



# Fakulta elektrotechnická

## *Katedra technologií a měření*

# ŘÍZENÍ JAKOSTI A TECHNICKÁ DIAGNOSTIKA

12. přednáška – **Základní diagnostické metody**  
(pokračování), **Diagnostické expertní systémy**



## 8.4 Vibrodiagnostický systém (pokračování)

(str. 138)

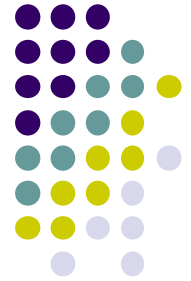
Sledujeme 4 veličiny:  
výchylku, rychlost, zrychlení a sílu  
(fázový posuv)

## senzory mechanického kmitání



### 1) senzory výchylky, polohy a posuvu

- **Odporový** senzor –
- seismická hmota na konci nosníku, ohybem nosníku, změna  $R$ :
  - mění se vzdálenost od obou elektrod, a tím i  $R$  v elektrolytu
  - změna  $R$  mezi prostřední elektrodou (nosník) a dvěma elektrodami (anodami - u el.snímače)
- **indukčnostní** senzor –
- seismická hmota z feromag. materiálu, upevněna na plochých pružinách; změnou vzduchové mezery se mění velikost  $L$  cívky;



- **kapacitní** senzor –

využívá jak změny vzdálenosti elektrod, tak i překrytí ploch rovinných a válcových elektrod;

měří od 0,1 Hz;

výhody: malé rozměry a nízká váha, jednoduché provedení i použití, vysoká přesnost a životnost

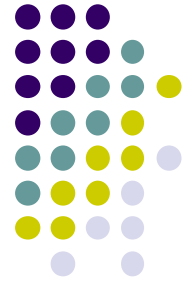
- **Aktivní snímače** –

**indukční** senzor – výstupní signál měří rychlost,

Snímač + integrační člen -- > výchylka

Snímač + derivační člen -- > zrychlení

## 2) senzory rychlosti



- většinou **indukční elektrodynamické** senzory – základní součástí senzoru je cívka, která je držena membránou v mezeře permanentního magnetu;

vlastní rezonance kmitajícího systému je cca 10 Hz, tímto kmitočtem je určena nejnižší frekvence měřeného chvění;

při vyšších frekvencích zůstává systém v klidu a do cívky se pohybem magnetu **indukuje napětí**:

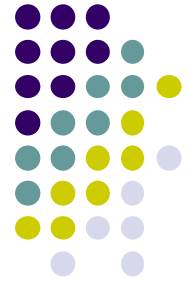
$$u_i = BlNv$$



- **výhody** senzorů – nízká cena a vysoká úroveň výstupu signálu i při nízkých frekvencích
- **nevýhody** – omezený horní kmitočet (max 3500 Hz) a velká citlivost na parazitní magnetická pole

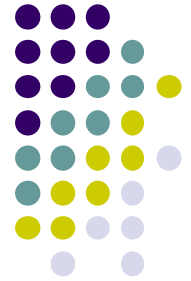


### 3) senzory zrychlení (akcelerometry)



- **piezoelektrické** senzory (aktivní) –  
využívají vlastností piezoelektrických krystalů nebo keramických materiálů, u nichž je piezoel. vlastností docíleno polarizací elektrostatickým polem
- pro větší citlivost se používá dvojice piezoel. elementů (dvojčat), namáhání:  
ohybem,  
tlakem,  
smykovým napětím.





