

# Bezpečnost a spolehlivost systémů DIAGNOSTIKA

Bakalářské studium - 3.ročník

Ing. Tomáš Tichý, Ph.D.  
2005

použitá literatura:

prof.Ing.Milan Lánský,DrSc., Ing.Jan Mazánek:

DIAGNOSTIKA A INFORMAČNÍ DIAGNOSTICKÉ  
SYSTÉMY I.

Univerzita Pardubice, 1998

# Základní definice a názvosloví

## ***Spolehlivost***

- spolehlivost chápeme jako stálost užitečných vlastností výrobku po stanovenou dobu za stanovených podmínek užívání .
- míra pravděpodobnosti, že po jistou dobu či v jistém rozpětí jiných na systém působících nezávisle proměnných se jejich systemové funkce nebudou odchylovat od požadovaných hodnot více než o dovolené odchylky.

## ***Bezpečnost***

- bezpečnost funkce soustav (systémů) budeme chápat jako míru jejich odolnosti jejich funkce (resp. soubor jejich systémových funkcí) vůči rušivým zásahům. Míra pravděpodobnosti, že nedojed ke škodám ani úhoně lidské společnosti

## ***Provozní spolehlivost***

- stálost užitečných vlastností výrobku při jeho provozu v praxi .

# Základní definice a názvosloví technické diagnostiky

- **Technická diagnostika - TD**
- Obor zabývající se metodami a prostředky zjišťování technického stavu objektů. Technickou diagnostikou se zejména rozumí diagnostika bezdemontážní a nedestruktivní.
- **Diagnostický systém - DS**
- Organizovaný systém tvořený diagnostickými prostředky, diagnostikovaným objektem a obsluhou. Cílem jeho činnosti je určení technického stavu diagnostikovaného objektu, a to: okamžitého stavu - diagnózy, budoucího stavu - prognózy a rekonstrukce stavu v minulosti - geneze.
- **Diagnostické prostředky - DP**
- Soubor technických (diagnostických) zařízení, metod a pracovních postupů (např. programové vybavení) umožňující provádět sběr, analýzu a vyhodnocování technického stavu diagnostikovaného objektu. Diagnostické prostředky mohou být realizovány jako součást diagnostikovaného objektu nebo samostatně.
- **Diagnostická veličina (diagnostický signál) - DV**
- Veličina, která je nositelem informace o technickém stavu diagnostikovaného objektu nebo jeho části.

# Základní definice a názvosloví technické diagnostiky (2)

- ***Diagnostický ukazatel (diagnostický parametr)***
- Charakteristika odvozená z diagnostické veličiny (diagnostických veličin), která vyjadřuje vlastnosti diagnostikovaného objektu.
  
- ***Diagnostikování (diagnostická prověrka)***
- Souhrn činností spojených s přípravou testů, jejich provedením v daném sledu a vyhodnocením technického stavu objektu diagnostiky.
  
- ***Diagnostický test (prověrka)***
- Posloupnost úkonů (kroků) potřebných pro stanovení diagnostického ukazatele (diagnostických ukazatelů).
  
- ***Detekce poruchy***
- Identifikace poruchy objektu (nebo jeho funkční části) na základě hodnot diagnostických ukazatelů.

# Základní definice a názvosloví technické diagnostiky

## (3)

- **Lokalizace poruchy**
- Určení místa, rozsahu a příčiny poruchy objektu na základě hodnoty diagnostických ukazatelů.
- **Detekční test**
- Diagnostický test, kterým se zjišťuje, zda je objekt v provozuschopném nebo poruchovém stavu.
- **Lokalizační test**
- Diagnostický test, kterým se zjišťuje místo, rozsah a příčina poruchy diagnostikovaného objektu.
- **Simulace poruchy**
- Metoda zjišťování reakce objektu při uměle vytvořeném poruchovém stavu diagnostikovaného objektu.

# Klasifikace a základní charakteristiky DS

## Technický stav diagnostikovaného objektu

- ***Diagnostikovaný objekt - DO***
- Objekt aplikace technické diagnostiky. Objektem je systém nebo jeho část (prvek) hmotného charakteru (“předmět”) nebo jeho činnost, popř. výsledek jeho činnosti (jev, fenomén).
- ***Technický stav objektu***
- Stav objektu určující jeho schopnost vykonávat požadované funkce za stanovených podmínek jeho užívání. Technický stav je popsán hodnotami diagnostických veličin.
- ***Diagnostikovatelnost***
- Vlastnost objektu vyjadřující způsobilost k použití diagnostických prostředků. Stupeň diagnostikovatelnosti je relativní a souvisí s vlastnostmi použitých diagnostických prostředků.

# Technický stav objektu

diagnostické veličiny (chara Do):

$$\bar{s}(t) = [s_1(t), s_2(t), \dots, s_i(t), \dots, s_n(t)]$$

doplňkové diagnostické veličiny (chara DP):

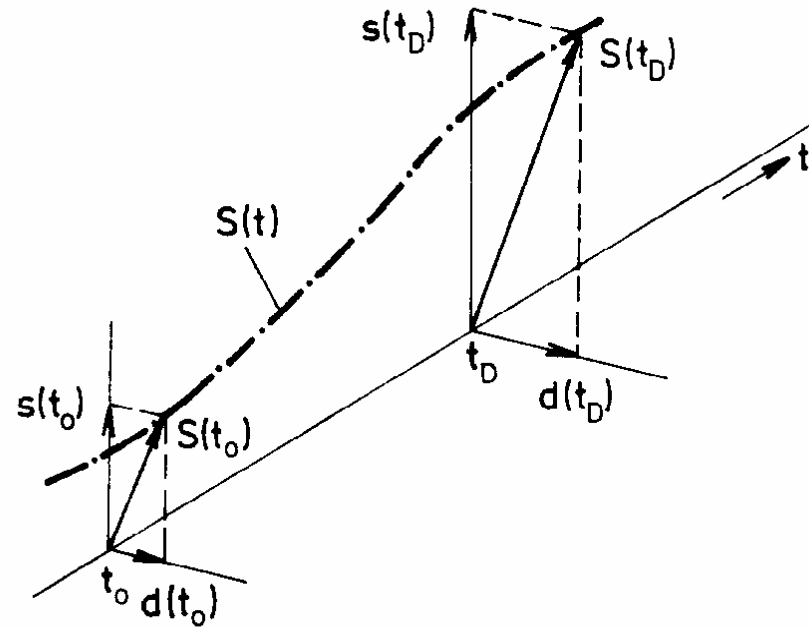
$$\bar{d}(t) = [d_1(t), d_2(t), \dots, d_i(t), \dots, d_m(t)]$$

diagnostická úloha:

- určení technického stavu a jeho diagnostické zhodnocení
  - deterministické
  - stochastické

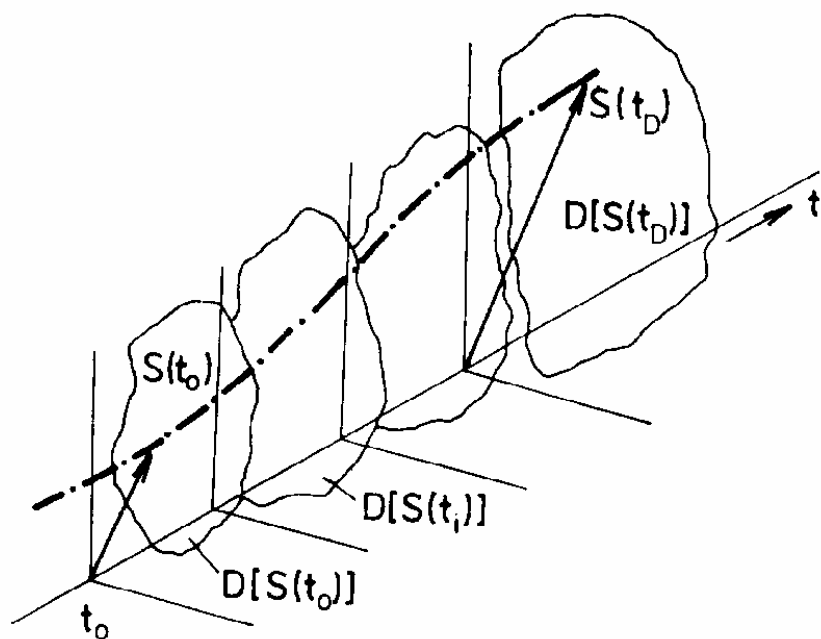


# Trajektorie možných technických stavů

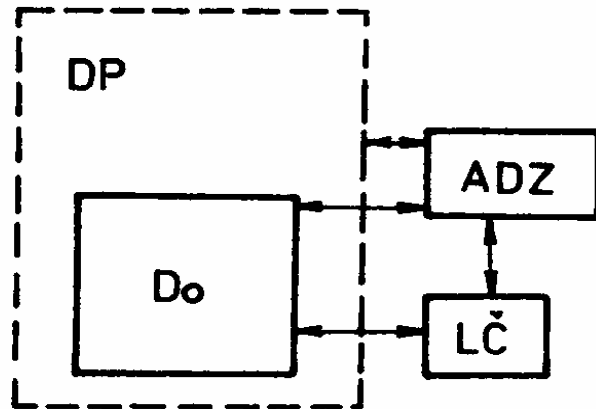


$$\bar{S}(t) = \bar{s}(t) + \bar{d}(t)$$

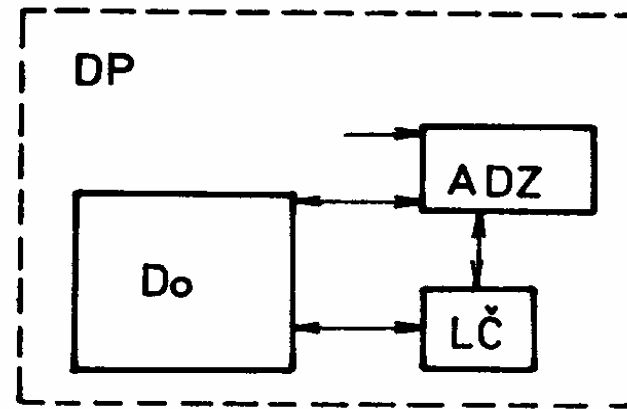
# Prostor diagnóz technického stavu



# Základní formulace diagnostického systému



a)



b)

