešení** - řešení, které může být vybráno jako optimální. Výsledných řešení může být k dispozici konečně nebo i nekonečně mnoho. Z množiny výsledných řešení (alternativ) vybírá manažer řešení pro praxi nejvhodnější (optimální).
- ◆ **Alternativní řešení** - řešení, které je podle předem zadaných kritérií rovnocenné s jiným řešením.  
*Příklad:* Dvě strategie investic do vybavení podniku předpokládají sice různé technologie, ale garantují dosažení stejné výše zisku.
- ◆ **Aproximativní řešení** - řešení vyhovuje omezujícím podmínkám přibližně nebo se k cíli pouze přibližuje (zpravidla se požaduje, aby termín "přibližně" byl vhodným způsobem determinován, např. byla známa výše ztráty, když řešení použijeme).

# Klasifikace matematických modelů

- ◆ **Modely deskriptivní.** Slouží k zobrazení prvků a vztahů v systému a k analýze základních vlastností systému. Pomocí těchto typů modelů se odvozují další vlastnosti systému, určuje se jeho rovnovážný stav, stabilní stav, vliv změn uvnitř i ve vnějším okolí systému na jeho chování.
- ◆ **Příklady:** Rovnice  $E = mc^2$ , soustava diferenciálních rovnic modelující procesy narození a úmrtí, simulační model modelující výskyt škůdců porostu, rovnice nabídky a poptávky v konkurenčním prostředí.
- ◆ **Modely normativní.** Slouží k analýze a řízení systému tak, aby byl splněn nějaký cíl nebo množina cílů. *Zajímá nás cílové chování systému.* Normativní model bývá často doplněn tzv. cílovou (účelovou) funkcí nebo soustavou takových funkcí. Nutnou součástí normativního modelu je extrémální (minimální / maximální) řešení, které dává návod, jak požadovaného cíle (resp. cílů) dosáhnout. Normativní modely, jejichž cílem je nalezení optimálního řešení, se nazývají **optimalizační modely**.



# Klasifikace normativních a deskriptivních modelů

Modely **deskriptivní i normativní** jsou dále děleny podle typu systému, k jehož modelování slouží, nebo podle typu matematických složek (proměnné, struktury, řešení) jež obsahují:

- 1. Modely statické.** Model zobrazuje a analyzuje systém bez zřetele k jeho časovému vývoji. Zobrazení se týká zpravidla určitého časového intervalu (týden, měsíc, rok, apod.).
- 2. Modely dynamické.** Model zobrazuje a analyzuje systém v průběhu času. Zobrazení může být typu "**ex post**" nebo "**ex ante**" a respektovat krátký či delší časový horizont.
- 3. Modely dynamizované.** Zpravidla se jedná o vyjádření časového prvku ve statickém modelu pomocí speciálních modelových technik. Dynamizované modely se používají v případě, kdy odpovídající dynamický model je velmi složitý nebo jej nedovedeme soudobými modelovými technikami spolehlivě konstruovat.

# Klasifikace normativních a deskriptivních modelů

Modely deskriptivní i normativní jsou dále děleny podle typu systému, k jehož modelování slouží, nebo podle typu matematických složek (proměnné, struktury, řešení) jež obsahují:

- 1. Modely deterministické.** Všechny proměnné, konstanty a funkce v modelu jsou deterministické (nenáhodné) veličiny nebo funkce.
- 2. Modely stochastické.** Alespoň jedna proměnná, konstanta nebo funkce v modelu je náhodná veličina nebo náhodná funkce.
- 3. Fuzzy modely.** Některé proměnné, konstanty nebo funkce jsou fuzzy veličiny, nebo fuzzy funkce.