- **síla**, která je deformuje:

$$F = ma$$

- u snímačů se určuje **citlivost**:

- **nábojová**

$$K_q = \frac{Q_0}{A_0} [pC / ms^2]$$

- **napěťová**

$$K_U = \frac{U_0}{A_0} [mV / ms^2]$$

- (předp.harmonické zrychlení)

$$a = A_0 \sin \omega t$$

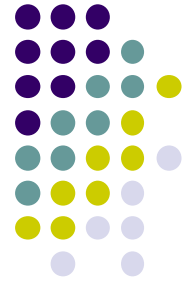


- poměr citlivostí udává **kapacitu piezoelektrického výbrusu**

$$C = \frac{K_Q}{K_U}$$



- **výhody** snímačů –  
nízká hmotnost, měří chvění až do 30 kHz
- **nevýhody** –  
je nutné dokonalé spojení snímače s měřeným objektem (šroub, parafin, vazelína);  
napětí je rozděleno na vlastní element a na přívodní kabel (při změně délky kabelu se musí přecejchovat jak kabel, tak i snímač)



- Opakování - druhy snímačů:

aktivní (energetické)

pasivní (parametrické)

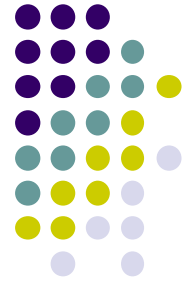
jmenovat zástupce obou skupin

## Snímače dráhy, rychlosti a zrychlení:

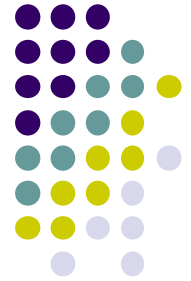
- Veličiny (které měří jednotlivé snímače)
- Úprava signálu integračním nebo derivačním členem

# 8.5 A k u s t i c k á   e m i s e

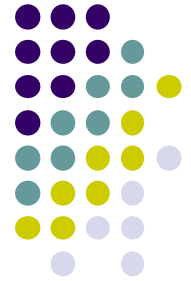
(str. 139)



- v daných lokalitách materiálu dochází v důsledku dynamických procesů stimulovaných vnějšími nebo vnitřními silami k **uvolňování energie**
- uvolněná energie se transformuje na mechanický impuls, ten se šíří materiálem jako **elastická napěťová vlna**
- při **dosažení povrchu materiálu** se vlna transformuje na jeden, nebo více módů vlnění a šíří se hlavně povrchovým vlněním



- vzhledem k dalším složkám vlnění a interferencím odraženého vlnění (podle geometrie tělesa) vzniká náhodný signál,
- Příklad: zvon a jeho srdce
- složka kolmá k povrchu objektu se měří piezoelektrickým senzorem (100 kHz – 2 MHz)
- materiál senzoru:
- tloušťkově orientovaná zirkonátová piezokeramika  $\text{Pb}(\text{ZrTi})\text{O}_3$



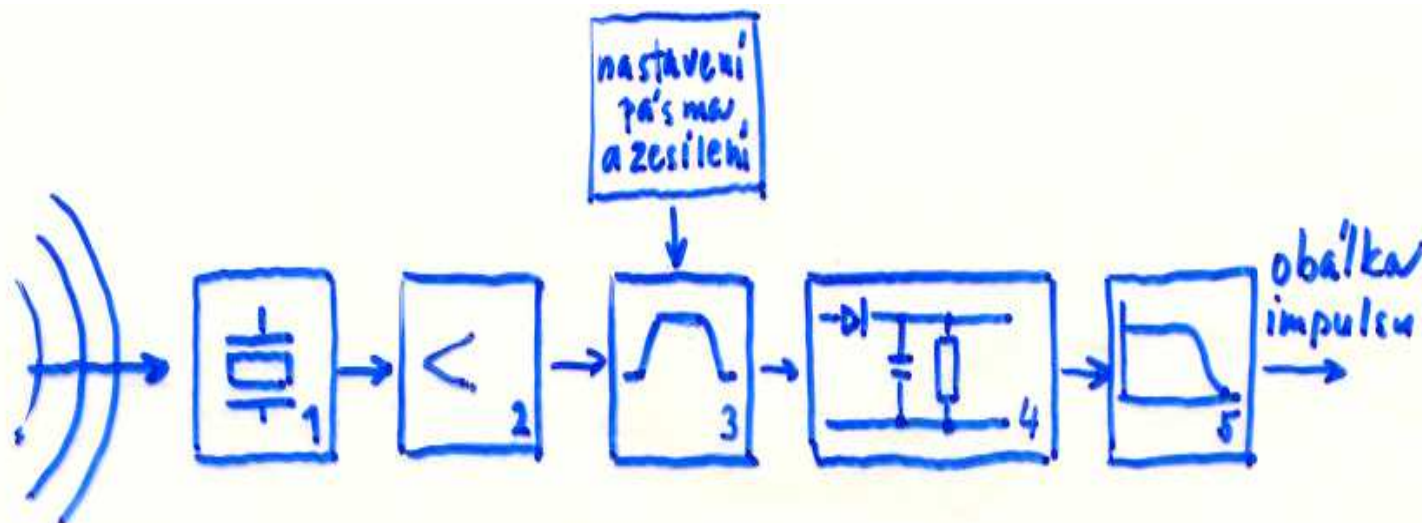
- často se užívají tzv. **diferenční senzory**,
- tj. dva piezoměniče s opačnou polarizací (jejich výstupní elektrické signály se přivádí na vstupy diferenciálního zesilovače)
- Použití principu akustické emise:  
např. tlakové zkoušky nádob



