



národní  
úložiště  
šedé  
literatury

## **Časové závislosti funkcí systémových aliancí**

Novák, Mirko  
2007

Dostupný z <http://www.nusl.cz/ntk/nusl-36919>

Dílo je chráněno podle autorského zákona č. 121/2000 Sb.

Tento dokument byl stažen z Národního úložiště šedé literatury (NUŠL).

Datum stažení: 09.04.2024

Další dokumenty můžete najít prostřednictvím vyhledávacího rozhraní [nusl.cz](http://nusl.cz).



**Institute of Computer Science  
Academy of Sciences of the Czech Republic**

## **Časové závislosti funkcí systémových aliancí**

Autor:  
Prof. Ing. Mirko Novák, DrSc.

Výzkumná zpráva č. V – 989/2007,  
ke grantu č. GA AV ČR) IAA201240701  
„Dynamika systémových aliancí“

Praha, duben 2007

**Souhrn:**

V této výzkumné zprávě jsou uvedeny poznatky týkající se problematiky časových závislostí funkcí dílčích systémů, kooperujících v rámci systémové aliance, získané v r. 2007 při řešení vědeckého grantu GA AV ČR č. IAA201240701 „Dynamika systémových aliancí“.

Zvláštní pozornost je přitom věnována nezbytným rozhraním mezi dílčími kooperujícími systémy, funkci informačních nástrojů aliance (INA), požadavkům na jejich existenční, funkční a strukturální spolehlivost a též problematice vzájemné časové vyváženosti aktivity funkcí dílčích systémů aliance. Tato zpráva má přitom charakter úvodu do celé problematiky a proto v jejím závěru jsou diskutovány podněty pro další fáze výzkumu.

**Abstract:**

In this research report some results concerning the time dependencies of partial system functions realized by systems cooperating of the system alliance reached in the range of the research grant No. IAA201240701 „Dynamics of system alliances“ supported by the Grant Agency of the Academy of Sciences of the Czech Republic.

A special interest is given to the interfaces between cooperating systems, to the function of the information tool (INA) of the alliance, to requirements on the existence, functional and structural reliability and to the problems of mutual time balance of partial system function activities. This report represents introductory study of related problems. In its conclusion the recommendation for further research are therefore presented.

**Klíčová slova:** systémové alliance, spolehlivost, funkční dynamika

**Key words:** system alliances, reliability, functional dynamics

**Obsah:**

1.. Úvod .....	str.3
2.. Struktura systémových aliancí .....	str.3
3.. Časová dynamika funkce aliancí.....	str.9
4.. Požadavky na časovou koordinaci funkce dílčích systémů aliance .....	str.14
5.. Existenční, funkční a strukturní spolehlivost systémů sdružených v alianci.....	str.15
6.. Úloha a význam informačních sběrnic a rozhraní .....	str.26
7.. Závěr.....	str.27
8.. Reference .....	str.30

**1. Úvod**

Pojem „systémové aliance“ se v teorii systémů začal zkoumat poměrně nedávno, především díky aktivitě zemřelého Prof. Dr. Ing. Jaroslava Vlčka, DrSc., který velmi jasnozřivě stimuloval první práce v této oblasti a otevření prvních vědeckých grantů tento výzkum podporujících.

Současný grant tak může vycházet z řady poměrně zásadních poznatků na tomto poli díky stimulaci Prof. Dr. Ing. Jaroslava Vlčka, DrSc. dříve učiněných.

Předchozí práce o spolehlivosti funkce systémových aliancí byly však orientovány především na jejich principiální problémy a problematikou dynamiky jejich chování se zabývaly pouze okrajově.

Při hlubším pohledu na v současné době v úvahu přicházející systémové aliance, především pak na ty, které začínají být uplatňovány v pokročilých dopravních soustavách a zvláště pak v hybridních inteligentních vozidlech (HIV) <sup>1)</sup> se však ukazuje, že velmi zásadní je otázka dynamiky jejich chování a též otázka dynamiky vývoje jejich existenční i funkční spolehlivosti.

Pokud je známo, v odborné literatuře tyto otázky nebyly dosud významněji frekventovány.

Úvodní diskusi této problematiky je proto věnována tato výzkumná zpráva.

**2. Struktura systémových aliancí**

Systémové aliance mohou mít velmi různorodou fyzickou podstatu. Mohou v nich působit systémy fyzikální, chemické, informační, ale též biologické, společenské či ekonomické.

Systémové aliance mohou být fyzicky homogenní a skládat se pouze z jednoho druhu systémů, ale mohou být též fyzicky heterogenní a zahrnovat více druhů fyzicky rozdílných systémů, navzájem jistým způsobem spolupracujících. Je pochopitelné, že tento druhý typ je častější.

Jednodušší systémové aliance bývají většinou strukturně deterministické, alespoň převážně – jejich struktura je poměrně přesně určená a v průběhu existence a funkce aliance se výrazněji nemění.

Složitější systémové aliance, sdružující větší počet spolupracujících dílčích systémů (za složitější budeme zde považovat systémové aliance o více než několika desítkách členů) mohou však mít svou strukturu dynamicky proměnnou (variabilní) a její určenost (determinicita) nemusí být úplná – mohou mít strukturálně do jisté míry neurčitý (fuzzy) charakter.

Biologickým příkladem takových aliancí mohou být velká hejna ryb, kolonie mravenců, hejna včel atd., společenským příkladem velká lidská uskupení (velké politické strany, náboženská hnutí a pod).

Technickým příkladem mohou být rozsáhlé umělé neuronové sítě.

V technických aplikacích se jedná obvykle o aliance s převážně deterministickou strukturou, i když třeba variabilní. Nicméně v některých případech velmi složitých aliancí může i u technických aliancí fuzzy charakter jejich struktury přicházet v úvahu, případně i dominovat.

V problematice dopravních věd jsou systémové aliance poměrně časté. To souvisí s poměrně značnou složitostí současných dopravních celků, ať za ně považujeme jednotlivé dopravní prostředky nebo jejich celá uskupení, zajišťující dopravní funkce a obsluhu ve větších územních celcích (městech, regionech či státech).