# Modelování nejistoty (neurčitosti) a rizika

- ✓ **Nejistotou** při zobrazení systému pomocí matematického modelu rozumíme situaci, kdy **nemáme k dispozici všechnu potřebnou informaci** nebo kdy některé z **informací jsou nespolehlivé**.
- ✓ **Modelování při riziku** předpokládá, že **některé informace jsou náhodné veličiny**, nebo že **některé procesy jsou popsány náhodnými funkcemi**.
  - V případě modelů s rizikem můžeme **velikost rizika při přijetí řešení popsat pomocí pravděpodobnostních charakteristik**.
  - Analogicky můžeme považovat modelování za rizika i v případě použití fuzzy veličin, nebo fuzzy funkcí. **Velikost rizika lze potom vyjádřit buď pomocí vhodné fuzzy míry nebo tuto fuzzy míru transformovat na subjektivní pravděpodobnost**.

# Vývoj matematického modelování

Klasicky chápaný proces matematického modelování studovaného objektu má 4 etapy (Pospíšil):

- 1. Sestavení modelu** (pomocí matematických termínů),
- 2. Matematická analýza modelu a teoretický rozbor,**
- 3. Validace matematického modelu** (zda teoretické výsledky souhlasí s praxí) **a jeho přijetí,**
- 4. Následná analýza modelu a jeho vylepšení.**

# Vývoj matematického modelování

- ✓ **Sestavení modelu :**  
Klasifikace matematických modelů:
  - ↖ spojitě x diskrétní,
  - ↖ deterministické x stochastické,
  - ↖ statické x dynamické
- ✓ **Matematická analýza modelu a teoretický rozbor:**
  - ↖ předpoklady, korektnost, existence řešení, stabilita řešení
- ✓ **Validace matematického modelu a jeho přijetí.**
- ✓ **Následná analýza modelu a jeho vylepšení.**

# Vývoj matematického modelování

1. **Identifikace složek modelu** s využitím odborné literatury (knihy, časopisy, ..), komunity a ICT
2. **Sestavení modelu** (vývoj matematických rovnic a formulí) včetně matematické analýzy (korektnost, konsistence, stabilita a konvergence řešení),
3. **Implementace modelu s využitím ICT** (konsistence, stabilita, konvergence, programování, ladění, atd.)
4. **Řešení implementovaného modelu s využitím ICT** (analytické, numerické, atd.)
5. **Verifikace řešení** (zda výsledky souhlasí s chováním objektu, vizualizace, atd.) a publikace výsledků,
6. **Modifikace modelu** a jeho vylepšení.

# Postup při matematickém modelování

- 1. Formulace problému.** Správná formulace problému je velmi důležitá pro další postup řešení. Je třeba vyjít z chování systému, z celkové jeho analýzy a stanovených cílů.
- 2. Zavedení systému.** Realita je složitá, je třeba ji vymežit a pro účely modelu zjednodušit. Proto definujeme na realitě systém, tj. prvky, vazby, vstupy a výstupy, funkci. Jde o proces simplifikace (zjednodušení) problému, kdy nepodstatné oddělujeme od podstatného.
- 3. Konstrukce modelu.** Pro konstrukci modelu je rozhodující účel, který sledujeme. Ten rozhoduje o tom, co budeme v ekosystému pokládat za významné a co zahrneme do modelu a co jako podružné ponecháme mimo model a mimo naše úvahy. Tvorba modelů patří k tvůrčí činnosti a vyjadřuje kromě dobré znalosti modelové techniky také dobrou znalost věcné problematiky. Každý model musí vycházet z konkrétní hypotézy odvozené ze skutečnosti.

# Postup při matematickém modelování

- 4. Testování modelu.** Model je jen přibližným obrazem reality. Je dobrý, jestliže umožní přesně sledovat důsledky změn ve vstupních informacích systému na výslednou efektivnost systému. Cílem testování modelu je prověření správné struktury modelu, jeho vypočítávací schopnosti, formálních kvantitativních vlastností modelu včetně odstranění formálních chyb. Testování modelu provádíme tak, že modely naplníme empirickými číselnými údaji, dosažené výsledky analyzujeme a porovnáváme s reálnou skutečností. Ověřování lze promítat i do minulosti ("ex post") i do budoucnosti ("ex ante").
- 5. Kvantifikace modelu.** Je naplnění modelu konkrétními údaji a daty. Je třeba dbát na jejich hodnověrnost.