- druhy akustické emise
- **impulsní** (nespojité) –
- lokalizuje vznik a šíření mikrotrhlin
- **spojité** –
- je generována, např.:
  - kavitací v kapalině (cavitas = dutina),
  - plastickou deformací povrchů kovů při tření,
  - nebo únikem kapaliny.



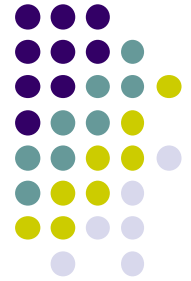
## Schéma zapojení – viz schéma ve skriptech:



Vstupní měřicí řetězec spojitě akustické emise:

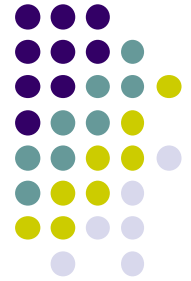
- 1 - senzor
- 2 - impedanční zesilovač
- 3 - selektivní zesilovač
- 4 - amplitudový detektor
- 5 - dolnofrekvenční propust

## 8.6 Infradiagnostické systémy (str. 139)



- principem je **bezdotykové měření teploty povrchu objektu**, tzn. snímání a vyhodnocování elmg. vlnění, které vyzařuje měřený objekt
- funkce zařízení se kontroluje na základě znalosti rozložení teplotního pole objektu
- **přesnost měření** –
- Musí se provést **korekce na absolutně černé těleso** (emisivita) !!
- **materiál** matný nebo lesklý – doplňte !!



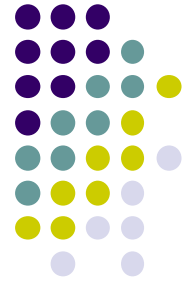


- **infradiagnostika:**

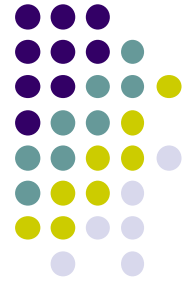
využívá se k detekci materiálových vad a defektů  
**vnitřních dílů**

(energetika: stav izolátorů, kontaktů, vypínačů;  
hutní průmysl: vyzdívky pecí, apod.)

- často používanou metodou je **snímání tepelného obrazu diagnostikovaného objektu:**
- Objekt zahřejeme na teplotu vyšší než je teplota okolí
- během postupného ochlazování se objekt snímá termovizní kamerou



- pokud jsou v materiálu větší defekty, projeví se to v rozdílném ochlazování této části oproti zbytku objektu
- rozložení teploty na měřeném povrchu - **termogram**:
- dříve plochou s různým stupněm šedi (od černé do bílé),
- nyní barevnou škálou
- pozn. **infračervené záření** je elektromagnetické vlnění s  $\lambda = 0,78 \mu\text{m} - 1 \text{ mm}$ , v praxi pracujeme s rozsahem  $(0,78 - 15) \mu\text{m}$