Narůstající požadavky na ekonomické, ekologické, výkonové i spolehlivostní parametry vozidel, vlaků, lodí i letadel vedou pak k tomu, že i v jejich strukturálním uspořádání se uplatňují v poměrně složité vzájemné interakci četné, v podstatě

---

<sup>1)</sup> Skutečnost, že v oblasti dopravy se v současnosti vyskytuje řada soustav, které svou vnitřní složitostí vyžadují, aby jak k jejich analýze, tak zejména k jejich syntéze – tj. návrhu, vývoji a realizaci – bylo přistupováno z hlediska teorie systémových aliancí vysvětluje, proč právě o oblasti věd o dopravě (transportation sciences) se jim věnuje značná pozornost. Pojetí systémových aliancí a poznatky na tomto poli získané mají však značný význam, teoretický i praktický, i v četných jiných, zdánlivě odtažitých oblastech, jako ne např. neurologie, telematika, řídicí technika, ekonomie aj.

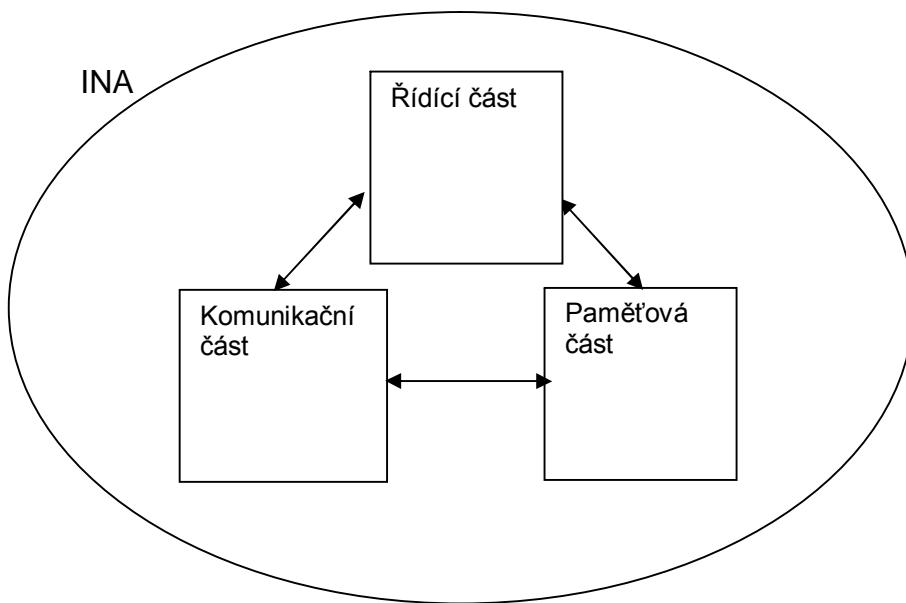
heterogenní systémy, jako celek vykazující žádané alianční funkce. To je typické, jak ukázal již v [1] P. Vysoký např. pro novodobé automobily s hybridním pohonem a intelligentním řízením (HIV – Hybrid Intelligent Vehicle).

U pokročilých aliancí interagují jednotlivé v nich zúčastněné dílčí systémy navzájem, komunikují a sdílejí informace o jejich funkční situaci a o vnitřních i vnějších podmínkách jejich činnosti.

To se děje prostřednictvím informačních nástrojů aliance (často se v tomto případě mluví o informačním systému aliance, avšak zde, abychom omezili obvyklou neurčitost v užívání pojmu systém, dáme přednost termínu „nástroj“).

Informační nástroj aliance INA může funkčně splývat s jejím řídicím centrem nebo mu může sloužit.

INA má proto jednak svou řídící, komunikační a paměťovou část (viz obr. 1).



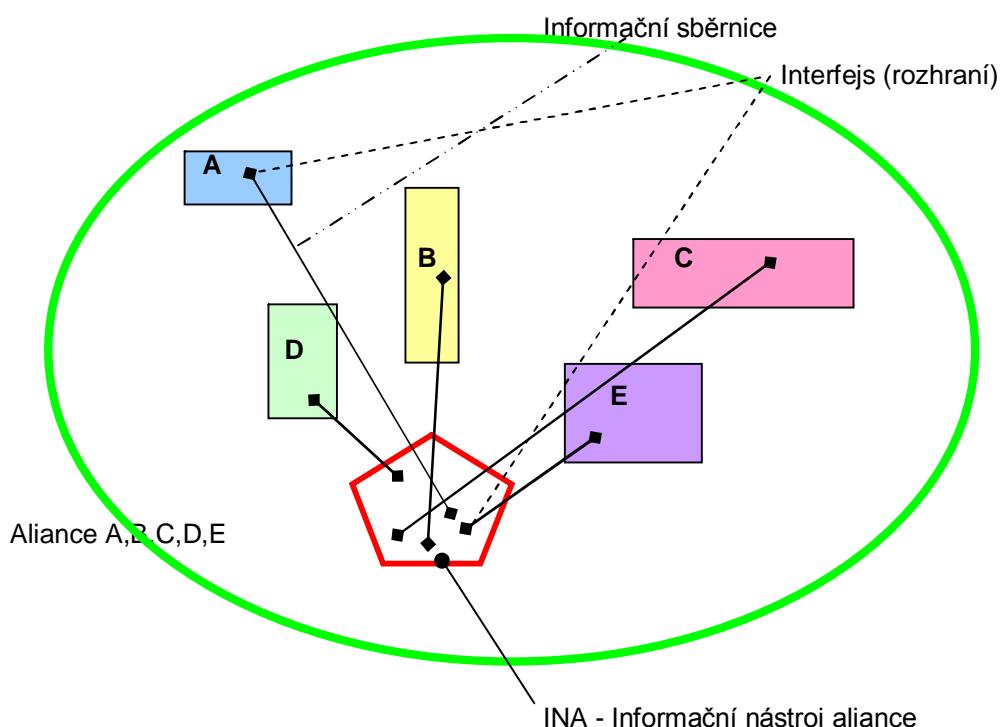
Obr.1: Základní části informačního nástroje aliance

V obr. 1 je pro jednoduchost každá část INA naznačena jen jednou. Je pochopitelné, že ve struktuře reálného INA může působit několik jednotlivých jeho strukturálních částí.

Informační nástroj aliance INA je s jednotlivými dílčími systémy propojen prostřednictvím informačních sběrnic. Po nich jsou přenášeny jednak informace o vnějších stimulech na jednotlivé členy aliance působící, jednak informace o vnitřních stavech těchto členů a jejich schopnosti plnit požadované funkce a jednak pokyny INA k celkové činnosti aliance.

Informační sběrnice se s jednotlivými systémy stýkají pomocí informačních rozhraní (interfejsů, v terminologii umělých neuronových sítí pak synapsí).