# Postup při matematickém modelování

6. **Výpočet modelu.** Existují dva způsoby odvození řešení z modelu:

**Analytická metoda** spočívá v nalezení řešení pomocí analytických matematických metod (řešení soustav rovnic, řešení úlohy na vázaný extrém apod.).

**Numerická metoda** se používá při řešení modelů, u kterých neumíme problém řešit analyticky, nebo v případech, kdy je analytické řešení obtížné a komplikované (metody Monte Carlo, simulace na počítači apod.).

7. **Interpretační analýza.** Ta představuje převod výsledků do reálného ekosystému. Je to aktivní proces, při kterém je třeba provádět neustále logickou kontrolu smyslu řešení, vyhnout se nebezpečí mechanického používání modelové techniky. Významným prvkem interpretace je promítnutí výchozích hypotéz a předpokladů do výsledku řešení.

# Postup při matematickém modelování

6. **Syntéza poznatků.** Shrnutí získaných poznatků včetně všech aspektů, které nebyly do matematického modelu zahrnuty.
7. **Implementace.** Implementace je volba postupu aplikace vybraného řešení v praxi.



# Obecné zásady při matematickém modelování

Obecné zásady, které je třeba při matematickém modelování biologických systémů respektovat, lze velmi zjednodušeně popsat následujícími kroky:

1. Identifikace problému z hlediska matematického modelování.
  - **Rozhodnutí, zda se jedná o *problém standardní*, již řešený a volba standardního modelu.**
  - **Rozhodnutí, zda se jedná o *nový, dosud neznámý problém a zda použijeme upravený standardní model nebo vytvoříme model nový*. K tomu je třeba zpravidla vytvořit tvůrčí odborný tým.**
  - **Rozhodnutí, zda model bude *statický, dynamický, dynamizovaný, deterministický, stochastický*. Zda bude *deskriptivní, nebo normativní*. Zda systém bude modelován jedním modelem či více modely a jak budou vzájemně uspořádány (propojeny).**
2. **Konstrukce modelu.**
  - *Organizace dat*
  - *Validita modelu.*
3. **Výpočet řešení modelu.**
  - *Volba algoritmu řešení.*
  - *Výběr variant řešení.*

## 4. Výběr užší skupiny dostatečně dobrých řešení.

- *Výběr vhodných řešení se provádí v rámci algoritmu řešení.*
- *Výběr vhodných řešení provádí výzkumník (vědec).*
- *Výběr vhodných řešení provádí vědec s pomocí spolupracujících expertů a vědců .*