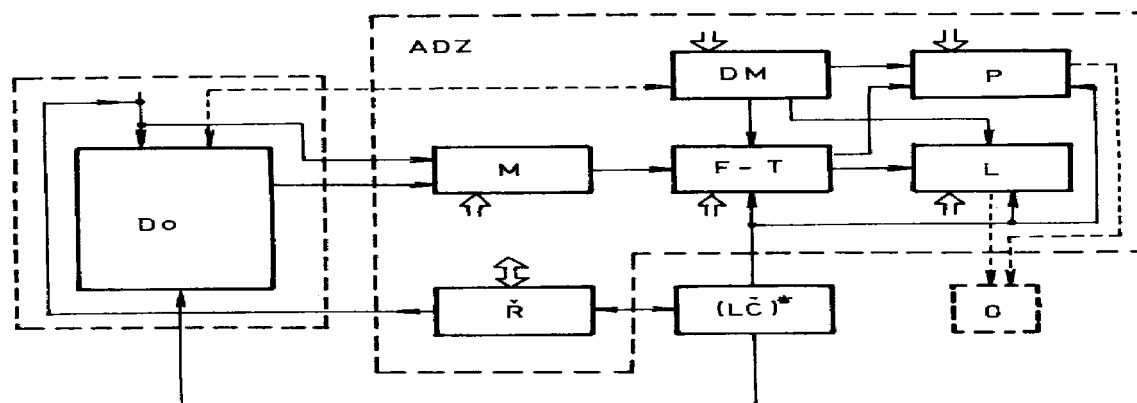
DO – diagnostický objekt

DP – diagnostické pozadí

LČ – lidský činitel

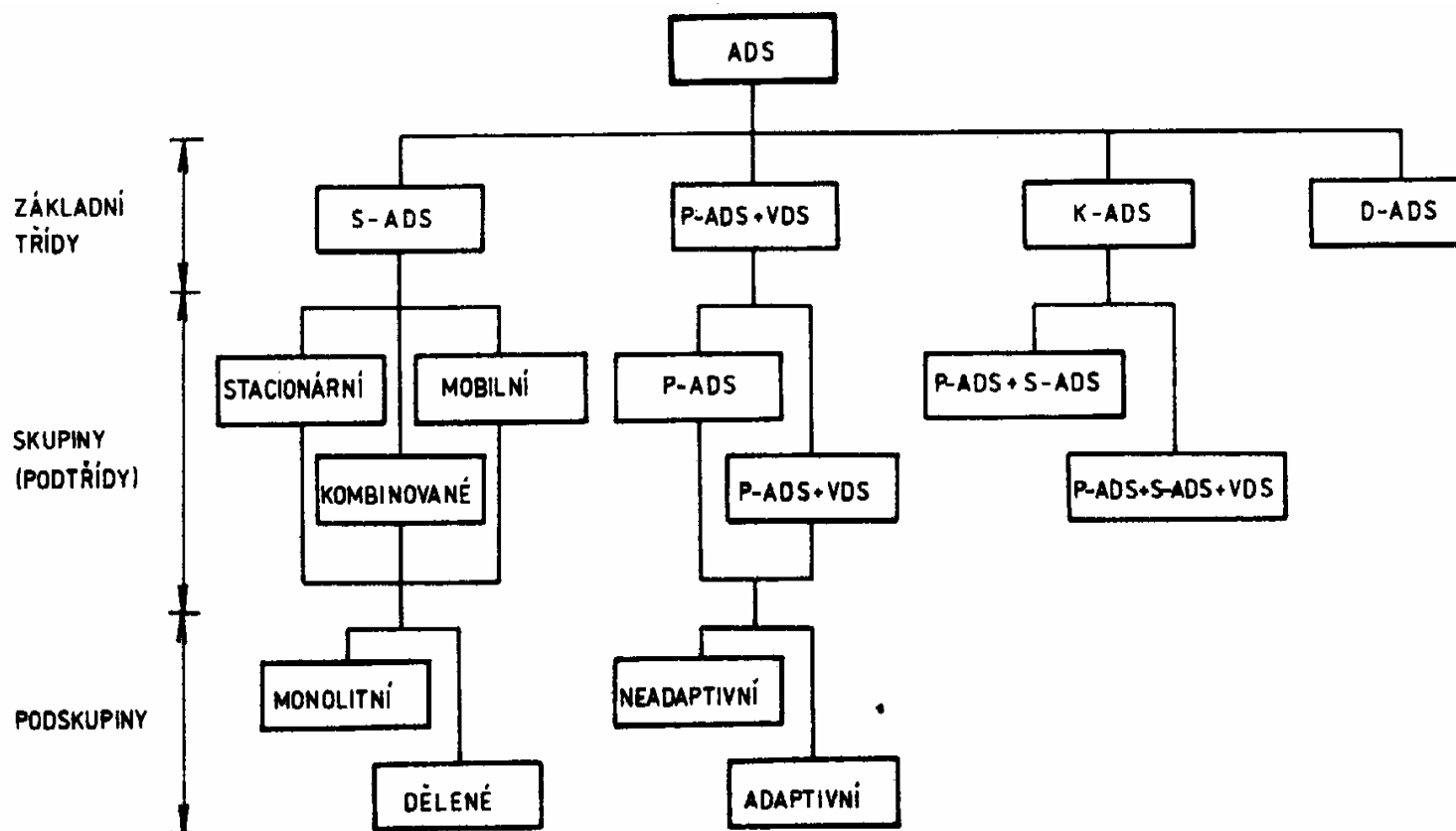
ADZ – automatizované diagnostické zařízení

# Základní strukturální schéma diagnostického systému



- DO ..... diagnostikovaný objekt, dopravní prostředek nebo jeho uzly a části,
- DP ..... diagnostické pozadí,
- DM ..... diagnostický model,
- M ..... subsystém měření,
- F-T ..... subsystém určení technického stavu,
- L ..... subsystém lokalizace poruchy,
- P ..... subsystém prognózování doby další nebo zbytkové provozuschopnosti,
- LČ ..... lidský činitel v různých konkrétních formách,
- Ř ..... subsystém řízení diagnostického systému.
- O..... Obrazovka (output)

# Klasifikace diagnostických systémů



1. S – staniční ADS
2. P – palubní ADS
3. K – komplexní ADS
4. D – distribuované ADS
5. Sp – speciální ADS

VDS – vyhodnocovací diagnostický systém (zařízení)