Na obr. 2 je naznačeno velmi jednoduché schéma zapojení takového informačního nástroje do systémové aliance 5ti dílčích systémů.



Obr. 2: Informační nástroj pro alianci systémů A,B,C,D a E.

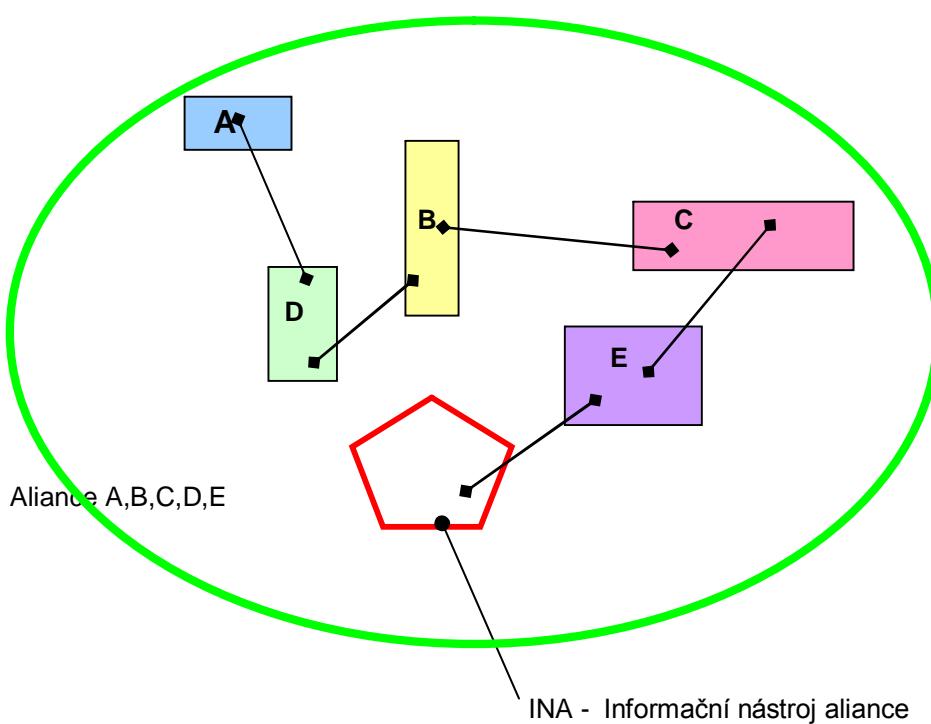
Topologie informačních sběrnic může být poměrně rozmanitá. Informační sběrnice mohou propojovat všechny zúčastněné dílčí systémy přímými vazbami (úplně propojená struktura, typická např. pro tzv. Hopfieldovy umělé neuronové sítě) nebo, jak je naznačeno na obr.2, může mít též hvězdicový charakter. Další alternativou struktury informačních sběrnic aliance je sériové, řetězové uspořádání, viz obr. 3.

Takové uspořádání je očividně jednodušší, avšak komunikace je vždy pouze od jednoho systému k druhému, byť obousměrně a tedy jakákoli porucha některé sběrnice či rozhraní znamená celkové přerušení komunikace.

Je-li spolehlivost dílčího informačního přenosu mezi i j označena jako  $H_{ij}$ , pak spolehlivost přenosu po celé takovéto sériové struktuře je

$$H = \prod H_{ij} ,$$

a to bez ohledu na to, v které části řetězu je zapojen informační nástroj celé aliance.

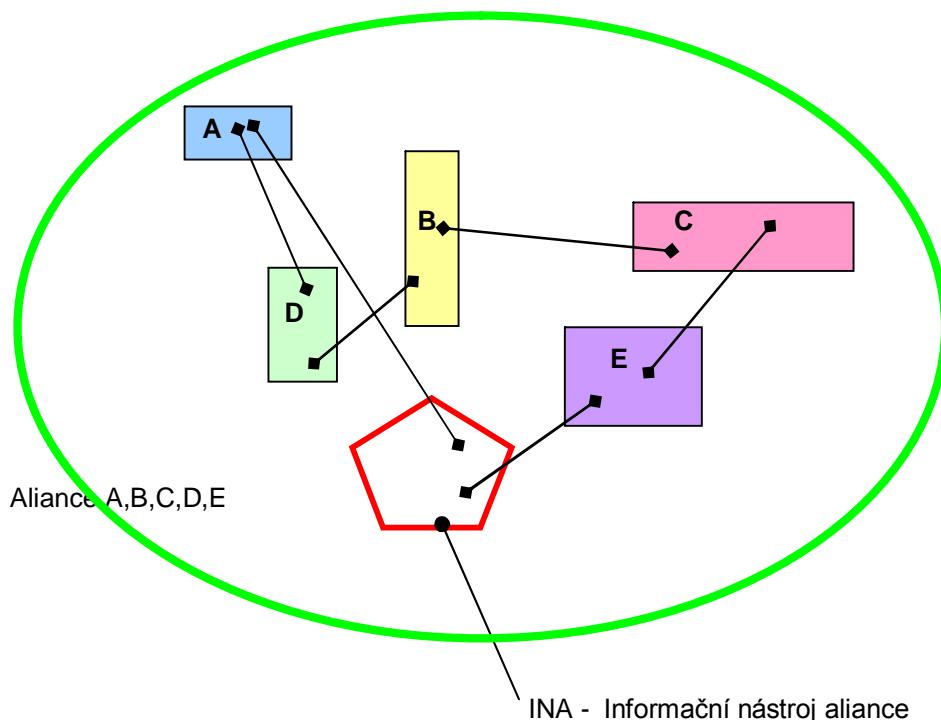


Obr. 3: Sériové (řetězové) uspořádání struktury informačních sběrnic aliance

Protože pro všechna  $i$  a  $j$  je vždy  $H_{ij} < 1$ , je  $H$  tím menší, čím je větší počet  $N$  systémů v alianci spolupracujících. Sériová struktura je tedy použitelná je pro velmi jednoduché aliance.

Jejím vylepšením s hlediska spolehlivosti je pak struktura kruhová, oběhová.

Ta je schématicky naznačena na obr.4.



Obr. 4: Kruhové (oběhové) uspořádání struktury informačních sběrnic aliance

Je zřejmé, že u této struktury přidání jediné informační sběrnice celkovou spolehlivost přenosu významně zvýší a že při možnosti obousměrného přenosu informací ve sběrnici může funkčnost INA a tím i celé aliance být zachována i při libovolném jednom přerušení okruhu sběrnic.