- rozdělení systémů pro snímání teplotního pole
- systémy pracující **bez rozkladu obrazu** – obrazové měniče, infračervená fotografie
- systémy pracující **s rozkladem obrazu** –
- termovizní systémy s **optickomechanickým** rozkladem,
- termovizní systémy s **elektronickým** obrazem

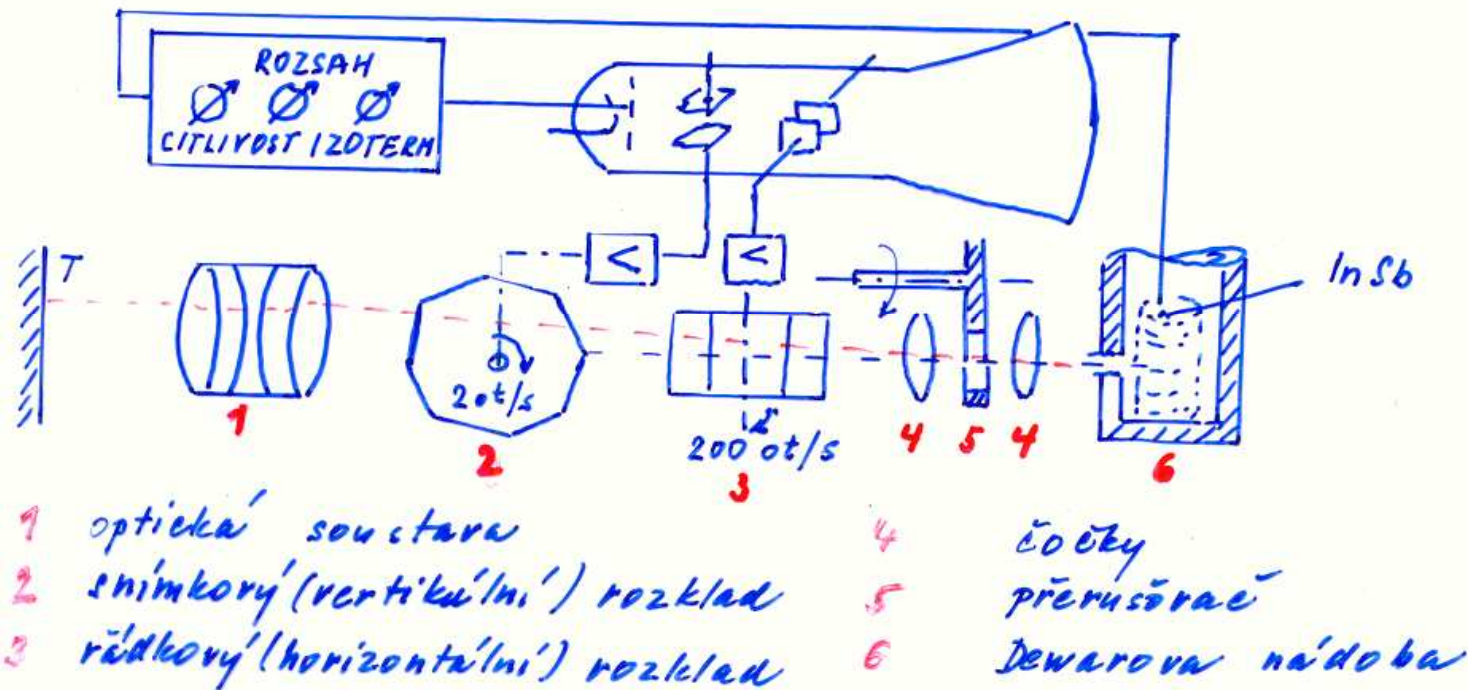
**výhodnější** jsou systémy s rozkladem obrazu – vysoká přesnost, velká rozlišovací schopnost, dobrý kontrast termogramu a volba teplotního rozpětí až 1000 °C

### 3) systémy pracující s rozkladem obrazu

a) termovizní systémy s opticko-mech. rozkladem,

b) termovizní systémy s elektronickým obrazem.

př. ad a) firma AGA (Švédsko)



V Dewarově nádobě je InSb při teplotě 77 K.