# Dělení diagnostických systémů

## Dle účelu

- Provozní
- Experimentální
- Výukové

## Dle rozsahu činnosti

- Universální
- Specializované
- Dílčí

## Dle druhu dopravního prostředku

- Železniční
- Automobilové
- Lodní
- Letecké

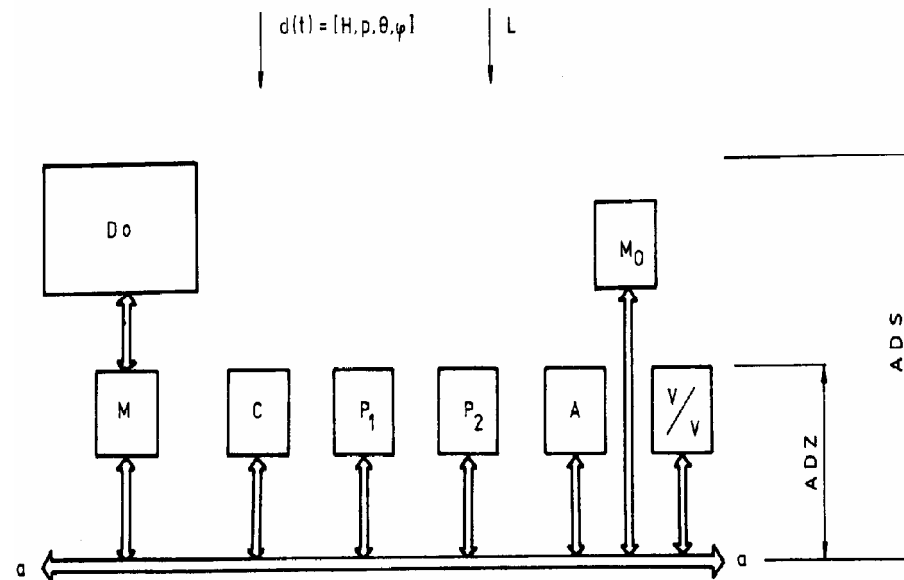
## Dle pracoviště

- Údržbové
- Oprávněnské
- Výrobní

**Staniční ADS**  
**Palubní ADS**  
**Komplexní ADS**  
**Distribuované ADS**  
**Speciální ADS**

# Staniční DS

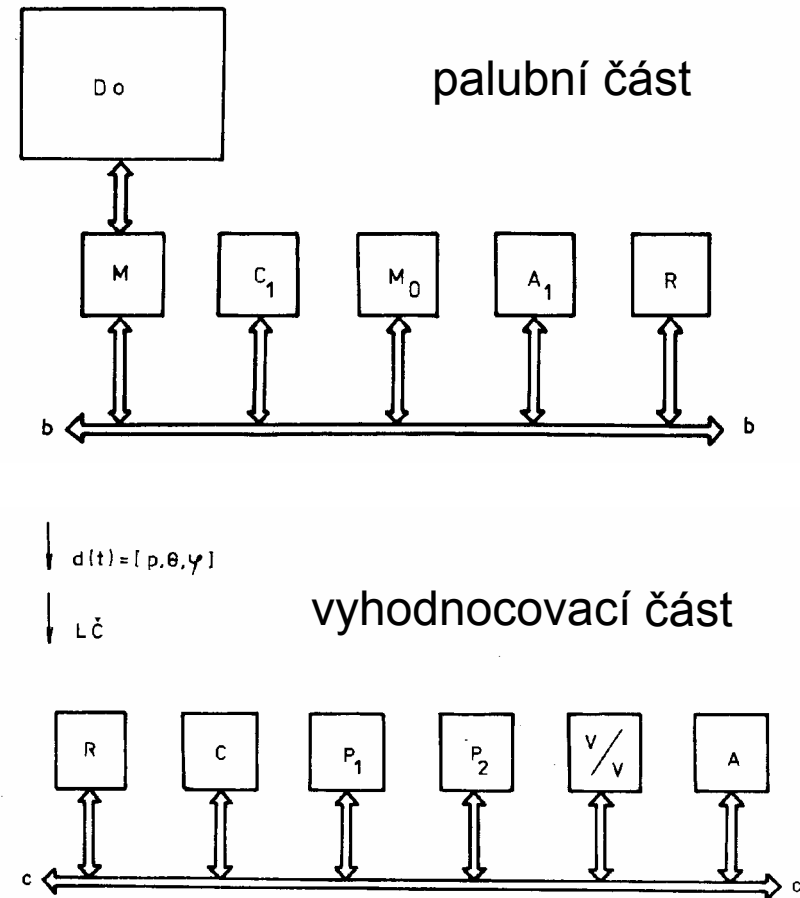
- DO ..... diagnostikovaný objekt,  
 M ..... měřicí modul,  
 C ..... řídicí modul,  
 P1 + P2 ... paměťové moduly,  
 A ..... modul autodiagnostiky,  
 Mo ..... monitorovací modul,  
 V/V ..... vstupně-výstupní modul,  
 a ..... sběrnice,  
 d(t) ..... účinek diagnostického  
 pozadí vyjádřený množinou  
 doplňkových diagnostických  
 veličin:  
 H ..... vliv elektromagnetického  
 pole,  
 p ..... barometrický tlak,  
 Q + f .... teplota a vlhkost okolního  
 vzduchu.



# Palubní DS - neadaptivní DS

## - adaptivní DS

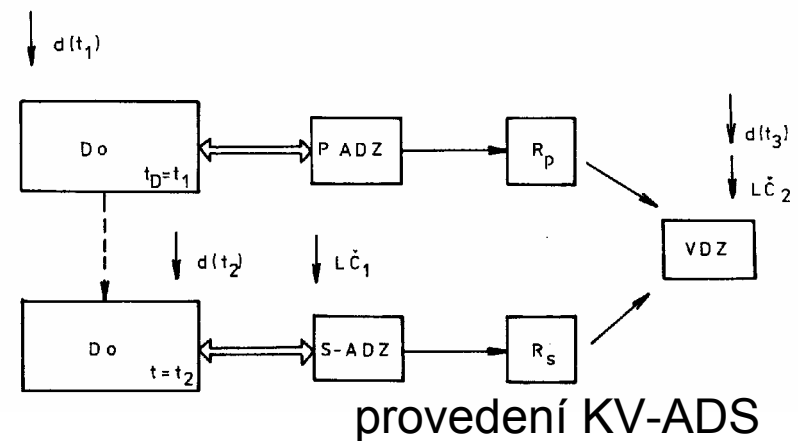
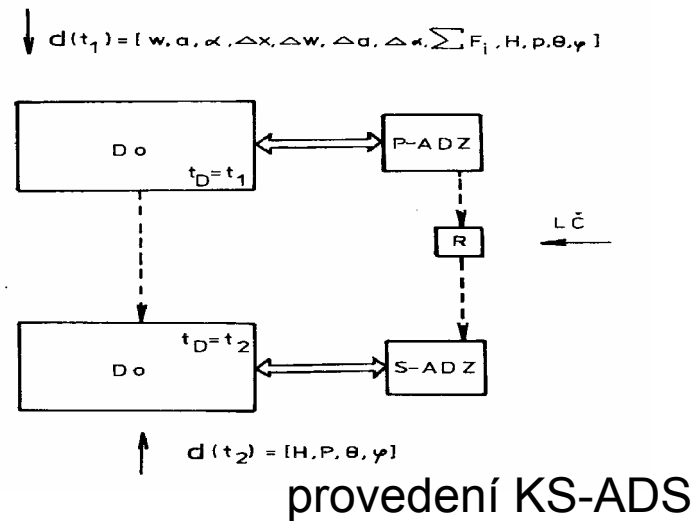
- DO ..... diagnostikovaný objekt,
- M ..... měřicí modul,
- C ..... řídicí modul,
- P1 + P2 ... paměťové moduly,
- A ..... modul autodiagnostiky,
- Mo ..... monitorovací modul,
- V/V ..... vstupně-výstupní modul,
- a ..... sběrnice,
- d(t) ..... účinek diagnostického  
požadí vyjádřený množinou  
doplňkových diagnostických  
veličin:
- H ..... vliv elektromagnetického  
pole,
- p ..... barometrický tlak,
- Q + f .... teplota a vlhkost okolního  
vzduchu.