## 5. Experimentování s vybraným řešením.

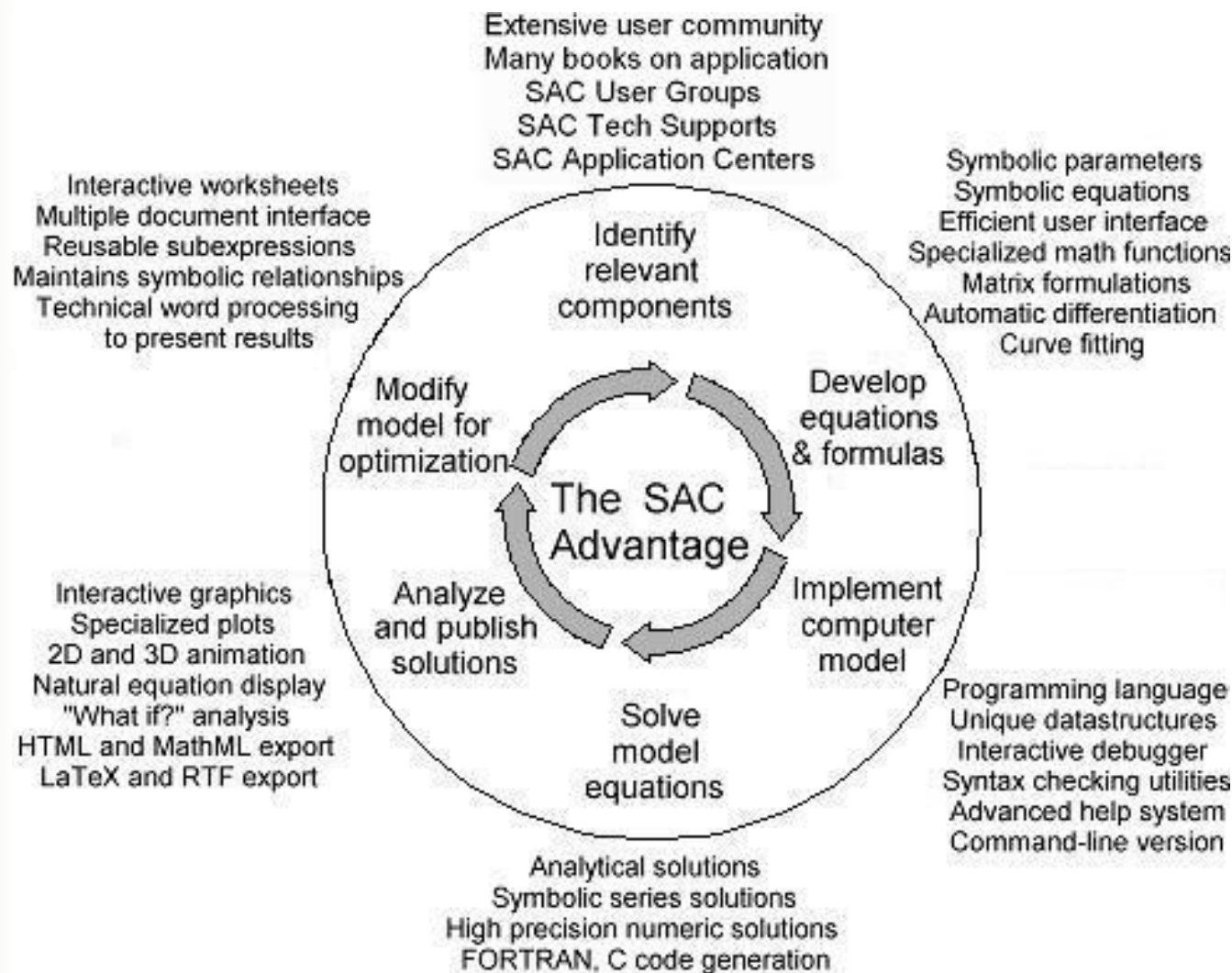
- *"What-if" analýza, "Goal seeking".*
- *Scénáře.*

## 6. Výběr optimálního řešení.

## 7. Implementace.

- *Monitoring implementace.*
- *Sledování zpětné vazby.*
- *Úpravy modelu a nová implementace.*

# Cyklus “Identify-Develop-Implement-Solve-Analyse-Modify”



# Sedm výhod (S) matematického modelu

1. **Úspora času.** Operace probíhající v reálném čase po léta mohou být simulovány pomocí modelu během několika minut (**Simulace**).
2. **Jednodušší manipulace s modelem než s realitou** (**Simplicita**).
3. **Cena za chybné rozhodnutí při práci s modelem je nepatrná** ve srovnání s chybou v reálném systému (**Spolehlivost**).
4. **Možnost kalkulace rizika** spojeného s přijetím rozhodnutí (**Stabilita**).
5. **Cena za analýzu chování systému pomocí modelu je mnohem menší** než cena za analýzu reálného systému (**Spořivost**).
6. **Modelováním se uživatel učí** (**Sebevzdělávání**).
7. **Možnost analýzy a posouzení velkého množství** (i nekonečného počtu) **alternativ řešení** (**Selektivita**).