U aliancí s velmi vysokým počtem členů  $N$  hraje uspořádání alianční informační struktury velmi významnou roli. Aby bylo možno dosáhnout dostatečně vysoké celkové spolehlivosti přenosu  $H$ , používají se v takových případech různé hierarchicky uspořádané kombinace hvězdicových a úplně propojených struktur.

Problém optimální informační struktury pro alianci o vyšším počtu členů je obecně otevřen. Významným přínosem k jeho řešení mohou být poznatky o informačních strukturách ve větších aliancích živých organizmů.

Dalším důležitým faktorem je rychlosť přenosu informace v informační struktuře aliance. Ta je limitována dobou přenosu informací mezi informačním nástrojem aliance s všemi jejími dílčími systémy.

Označíme-li dobu přenosu mezi dvěma v informační struktuře aliance sousedními dílčími systémy jako  $t_{ij}$ , pak u sériové struktury je celková doba přenosu  $t$

$$t = \sum t_{ij} + t_n,$$

kde  $t_n$  je doba přenosu mezi v sériové struktuře koncovým (resp. prvním) systémem a informačním nástrojem aliance.

Z hlediska rychlosti přenosu je tedy výhodnější hvězdicová, resp. zcela propojená struktura.

U hvězdicové struktury je při posuzování celkové rychlosti přenosu rozlišit mezi přenosem k INA a přenosem mezi jednotlivými dílčími systémy aliance. Rychlosť přenosu k INA je omezena rychlosťí nejpomalejší sběrnice, působící mezi INA a jednotlivými dílčími systémy aliance. Doba přenosu mezi jednotlivými dílčími systémy aliance je dán součtem dob přenosu po příslušných sběrnicích a dobou potřebnou pro průchod těchto informací přes INA.

U úplně propojené struktury sběrnic, jejímž klasickým příkladem je Hopfieldova neuronová síť, je celková doba přenosu  $t_c$  omezena nejpomalejší v síti působící sběrnicí (její délku a přenosovou rychlosťí) a dobou průchodu relevantních informací k INA.

Struktura aliance, jejíž některé případy jsme v předchozím uvedli, též zásadním způsobem vymezuje možnosti časové dynamiky realizace a vzájemné interakce jednotlivých funkcí dílčích systémů v alianci působících. Například u sériové struktury zřejmě není možná současná interakce mezi všemi dílčími funkcemi v alianci působících systémů. Podobně je tomu i u struktur kruhového, oběhového charakteru. Naproti tomu struktury s paralelním charakterem možnost takové současné interakce přinášejí bezprostředně.

Úhrnem je nutno konstatovat, že podobně jako je tomu u neuronových sítí, i při úvahách o systémových aliancích je nutno počítat s jistou integritou pojmu struktury a možné časové dynamiky funkce aliance, promítající se do pojmu paradigmatu aliance, v němž však na rozdíl od klasických umělých neuronových sítí se uplatní i působení informačního nástroje aliance INA.

Obvykle je předpokládán deterministický a vlivem nezávisle proměnných (především času  $t$ ) na alianci působících neproměnný charakter jejich paradigmátu.

Nicméně u velmi vyspělých aliancí je nutno vzít v úvahu i možnost dynamicky proměnné jejich struktury a celého jejich paradigmatu.

Takové aliance mohou pak vykazovat velmi vysoký stupeň jejich celkové adaptivity a tedy i vysokou existenční i funkční spolehlivost.

Některé s tím související úvahy budou blíže prezentovány dále.

### 3. Časová dynamika funkce aliancí

U všech systémových aliancí probíhají realizace systémových funkcí  $F_i$ , kde  $i = 1 \dots N$  (pro  $N$  v alianci spolupracujících dílčích systémů) a  $F_i = \{F_{ik}\}$ ,  $k=1 \dots K$  (kde  $K$  je celkový počet systémových v úvahu přicházejících systémových funkcí jednotlivých v alianci zúčastněných dílčích systémů) v reálném čase<sup>2)</sup>.

Zahájení a ukončení všech těchto realizací pochopitelně nemusí nastat současné, je však nanejvýš žádoucí, aby bylo koordinované a aby jednotlivé systémové funkce byly uskutečňovány ve vzájemném souladu.

Zajištění této koordinace má provádět – kromě jiné činnosti - již zmíněný informační nástroj aliance INA.

Protože časová souslednost realizace jednotlivých souborů systémových funkcí  $F_j$  se může dynamicky měnit, mohou se podle této dynamiky měnit též požadavky na rychlosť přenosu uvnitř aliance.

Nejvyšší nároky z tohoto hlediska vzniknou v případech, kdy realizace systémové funkce  $F_{j+1}$  jisté dílčí aliance má následovat těsně po skončení realizace funkce  $F_j$  aliance předchozí, tedy kdy jednotlivé realizace mají následovat bezprostředně za sebou, s minimálním časovým odstupem  $\Delta t_{F_j, F_{j+1}} \rightarrow 0$ . Pak INA musí sledovat jak průběh funkce  $F_j$ , tak i signály, vedoucí k jejímu ukončení a zavážas dát podnět k zahájení realizace funkce  $F_{j+1}$ . Musí tedy provádět potřebnou predikční diagnostiku<sup>3)</sup> tak rychle, aby nemohlo dojít k přerušení posloupnosti realizací funkcí aliance.

To je jedna ze základních podmínek spolehlivosti funkce celé takové aliance.