# Komplexní DS

- a) Komplexní DS vytvořený jednoduchou kombinací palubního a staničního DS.
- b) Komplexní DS je tvořen kombinací palubní a staniční částí, doplněných samostatným vyhodnocovacím zařízením (VDZ),

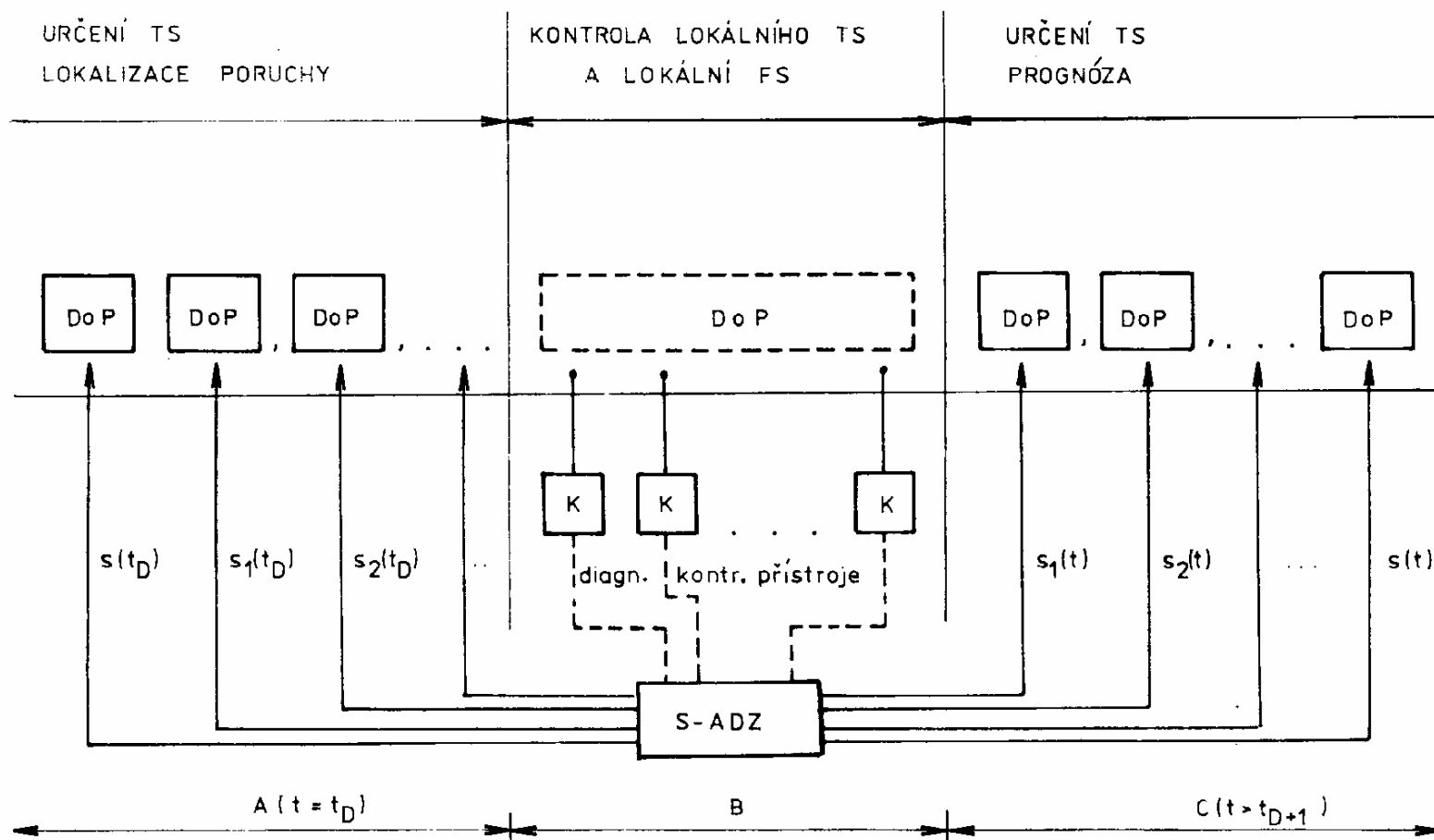


# Distribuované DS

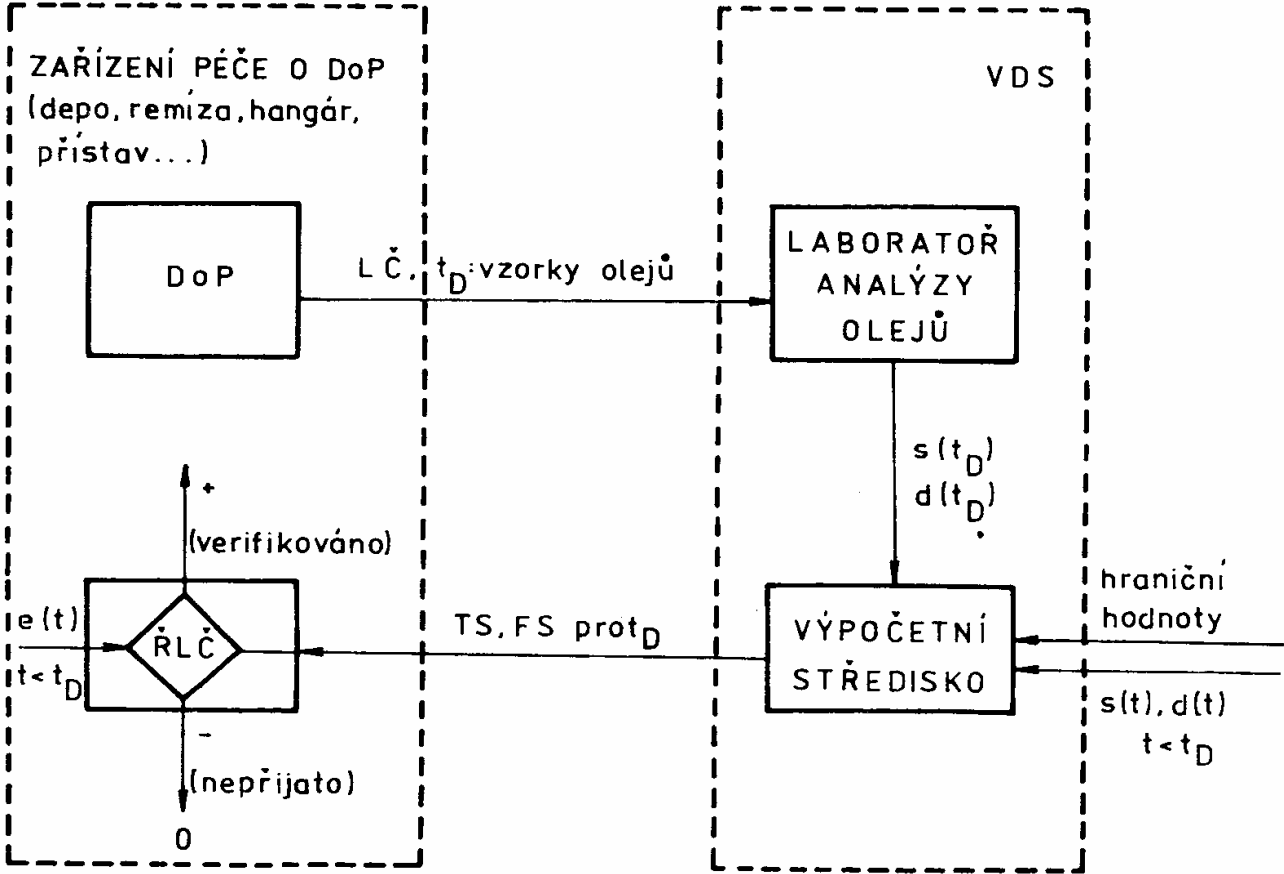
- a) opravárensko výrobní typ,
- b) provozně údržbářský typ,

Distribuované DS jsou prostorově i organizačně rozptýleny, tvoří však uzavřený cyklus diagnostických procedur. Často jsou ve značné míře zastoupeny různé formy lidského činitele, a to zejména v manipulační činnosti.

# Distribuovaný DS opravárensko výrobního typu



# Distribuovaný DS provozně údržbového typu



# Speciální DS

systemy využívající diagnostické informace obsažené v energetických projevech diagnostikovaného objektu

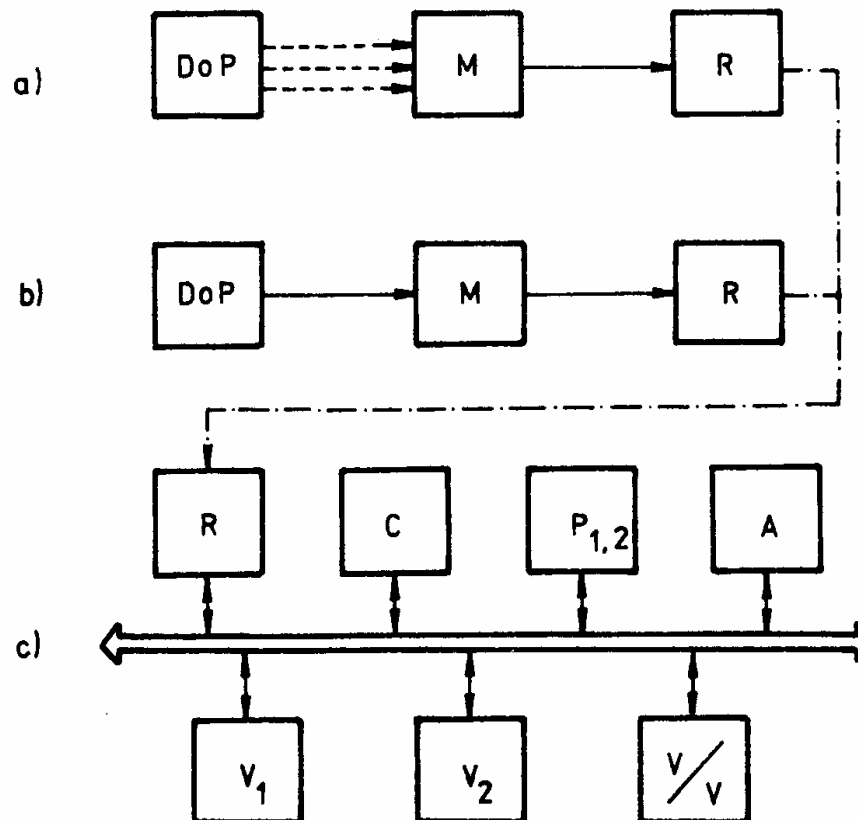
- mechanické vlnění (hluk, emitovaný ultrazvuk, vibrace)
- tepelné záření
- radioaktivní záření
- optické projevy

Nejnáročnější částí “energetického” DS je vyhodnocovací zařízení.

Energetický projev objektu se prostřednictvím snímačů zaznamená na vhodný nosič informací (magnetofonový pás, film, počítačová paměť). Záznam se potom vyhodnotí ve stacionární nebo mobilní laboratoři.

# Distribuovaný ADS energetického typu

DO ..... diagnostikovaný objekt,  
 M ..... měřicí modul,  
 C ..... řídicí modul,  
 P1 + P2 ... paměťové moduly,  
 A ..... modul autodiagnostiky,  
 Mo ..... monitorovací modul,  
 V/V ..... vstupně-výstupní modul,  
 a ..... sběrnice,  
 d(t) ..... účinek diagnostického  
 pozadí vyjádřený množinou  
 doplňkových diagnostických  
 veličin:  
 H ..... vliv elektromagnetického  
 pole,  
 p ..... barometrický tlak,  
 Q + f .... teplota a vlhkost okolního  
 vzduchu.