# Přehled matematických modelů a modelových technik

- ◆ *Matematické programování (Mathematical programming).*
- ◆ *Dynamické programování (Dynamic programming).*
- ◆ *Modely hromadné obsluhy (Waiting/queuing models).*
- ◆ *Modely zásob (Inventory models).*
- ◆ *Modely obnovy (Renewal models).*
- ◆ *Markovovy řetězce (Markov chains).*
- ◆ *Síťové modely (Network models).*
- ◆ *Heuristické/Stochastické programování (Heuristic/Stochastic programming).*
- ◆ *Simulační modely (Simulation models).*
- ◆ *Metody větví a hranic (Branch and bound).*
- ◆ *Rozhodovací modely (Decision models, Decision tables/trees )*
- ◆ *Modely teorie her (Game theory).*
- ◆ *Systémy pro podporu rozhodování (Decision support systems).*
- ◆ *Expertní systémy (Expert systems).*

# Přehled matematických modelů a modelových technik

- ☑ Všechny standardní matematické modely jsou řešitelné pomocí software, který je k dispozici na trhu pro různé úrovně použití - od pedagogických (školních) programů až po vysoce profesionální programy. Mnoho úloh lze řešit v produktech MS-Excel, SAS, Maple, aj.



# Předpoklady úspěšného modelování

- 1. Znalost metod a prostředků matematické analýzy a algebry.** Je důležitá při volbě správné metody a modelu.
- 2. Znalost techniky modelování.** Úsilí vynaložené na konstrukci a využití určitého matematického modelu musí být úměrné jeho přínosu.
- 3. Existující ekologický (biologický) systém.** Musí mít dostatečný prostor pro vlastní modelování (iniciativa) a musí být (studijní, výzkumná) zainteresovanost na využití modelové techniky (motivace).
- 4. Informační a komunikační technologie.** Všechny tři stránky ICT, tj. hardware, software a komunikace musí být v rovnováze.
- 5. Informační základna.** Každý model je třeba zaplnit vstupními údaji, které vycházejí z konkrétních hodnověrných údajů, zdůvodněných norem a normativů. Údaje musí být ve formě vhodné pro kvantifikaci modelu. Je třeba vytvářet specifické informační systémy (banky dat).

[http://smub.st-and.ac.uk/jason\\_matthiopoulos/page5.html](http://smub.st-and.ac.uk/jason_matthiopoulos/page5.html) :

- ☑ I. Academic and research institutes
- ☑ II. Societies
- ☑ III. Publishers of Related Books and Journals
- ☑ IV. Electronic and interactive documents
- ☑ V. Personal Web Pages
- ☑ VI. Mathematics Software
- ☑ VII. On-line journals
- ☑ VIII. Registers of ecological Models



# Odborné společnosti

- ✓ British Ecological Society
- ✓ Netherlands-Flemish Ecological Society
- ✓ The Ecological Society of America
- ✓ The Ecological Society of Australia
- ✓ European Society for Mathematical and Theoretical Biology (ESMTB)
- ✓ The IMA (UK) Forum for Mathematics in Medicine and Biology (Dead link?)
- ✓ The IMA (US) initiative for mathematics in biology
- ✓ International Biometric Society
- ✓ International Society for Ecological Modelling (ISEM)
- ✓ The Israeli Society for Theoretical and Mathematical Biology
- ✓ Netherlands society for Theoretical Biology
- ✓ Resource Modeling Association
- ✓ The Society for Mathematical Biology
- ✓ Society for Computer Simulation


# Odborné společnosti

- ✓ Society for Mathematical Biology,  
<http://www.smb.org/>
- ✓ European Conference for Mathematical and Theoretical Biology, Dresden, Germany, July 18-22, 2005, <http://www.ecmtb05.org>
- ✓ Bulletin of Mathematical Biology,  
[http://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws\\_home/622802/description#description](http://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws_home/622802/description#description)