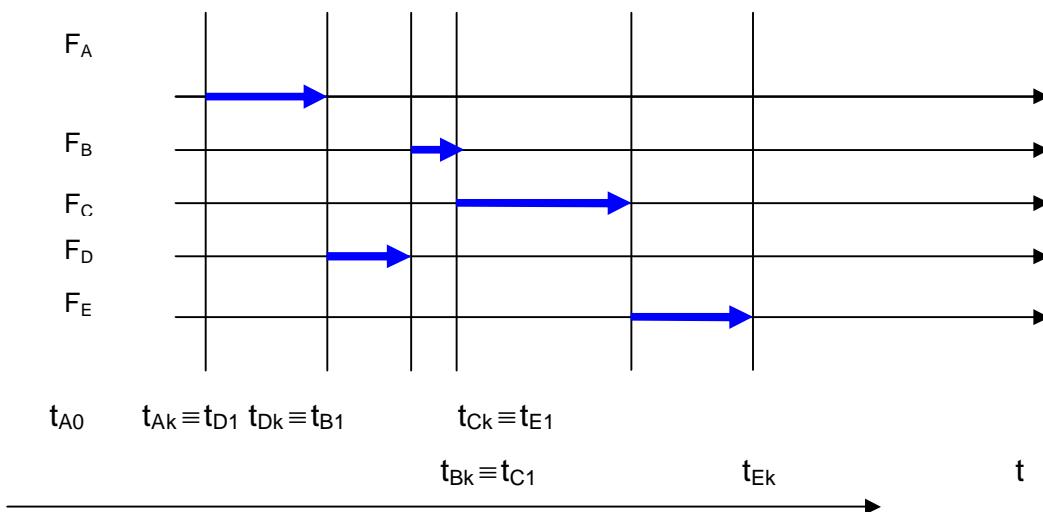
Požadavky na dostatečně rychlé provedení predikční diagnostické působení INA přicházejí v úvahu ovšem i tehdy, když celková činnost aliance připouští nebo dokonce předpokládá mezi realizacemi jednotlivých dílčích systémových funkcí  $F_j$  jisté nenulové prodlevy  $\Delta t_{F_j, F_{j+1}}$ , nebo i v případech, kdy při realizaci funkcí  $F_j$  dochází k plánovitým časovým překryvům a kdy tedy  $\Delta t_{F_j, F_{j+1}}$  nabývá záporných hodnot.

Všechny tyto tři základní situace časové dynamiky realizací systémových funkcí jednotlivých systémů aliance jsou znázorněny na jednoduchém příkladu, ukázaném na obr. 5.

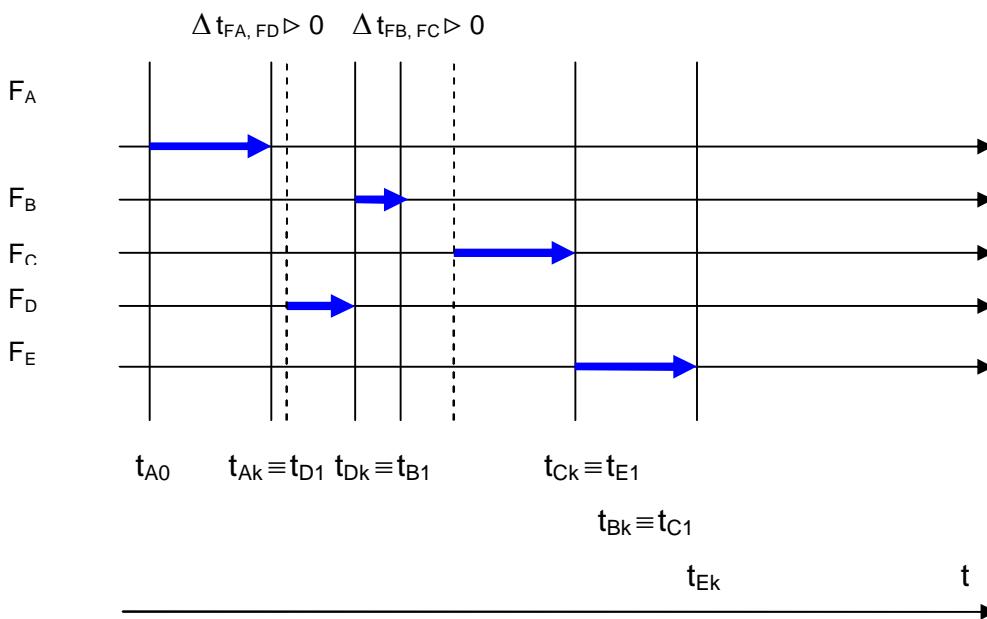
---

<sup>2)</sup> Čas zde chápeme jako jedinou, absolutně nezávisle proměnnou. V dalším se zmíníme o případech, kdy roli dominantní nezávisle proměnné může hrát jiná veličina (fyzikální či jiná).

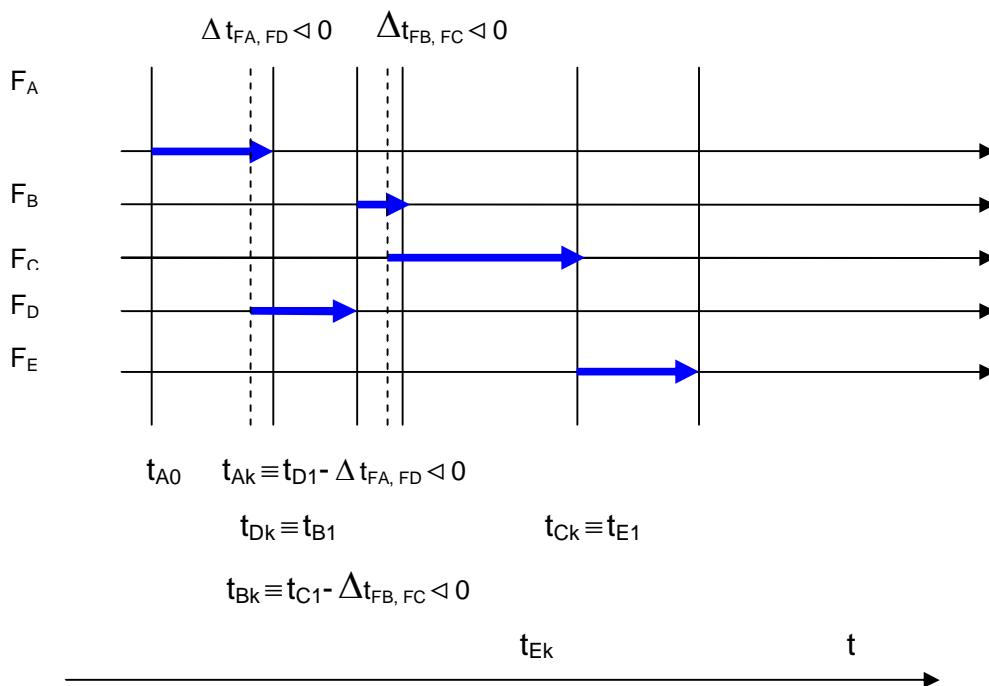
<sup>3)</sup> Predikční diagnostika představuje mimořádně důležitý metodický nástroj pro analýzu i optimalizovanou syntézu a provoz všech systémových aliancí. Principiální úvahy o ní byly soustavněji uvedeny již např. v [...]. Zde je v souvislosti s dynamikou systémových aliancí o roli predikční diagnostiky zmíníme v kap.5



Obr. 5a: Příklad časové koordinace realizace dílčích systémových funkcí pro jednoduchou alianci z obr.3, která má sériovou strukturu a postupnou realizaci jednotlivých systémových funkcí při hodnotách  $\Delta t_{F_j, F_{j+1}} \rightarrow 0$ . Zde indexy 1 značí začátek a indexy k konci realizace příslušné dílčí alianční funkce.