# Měřené veličiny v diagnostice

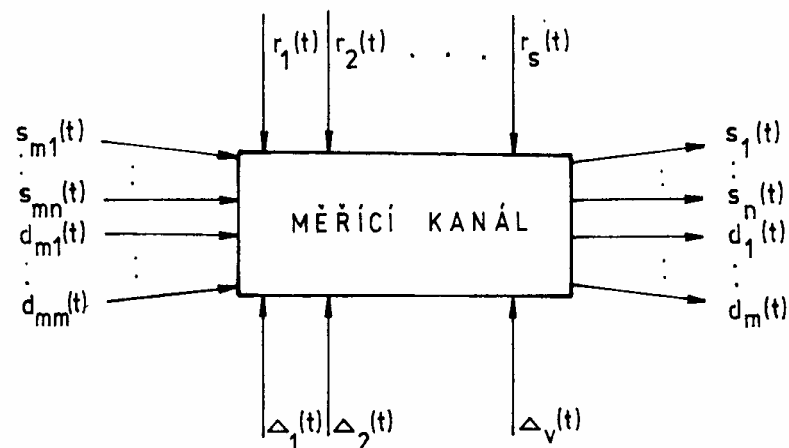
- diagnostické veličiny  $s_i(t)$  - reprezentují technický stav diagnostikovaného dopravního prostředku (Do)
- doplňkové veličiny  $d_i(t)$  - reprezentují stav diagnostického pozadí (DP)
- empirické veličiny  $e_i(t)$  - představují dodatečné informace

další dělení veličin - elektrické

- neelektrické

V diagnostice se všechny měřené veličiny převádějí na elektrické signály.

# Vliv subsystému měření na diagnostické veličiny



vliv okolí (šumu)

$$\bar{r}_1(t) = [r_1(t), r_2(t), \dots, r_j(t), \dots, r_s(t)]$$

vliv kanálu (jeho konstrukce a vlastností)

$$\bar{\Delta}(t) = [\Delta_1(t), \dots, \Delta_k(t), \dots, \Delta_v(t)]$$

vstupují hodnoty měřené:  $s_{mi}(t)$  a  $d_{mi}(t)$

vystupují hodnoty  $s_i(t)$  a  $d_i(t)$

$$s_i(t) = s_{mi}(t) + [r_1(t) \cdot a_{li} + r_2(t) \cdot a_{2i} + \dots + r_j(t) \cdot a_{ji} + \dots + r_s(t) \cdot a_{si}] +$$

$$+ [\Delta_1(t) \cdot b_{li} + \Delta_2(t) \cdot b_{2i} + \dots + \Delta_k(t) \cdot b_{ki} + \dots + \Delta_v(t) \cdot b_{vi}]$$



# Subsystemy DS

## Diagnostikovaný objekt (dopravní prostředek DoP, Do)

- Dopravní prostředek je bází diagnostického systému. Z hlediska hmotné realizace (včetně provozování) je diagnostické zařízení integrální součástí konstrukce dopravního prostředku.

**Při navrhování činnosti a struktury DS je s dopravním prostředkem formálně nakládáno jako se subsystemem DS, což nevyjadřuje jeho hierarchickou podřízenost.**

Je to vyjádření logiky toku diagnostických informací a jejich autonomní zpracování. Je to respektování individuality každého konkrétního dopravního prostředku. Ve skutečnosti DS “slouží” potřebám diagnostikovaného objektu a je jeho podsystémem.

- Dopravní prostředek DoP je objekt strojního charakteru, obsahující elektrické a hydraulické agregáty, hydraulické, pneumatické, elektrické a elektronické systémy.

# Diagnostický model (DM)

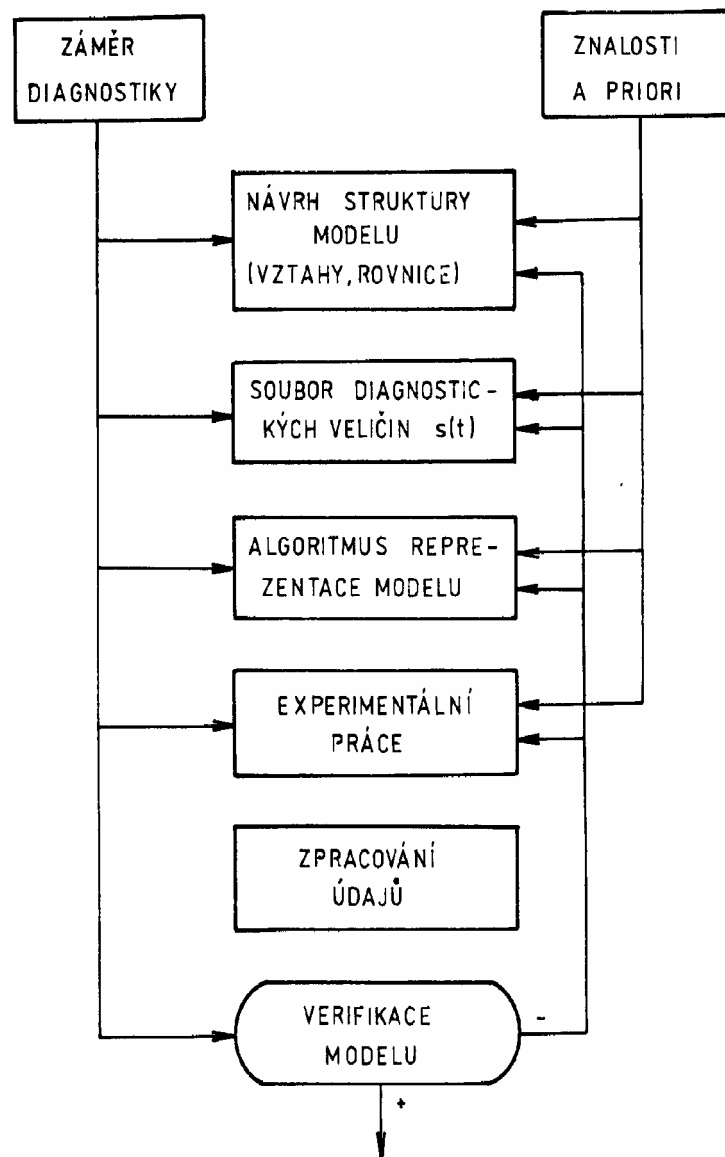
- matematická nebo jiná reprezentace reálného nebo hypotetického objektu
- systém, chovající se při shodných podmínkách stejně jako reprezentovaný objekt
- tři přístupy tvorby diagnostického modelu (DM):
  - 1) analytický
  - 2) experimentální
  - 3) kombinovaný