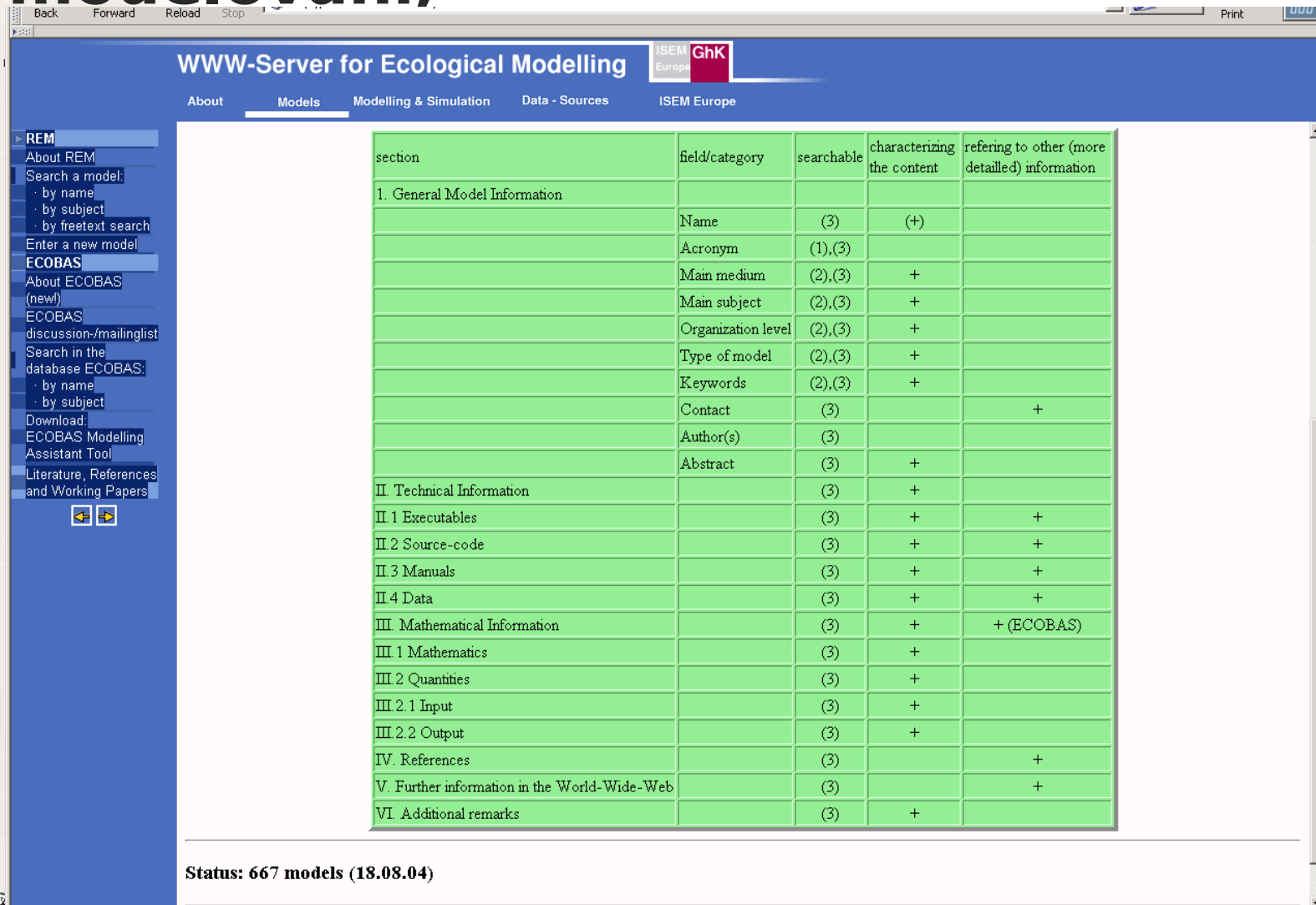
## Topics:

- ↗ Developmental Biology
- ↗ Ecology
- ↗ Epidemiology
- ↗ Immunology
- ↗ Molecular Biology
- ↗ Morphology
- ↗ Neurobiology
- ↗ Pharmacology
- ↗ Physiology