Obr. 5b: Příklad časové koordinace realizace dílčích systémových funkcí pro jednoduchou alianci z obr.3, která má sériovou strukturu a postupnou realizaci jednotlivých systémových funkcí při konečných kladných hodnotách  $\Delta t_{F_A, F_D}$  a  $\Delta t_{F_B, F_C}$ . Zde indexy 1 značí začátek a indexy k konci realizace příslušné dílčí alianční funkce.

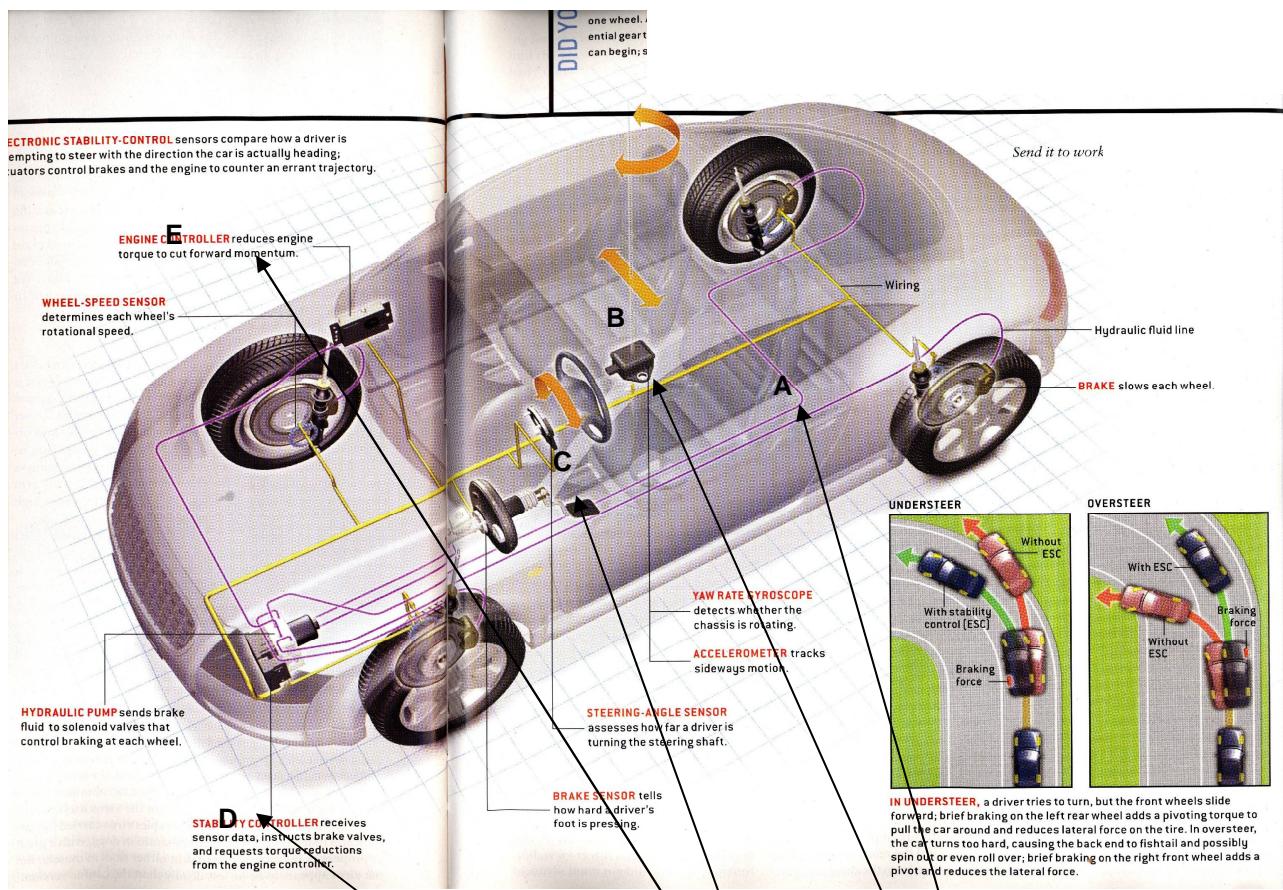


Obr. 5c: Příklad časové koordinace realizace dílčích systémových funkcí pro jednoduchou alianci z obr.3, která má sériovou strukturu a postupnou realizaci jednotlivých systémových funkcí při záporných hodnotách  $\Delta t_{FA, FD}$  a  $\Delta t_{FB, FC}$ . Zde indexy 1 značí začátek a indexy k konec realizace příslušné dílčí alianční funkce.

V tomto obrázku jsme uvažovali příklad jednoduché aliance, u níž je zahájení a ukončení realizace všech dílčích aliančních funkcí jednoznačně determinováno.

To je ovšem zidealizovaný případ. U skutečných aliancí, zejména pak těch, které se uplatňují v progresivních dopravních prostředcích (poměrně jednoduchý příklad takové aliance představuje třeba systém elektronické stabilizace pozice vozidla, označovaný jako EPS nebo ESC (v USA), jehož uspořádání je schématicky naznačeno na obr. 6) dochází k celé řadě situací, v nichž klíčový význam mají právě zde diskutované časové závislosti jednotlivých aliančních funkcí.

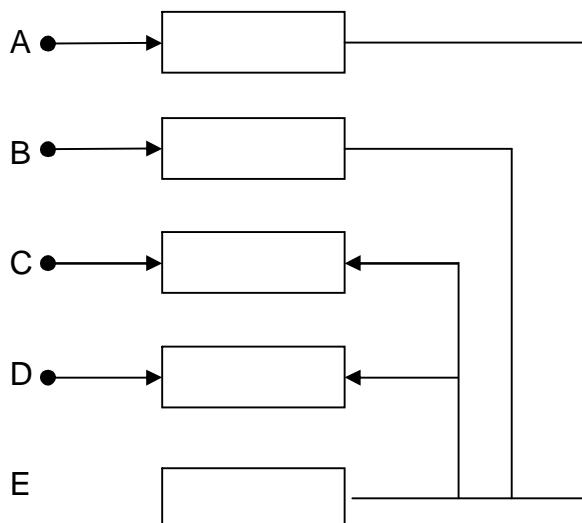
Např. u systému EPS, naznačeného na obr. 6 jde v zásadě o alianci 5 dílčích systémů:



Obr. 6: Schématické uspořádání systému pro elektronickou stabilizaci pozice vozidla na vozovce (EPS, u USA ESC – Electronic Stability Kontrol) – převzato z časopisu Scientific American, March 2007.