Rozsah měř. teplot:  $(-30 \div 2000)^\circ\text{C}$ , teplotní rozsah obrazu cca 100°

Rozlišovací schopnost při  $30^\circ\text{C} = \pm 0,2^\circ\text{C}$

12. týden

© Tůmová

20

Výhody: možnost výběru rozsahu, zobrazení izoterm



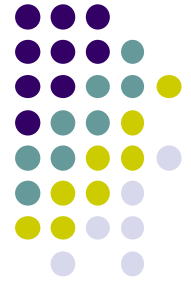
# 9 Diagnostické expertní systémy

# 9.1 Úvod do expertních systémů

(str. 141)

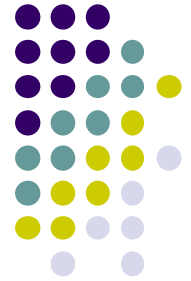


- expertní systémy
- = počítačové programy, které simulují s požadovanou kvalitou rozhodovací činnost odborníka, tzv. **experta**
- diagnostické expertní systémy vznikly proto, že u složitých objektů se provádí obtížně diagnózy (řešení je obtížné, finančně neúnosné a někdy nemožné i prostřednictvím PC)
- **první návrhy** těchto systémů se objevily již na konci 70. let minulého století



- pro řešení reálných prognóz proto používáme ne zcela přesné informace s přibližnými souvislostmi a pravidly pro rozhodování
- k řešení se používají tzv. heuristiky (nejisté znalosti), tj. exaktně nedokázané znalosti, které expert získává postupně v průběhu praxe a o nichž ví, že mu pomáhají při řešení určitých problémů





- **expert** využívá logiku lidského myšlení, resp. vícehodnotovou logiku s přibližnými výroky a rozhodovacími pravidly
- tato logika dává schopnost zobecňovat, shrnovat, rekapitulovat a vybrat ty informace, které jsou podstatné pro řešení
- v souvislosti s vývojem expertních systémů vznikl v rámci umělé inteligence samostatný obor –
- znalostní inženýrství (zabývá tvorbou expertních systémů, jejich aplikací, údržbou a integrací s jinými softwarovými produkty)