# On-line časopisy

- ☑ - Advances in Applied Mathematics
- ☑ - American Naturalist
- ☑ - Applied Mathematical Modelling
- ☑ - The Ecologist
- ☑ - Ecological Modelling
- ☑ - Ecological Monographs
- ☑ - Ecology
- ☑ - IMA Journal of Mathematics applied in Medicine and biology
- ☑ - Journal of Mathematical Biology
- ☑ - Journal of Animal Ecology
- ☑ - Journal of Theoretical Biology
- ☑ - Mathematical Biosciences
- ☑ - Nature
- ☑ - New Scientist
- ☑ - Oikos
- ☑ - Rivista di Biologia /Biology Forum
- ☑ - Science
- ☑ - Theoretical Population Biology
- ☑  - TREE

# WWW server pro ekologická modelování,



**WWW-Server for Ecological Modelling** ISEM Europe GhK

About Models Modelling & Simulation Data - Sources ISEM Europe

**REM**  
 About REM  
 Search a model:  
 · by name  
 · by subject  
 · by freetext search  
 Enter a new model

**ECOBAS**  
 About ECOBAS (new!)  
 ECOBAS discussion-/mailinglist  
 Search in the database ECOBAS:  
 · by name  
 · by subject  
 Download:  
 ECOBAS Modelling Assistant Tool  
 Literature, References and Working Papers

section	field/category	searchable	characterizing the content	referring to other (more detailed) information
<b>I. General Model Information</b>				
	Name	(3)	(+)	
	Acronym	(1),(3)		
	Main medium	(2),(3)	+	
	Main subject	(2),(3)	+	
	Organization level	(2),(3)	+	
	Type of model	(2),(3)	+	
	Keywords	(2),(3)	+	
	Contact	(3)		+
	Author(s)	(3)		
	Abstract	(3)	+	
<b>II. Technical Information</b>				
		(3)	+	
II 1 Executables		(3)	+	+
II 2 Source-code		(3)	+	+
II 3 Manuals		(3)	+	+
II 4 Data		(3)	+	+
<b>III. Mathematical Information</b>				
		(3)	+	
III 1 Mathematics		(3)	+	
III 2 Quantities		(3)	+	
III 2.1 Input		(3)	+	
III 2.2 Output		(3)	+	
<b>IV. References</b>				
		(3)		+
<b>V. Further information in the World-Wide-Web</b>				
		(3)		+
<b>VI. Additional remarks</b>				
		(3)	+	

**Status: 667 models (18.08.04)**

# Výhody matematického modelování s využitím ICT

Conventional environmental modelling

Problem definition and analysis

Model formulation

Model solution

Solution Analysis and Optimization

Publishing results

Mathematical modelling with SAC

Time left for you to analyse results, make model adjustments, investigate sensitivity, and optimal parametric values, or move on the next problem sooner.

Exporting to the Web or text editor (Word, LaTeX)  
Same problem solved in a fraction of the time  
More flexible range of solution types  
Rapid development of models and programs  
Error-free manipulation of math formulas  
of ideas and math formulas

# Poznámky o modelování měkkých systémů

☑ **Systémový přístup při řešení ekologických a biologických problémů respektuje nejširší souvislosti mezi jevy, a to se projevuje zcela novým, kvalitativním uvažováním a kvalitativní analýzou systému, kdy se soustředíme i na oblasti zdánlivě s řešeným problémem nesouvisející: na souvislosti sociální, ekologické, ekonomické, na tradice a zvyklosti. Systém, ve kterém se respektují při rozhodování tyto a podobné vlivy, se nazývá měkký systém. Modelování měkkých systémů musí splňovat i všechny zásady modelovacího procesu, tak jak byly popsány v předchozích odstavcích, zabývajících se problémy analýzy "tvrdých systémů". Modelování v měkkých systémech ovšem vyžaduje zvláštní postupy a speciální podporu..**

☑ **Měkký systém je semi-strukturovaný, ale ne každý semi-strukturovaný systém je měkký. Z hlediska teorie modelování sice při řešení problému probíhají všechny fáze modelovacího procesu, ale techniky používané při identifikaci problému, řešení, výběru řešení a implementaci jsou obecně jiné a obecně složitější.**



# Jenkinsův akční výzkum

**Akční výzkum podle Jenkinse obsahuje čtyři fáze, připomínající Simonovo členění. Jsou to:**

- 1. *identifikace,***
- 2. *projekt,***
- 3. *implementace,***
- 4. *sledování provozu a*  
**případně nový projekt a nová implementace.****