- Systému stimulů z palubního gyroskopu a akcelerometrů (systém A v obr.6),
- Systému senzorů stimulů generovaných řidičovýma rukama na volantu (systém B v obr.6),
- Systému senzorů brzd a řízení brzd (systém C v obr.6),
- Systému kontroly stability vozidla (systém D v obr. 6).
- Systému kontroly a řízení výkonu motoru (systém E v obr.6), působí jako INA.

Na obr. 7 je nakresleno zjednodušené blokové schéma takové systémové aliance:



Obr. 7: Zjednodušené blokové schéma systémové aliance z obr.6

V reálných situacích jednak nemusí zahájení a ukončení realizace jednotlivých dílčích aliančních funkcí být 'deterministicky specifikováno, jednak může být vázáno na splnění některých podmínek a sám proces náběhu a ukončení funkcí může mít svou specifickou dynamiku. Respektování příslušných přechodových procesů může vyžadovat poměrně náročnou analýzu. Taková situace nastává již při analýze a optimalizaci funkcí systémových aliancí představovaných stávajícím uskupením řídicích a asistenčních systémů v standardně vybavených osobních automobilech.

#### 4. Požadavky na časovou koordinaci funkce dílčích systémů aliance

Již z předchozího jednoduchého případu aliance systému elektronické stabilizace pozice vozidla, která má pouze 5 členů je zřejmé, že pro celkovou spolehlivost funkce takové aliance bude velmi záležet na dodržení správné časové souslednosti činnosti jednotlivých dílčích systémů v alianci působících. Ve schématu na obr. 7 se to týká zejména systémů C a D, u nichž by nesprávná koordinace funkcí mohla snadno vést nikoliv ke stabilizaci jízdy, ale naopak k její nestabilitě až ke smykům.

Úlohu koordinátora realizace dílčích funkcí systémů aliance hraje obvykle INA. Ten musí analyzovat podmínky k zahájení jednotlivých dílčích funkcí, specifikovat jejich intenzitu a posuzovat jejich uplatnění v celkové činnosti aliance. K tomu mu slouží soustava senzorů, poskytujících mu jednak údaje o činnosti dílčích systémů a jejich výsledcích, jednak o jejich průmětech do celkové činnosti aliance.

Kromě toho musí INA pečovat o dostatečně vysokou jak existenční, tak i funkční diagnostiku všech jednotlivých v alianci působících systémů i celé alliance.

Této problematice, která má pro život a uplatnění alliance klíčovou důležitost se věnujeme blíže v následující kapitole.

## 5. Existenční, funkční a strukturní spolehlivost systémů sdružených v alianci

Pojem systémová aliance byl dosud obvykle vztahován především k nejvyšším stupňům uspořádání systémů živých, kde ať již vynucenou či dobrovolnou potřebou účelné spolupráce mezi jednotlivými existujícími systémy dochází k vytvoření vyššího stupně uspořádání a tedy i vyššího stupně vzájemných vazeb mezi jednotlivými komponentami – dílčími systémy, tj. k systémové alianci.

Bylo by možno vést námitku, že takové vazby lze vytvořit přímo mezi jednotlivými nižšími komponentami příslušné systémové aliance, avšak takový způsob uspořádání by vedl k nadmerné složitosti ve vzájemných vazbách a vzhledem o obecně platnému principu omezení počtu uvažovaných parametrů vzhledem k mře neurčitosti ve specifikaci jejich hodnot (viz [6-9]) by jeho důsledkem byl velmi vysoký stupeň neurčitosti ve výsledných funkčních hodnotách celé systémové aliance.

Empirické pravidlo, odvozené v pracích [6 až 9] vede k poznatku, že počet komponent uspořádaných v jednotlivém hierarchickém stupni nemá být při běžném stupni neurčitosti v určení hodnot parametrů příslušných hierarchicky nižších komponent (ten lze odhadovat obvykle asi okolo 10% větší než asi 6 až 10.

To velmi dobře koresponduje s letitou zkušeností s vhodným uspořádáním rozličných organizačních struktur, od ekonomických a politických až po vojenské.

Je proto ve většině případů účelné dodržet jistou míru hierarchie uspořádání struktury uvažovaného komplexu s mírou členění jednotlivých hierarchických úrovní asi 6 až 10. To platí zřejmě zcela obecně.

Vyjdeme-li od jednotlivých systémových prvků, jejichž vlastnosti se snažíme modelovat pokud možno jediným reálným parametrem, pak v přechodu k nejvyšším výše uvedeným systémovým celkům, za něž zde považujeme systémové aliance, se dostáváme k celkem  $10^4$  elementů, které by mohly být vztaženy do oblasti působnosti jedné systémové aliance. Praktická zkušenost (především z oblasti konstrukce mikroelektronických integrovaných systémů) však ukazuje, že zejména na přechodu

### Element – funkční blok

Ize připustit až 1000 krát vyšší stupeň hierarchie, zejména, pomůžeme-li si použitím hierarchicky nižšího stupně „obvod“.

Podobně, pří přechodu mezi hierarchickým stupněm

funkční blok a stupněm systém lze připustit opět až 1000 krát vyšší stupeň hierarchie, což opět dobře koresponduje s principy uspořádání reálných umělých (technických) i jednodušších přírodních struktur.

Tím se dostáváme k celkové hierarchické členitosti mezi systémovými elementy a systémovými aliancemi umělého charakteru řádu  $10^8$ , což dobře odpovídá v současné době realizovaným umělým systémovým aliancím.