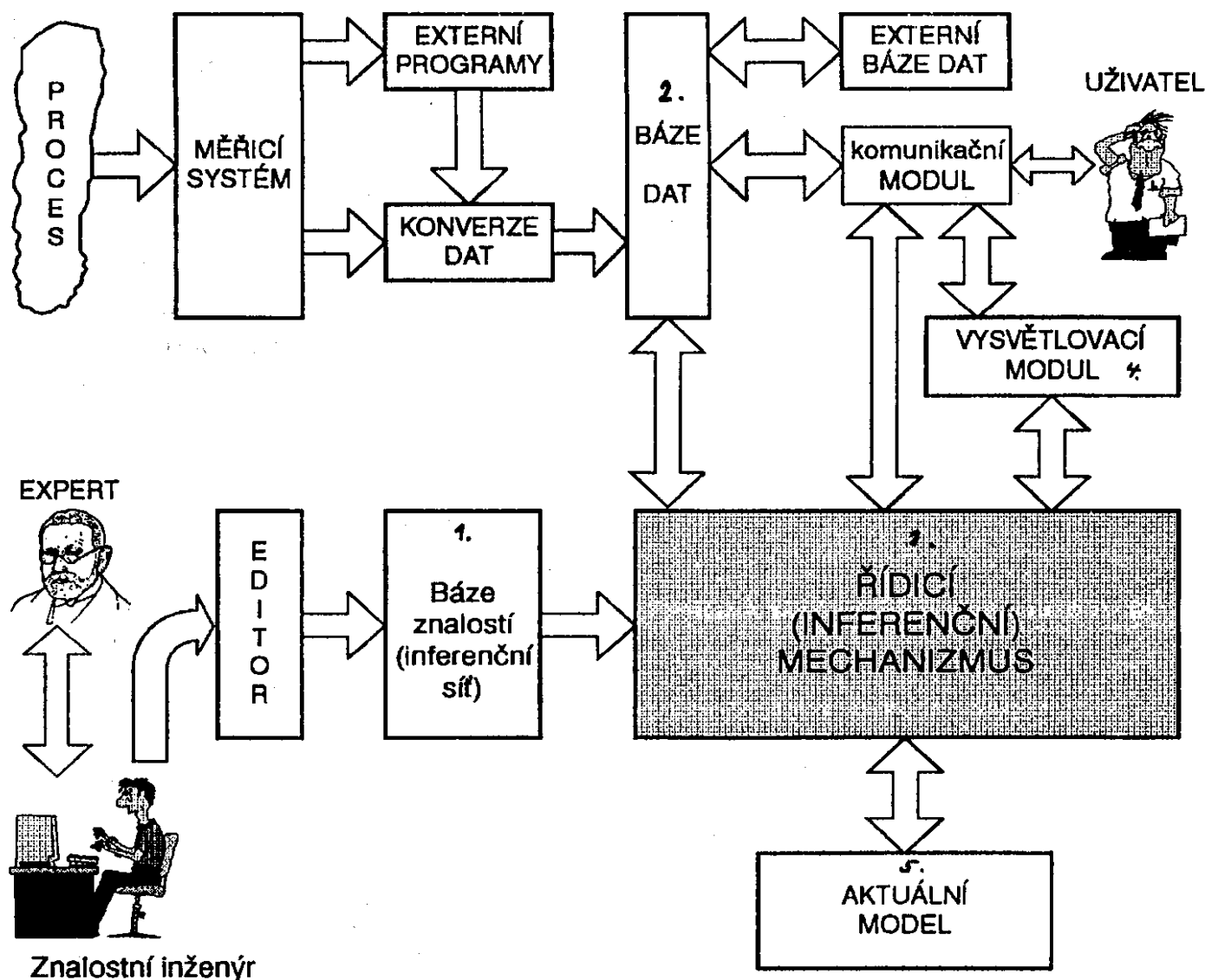
# 9.2 Z á k l a d n í p r o g r a m o v é m o d u l y



(str.141)

- expertní systémy se skládají ze tří hlavních částí, tzv. programových modulů –
  - **báze znalostí,**
  - **báze dat a**
  - **řídící mechanismus**
- další součástí jsou:
  - **vysvětlovací moduly, aktuální model**
  - elektronické slovníky, katalogy, encyklopedie

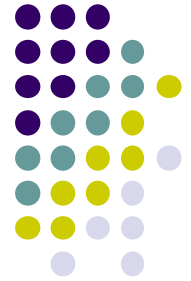
## Diagnostický expertní systém (založený na pravidlech)



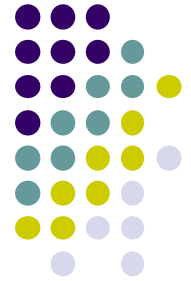
## 9.2.1 Báze znalostí



- uvedeny veškeré znalosti potřebné k úspěšnému řešení problému
- svou koncepcí je podobná databázi (**znalostní inženýr**)
- zde jsou uvedeny různé znalosti (**expert**) od nejobecnějších až k úzce odborným
- nejnovější expertní systémy nepracují jen s jednou bází znalostí, ale k řešení využívají současně **větší počet samostatnýchází znalostí**, tzv. zdroje znalostí



- **znalosti experta** nemají statický charakter,
- postupně se vyvíjejí a rozrůstají
- přirozeným omezením je požadavek její vysoké modularity tak, aby bylo možné jednoduše zahrnovat přírůstky nových znalostí
- **báze znalostí** musí být transparentní, čitelná nejen pro experta (aby ji mohl upravovat a rozšiřovat), ale i pro další odborné pracovníky, kteří se jejím prostřednictvím mohou učit, doučovat či doškolovat (**uživatel**)