**V každé fázi se respektují strategická pravidla:**

- (1) identifikace se provádí kombinací tvrdých i měkkých postupů, využívá se expertů,**
- (2) problém konfliktních situací se řeší metodami vah nebo jako vícekriteriální problém,**
- (3) problém se strukturuje, postupuje se v iteracích,**
- (4) konečný výstup se ověřuje v praxi pomocí**

# Checklandova metodologie měkkých systémů

Checkland vycházel ve své metodologii z Jenkinsových zkušeností. Na rozdíl od Jenkinse předpokládá, že jeden a týž problém může být řešen a hodnocen z různých pohledů různě a při řešení je tedy třeba současně postupovat nejméně ve dvou úrovních. Tyto dvě úrovně jsou:

- (i) vhodný model reality s aktivním zapojením a angažovaností lidí (tj. nemusí se jednat o formální matematický model),
- (ii) abstraktní model vyšší úrovně.

Po obou úrovních se postupuje souběžně ve vzájemné interakci. Postup je rozpracován do 7 fází :

- (1) popis problémové situace,
- (2) strukturování a identifikace problému,
- (3) vymezení subsystémů, jejichž analýza povede k řešení problému - realizace CATWOE,
- (4) tvorba projektu, modelu,
- (5) tvorba koncepce, konceptuálního modelu,
- (6) výběr řešení a implementace,
- (7) sledování zpětné vazby a opravy řešení



**Metodologie tvrdých systémů vychází z matematických principů a matematických přístupů k analýze systému.**

**V případě měkkých systémů se naopak hledají prostředky jak problém dokonale popsat a systém zobrazit, třeba i nematickými prostředky a za vágních předpokladů.**

**Skupiny takových metod a postupů se nazývají *metametodologie*.**

**Prvním a nejdůležitějším úkolem metametodologie je popis postupu, který bychom mohli nazvat jako vytvoření metodologie metodologií. Od takového postupu se potom odvozují další metakonstrukce v systémové vědě jako jsou metametodologické dotazování, modelování, apod.**

**Některé postupy metametodologie lze popsat matematicky, některé je nutno vyjádřit empiricky. Mezi empirické metody patří např. expertní analýza, vyjádření skutečnosti pomocí subjektivní pravděpodobnosti, použití fuzzy jazykových operátorů, simulace.**

# Learn principles and review major features

## Read the Getting Started Guide

From the **Help** menu, select **Manuals, Dictionary and more, Manuals**, and then **Getting Started Guide**.

# Solve a problem immediately?

## Check for point-and-click tools

### Assistants

For analyzing ODEs and ODE systems, creating plots, supporting curve fitting, performing unit conversion, and more.

From the **Tools** menu, select **Assistants**.

### Tutors

For topics in precalculus, calculus, multivariate calculus, vector calculus, and linear algebra.

From the **Tools** menu, select **Tutors**.

### Task Templates

Show you the steps required to solve a problem. Each task is a collection of Maple worksheet content, such as 3-D math, embedded components, commands, and plots that you can insert into your worksheet.

From the **Tools** menu, select **Tasks**, and then **Browse**.

In the **Browse** dialog, expand the **Task** folder to view a list of topics.

## Check for instructions

### Help Pages

An online help system that you can use to find information about a specific topic, command, package or feature.

From the **Help** menu, select **MapleHelp**.

## Check for other ready-to-use resources:

### Example Worksheets

Embedded, executable worksheets that demonstrate syntax or invoke Maple application interfaces making complex problems easy to solve and visualize.

From the **Help** menu, select **Manuals, Dictionary and more**, and then **Examples**.

### Maple Application Center

Maple Web site resource for free applications related to mathematics, education, science, engineering, computer science, and more.

Go to <http://www.maplesoft.com>

In the menu of the main Web page, click **Resources**, and then **Application Center**.



**Děkuji za pozornost**

**Otázky?**