# Tvorba diagnostického modelu

vychází ze známých základních přírodních zákonů a zákonitostí:

- a) zákon zachování hmotnosti (rovnice kontinuity)
- b) zákon zachování energie
- c) pohybové zákony (hybnost, síla, impuls)
- d) zákonitosti elementárních procesů (výměna hmotnosti a tepla, chemické reakce)
- e) zákonitosti z oblasti spolehlivosti např. rovnice technického života

# Princip postupu tvorby diagnostického modelu

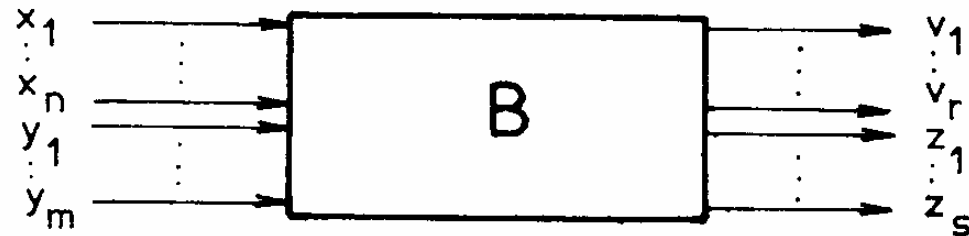


# Druhy diagnostických modelů (DM)

např. podle jejich podstaty:

- fyzické
  - ikonické (obrazové)
  - formální (logické, matematické: deterministické a stochastické).
- 
- statické
  - dynamické
- 
- induktivní (empirické)
  - deduktivní (teoretické).

# Matematické modely



Základní schéma  
matematického modelu

- **funkční modely**
- **logické modely**
- **konečný automat**
- **topologické modely**
- **funkcionální modely**

# Rozdíl mezi modely pro řízení a diagnostiku

posouzení shody modelu s reálným  $D_0$ , tzv. kritérium shody:

$$Q(\varepsilon) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^{\infty} (\varepsilon(t))^v dt$$

kde:  $\varepsilon$  ... rozdíl hodnot určitých odpovídajících si veličin reálného  $D_0$  a jeho modelu,

$T$  ...časový interval sledování,

$t$  ...čas,

$v$  ...exponent určující tvar kritéria,

$v = 1$  ...kritérium střední hodnoty z absolutní odchylky,

$v = 2$  ...kritérium střední kvadratické odchylky,

$v = 1/2$  ...kritérium střední hodnoty druhé odmocniny z absolutní odchylky.

Vztah je matematickou abstrakcí ( $T \rightarrow \infty$ ). V praxi je vždy  $\tau \in \langle 0, T \rangle$ , potom dostaneme vztah:

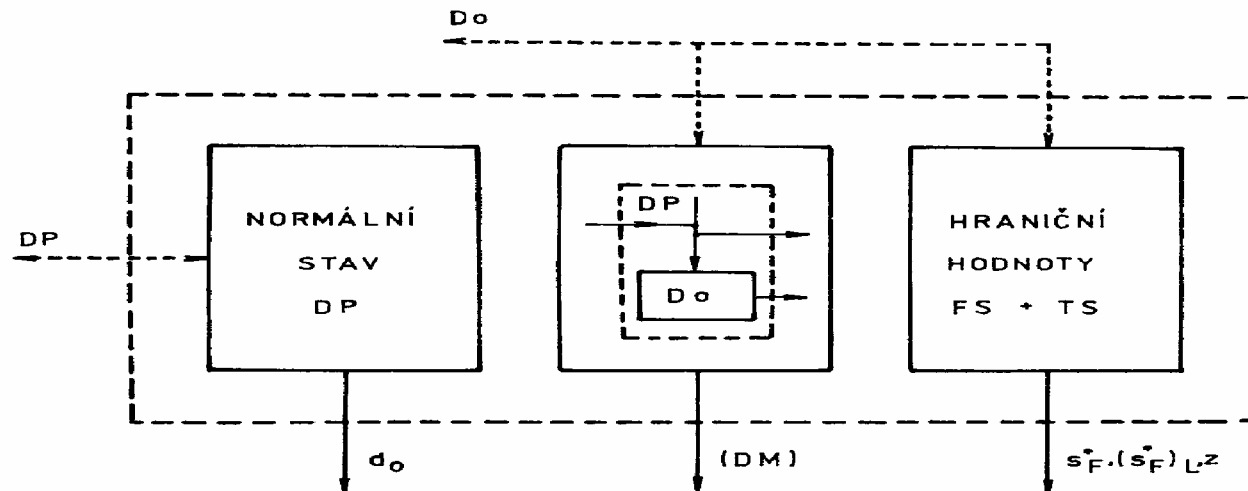
$$Q(\varepsilon) = \frac{1}{T} \int_0^T (\varepsilon(t))^v w(t) dt$$

$w(t)$  ...váhová funkce s hodnotami:

$w(t) = 1$  ...děj je ve zvoleném intervalu

$w(t) = 0$  ...děj mimo interval

# Základní struktura subsystému diagnostický model



- matematický model diagnostikovaného objektu  $D_o$  a jeho  $DP$ ,
- hraniční hodnoty technického stavu, kontrolní hodnoty pro posouzení funkční situace, popř. atlas poruch, atlas prognostických odhadů. TS-technický stav + FS-funkční situace
- hodnoty normálního stavu  $DP$  (klimatických a provozních podmínek)