- báze znalostí se může být složena ze 3 částí:
- sématické sítě —
- mají **strukturu grafu**, přičemž každý uzel odpovídá určitému objektu a hrana odpovídá relaci mezi dvěma objekty;  
výhodou sítí je tvorba hierarchické struktury
- rámce — reprezentují stereotypní situace;  
lze je zapojit do hierarchické struktury;  
jednotlivé rámce mají **strukturu formuláře**, které se **skládají z položek**;  
položkám mohou být přiřazeny **procedury**, které mohou být matematicky vykonány



- produkční systémy —

znalosti jsou v systémech obecně vyjádřeny:

procedurálním typem pravidla (situace vyvolá akci) nebo

deklarativním typem pravidla (z předpokladu se vyvodí závěr)



## 9.2.2 Báze dat



- báze obsahuje konkrétní hodnoty o tech. stavu objektu, které se získají
  - a) z **přímého měření** na diagnostik. objektu
  - b) z **externích programů**, které před vstupem do báze dat provedou zpracování signálů (např. FFT, Hilbertova transformace)
  - c) konkrétní data poskytuje **uživatel**, a to v dialogovém režimu s počítačem

## 9.2.3 Řídicí (interferentní) mechanismus



- řídicí mechanismus je hlavní programový modul:  
  
udává strategii využívání znalostí z báze znalostí,  
  
zprostředkovává komunikaci mezi bází znalostí a bází dat a mezi bází znalostí a uživatelem expertního systému





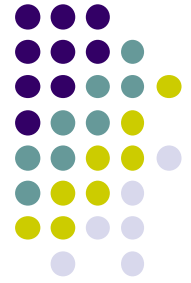
- k metodám řídicího mechanismu patří např.
- agenda –
- asociativní vytvoření a přetvoření zásobníku dalších úkolů
- démoni –
- činnost „skřítků“, kteří pozorují proces a zasahují jen na předem stanovené situace
- tabule –
- účelem je ukládání dílčích závěrů z více bází znalostí; jsou přístupné všem expertům, kteří tvoří dílčí báze znalostí

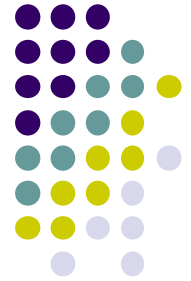
## 9.2.4 Komunikační (vysvětlovací) modul



- zabezpečuje **uživateli** přátelské chování systému ve všech fázích a režimech činnosti
- a) zabezpečuje plynulý **dialog s uživatelem**, poskytuje relevantní informaci o průběhu konzultace (např. zobrazuje jméno právě využívané báze znalostí, tiskne výsledky)

- b) poskytuje **informace z báze znalostí**,  
pak poskytuje **vysvětlení a zdůvodnění** (např. co  
je právě zkoumáno, proč byl položen dotaz, atd.)
- c) **vysvětlovací část** komunikačního modulu  
zprostředkovává on-line interakci  
s hypertextovým či hypermediálním systémem  
(ten obsahuje hierarchicky uspořádaná fakta a  
znalosti z předmětné oblasti, a to nejen v textové  
podobě)
- d) **komunikuje** v přirozeném jazyce,  
zabezpečuje porozumění pokynům





## 9.2.5 Aktuální model

- model je vytvářen aktualizovanými hodnotami jistot, vah, ppstí a dalších poznatků, které jsou v bázi znalostí,  
(viz kapitola o diagnostických modelech)
- tj. současný stav báze a stav právě platných poznatků o řešení problému

# Blokové schéma expertního systému



- Schéma viz str. 26 – propojení:
- 5 modulů a dalších přídatných částí
- 3 typy pracovníků, kteří pracují s expertním systémem

## 9.3 Základní architektury expertních systémů (str. 144)



- Diagnostické expertní systémy
- Plánovací expertní systémy
- Hybridní expertní systémy

## 9.4 Sestavování báze znalostí a znalostní inženýrství (str. 146)

D Ě K U J I  
Z A  
P O Z O R N O S T



Přeji příjemné prožití  
vánočních svátků a  
na shledanou u zkoušky