Biologické systémové aliance, at' již máme na zřeteli lidský mozek jako nejsložitější známou jednotlivou živou systémovou alianci s jeho vnitřním hierarchickým uspořádáním od jednotlivých neuronů a gliových buněk až po celý mozek, jež je řádu  $10^{15}$ , nebo hmyzí komunitu včel či mravenců, která disponuje hierarchickým uspořádáním (byť zřejmě neúplným) řádu  $10^{10}$  či celé lidstvo, pro které (za předpokladu dokonalé vzájemné nekontradiktivní komunikace mezi všemi jednotlivými lidmi navzájem – což je bohužel velmi vzdáleno od současné reality – by se dalo uvažovat o stupni řádu  $10^{24}$  až  $25$ ), dosahují ovšem stupně hierarchické organizovanosti podstatně vyšší (pokud bychom vzali v úvahu ještě existenci vnitřního informačního systému uvnitř jednotlivých živých buněk, jež má vnitřní hierarchii pravděpodobně řádu  $10^{10}$ , dostáváme se k celkové dnes představitelné míře hierarchie dokonale spolupracujících biologických struktur řádu  $10^{34}$  až  $35$ ).

Poměr těchto dvou úrovní hierarchických struktur, umělých a biologických, který je tedy asi  $10^{27}$ , lze tedy považovat též za míru přiblížení složitosti (a chceme-li dokonalosti) současných umělých systémů nám známých či námi si představitelných systémům přírodním.

I když si budeme vědomi tohoto stupně vzdálení našich současných umělých systémových aliancí od aliancí přírodních, můžeme vyjádřit některé obecné rysy platné pro jejich uspořádání a jejich systémové, resp. alianční funkce.

Podobně jako i u jiných hierarchických celků, i u systémových aliancí je jedním z nejvýznamnějších jejich charakteristik úroveň jejich spolehlivosti.

Tu je nutno posuzovat ze třech následujících hledisek:

z hlediska existenčního,

z hlediska funkčního a

z hlediska strukturního.

Ve všech těchto třech případech je však nutno se zabývat zejména dynamikou chování systémových aliancí a příslušnými časovými závislostmi, resp. závislostmi na jistém souboru nezávisle proměnných, které jsou pro uvažovanou systémovou alianci dominantní<sup>4)</sup>.

Velmi významným nástrojem pak pro dosažení potřebné úrovně všech uvedených hledisek spolehlivosti funkce systémových aliancí jsou jak jsme již připomněl, metody predikční diagnostiky.

Predikční diagnostika technických systémů sama představuje mimořádně výkonný soubor metod konstrukce systémů se zvýšenou odolností proti poruchám. Klasické postupy výstavby systémů se zvýšenou odolností proti poruchám spočívají v obecně jednak v pasivním jednak v aktivním ovlivňování provozuschopnosti systému.

Pasivní metody předpokládají především při konstrukci systému aplikaci vysoko spolehlivých konstrukčních prvků a materiálů. Používají pouze ověřené, v současné době často normalizované metody řízení kvality při návrhu jednotlivých dílčích systémů i celé aliance i ve výrobě a v neposlední řadě vyžadují také zajištění kvalifikované a kvalitní obsluhy a údržby. Mají - z časového hlediska - většinou statický charakter.

<sup>4)</sup> Jak známo, obecně je za jedinou absolutně nezávislou proměnnou, ovlivňující veškeré dění a tedy i chování všech aliancí a jejich dílčích systémů, považován čas. Pomineme-li mezní úvahy fyziky a představy z oblasti science fiction, toto platí zcela obecně.

Proto se též zcela správně T. Brandejský v [10] zmínil především o časových závislostech chování objektů a proto také v této zprávě se zabýváme především časovou dynamikou systémových aliancí. V reálném životě, zejména pak v technické praxi se však může stát (a nezřídka stává), že jako dominantní nezávisle proměnné se pro ten či onen případ systémové aliance uplatní jiné nezávisle proměnné a že vždy přítomný vliv času můžeme (nebo vědomě chceme) zanedbat. Pak se zabýváme vlastně statickým pohledem na danou alianci, ovšem uvažujeme její chování pod zorným úhlem její dynamiky v některé jiné nezávisle proměnné, resp. v jejich souboru (např. teploty, atmosférického tlaku, vlhkosti, gravitace, intenzity záření a pod)..

### Pasivní metody používají postupy

- Předimenzování navrhovaných systémů a aliancí,
- Pečlivé prověřování kvality použitých konstrukčních prvků (a případně celých dílčích systémů) a druhů aliančních struktur.

V náročnějších případech je do nich zahrnut také

- Podrobně rozpracovaný systém obsluhy a údržby.

Zvláště u náročnějších technických systémů a jejich aliancí je nutno mimořádnou pozornost věnovat nalezení mezí životnosti jednotlivých konstrukčních prvků všech dílčích systémů alliance.

Meze životnosti definují možná pracovní zatížení, v jejichž rámci jsou použité konstrukční prvky schopny zajistit bezporuchovou činnost celého systému, resp. též celé alliance. Po překročení meze životnosti jsou v rámci údržby tyto konstrukční prvky obvykle nahrazovány prvky novými, nebo je přikročeno k jejich opravám – restaurování. To může případně probíhat i za provozu alliance.

Nejčastěji používanou mezí životnosti bývá doba provozu.

Jako meze životnosti však mohou sloužit i jiné parametry podle fyzikální podstaty činnosti předmětného konstrukčního prvku, může je ovlivnit charakter použitých konstrukčních materiálů atd.

Mezi tyto meze například může patřit také doba skladování, počet možných pracovních cyklů, stupeň možného provozního přetížení atd.

Aktivní metody zvyšování provozuschopnosti technických systémů výše uvedené postupy rozšiřují o mechanismy aktivní reakce na chyby a poruchy uplatněním principů regenerace systému, rekonfigurace systému, či degradace funkcí systému. Aktivní metody vyžadují implementaci přídavných technických komponent a zavedení podpůrných organizačních, případně též provozních opatření.

Všechny tyto úpravy systému a případná opatření sice zvyšují počet konstrukčních prvků systémů a jejich aliancí a zvyšují také množství vlivů jak na jednotlivé dílčí systémy alliance, I na celou alianci, ale na druhé straně umožňují jak v jednotlivých systémech eliminovat vlivy poruch a chyb vznikajících během činnosti autonomně, bez zásahu údržby nebo poskytují obsluze kvalifikovanou ná povědu jak vliv poruchy na provoz systému minimalizovat či případně zcela eliminovat.

Tento celý komplex dodatečných technických a organizačních opatření ve svém důsledku ovlivňuje celkovou pravděpodobnost bezporuchového provozu systému a ovlivňuje ekonomické charakteristiky systému jako celku.

Obě skupiny metod zvyšování provozuschopnosti systému či aliancí jsou charakteristické dvěma základními hledisky:

- snahou předcházet poruchám náležitou údržbou,
- reakcí na již vzniklé poruchy.

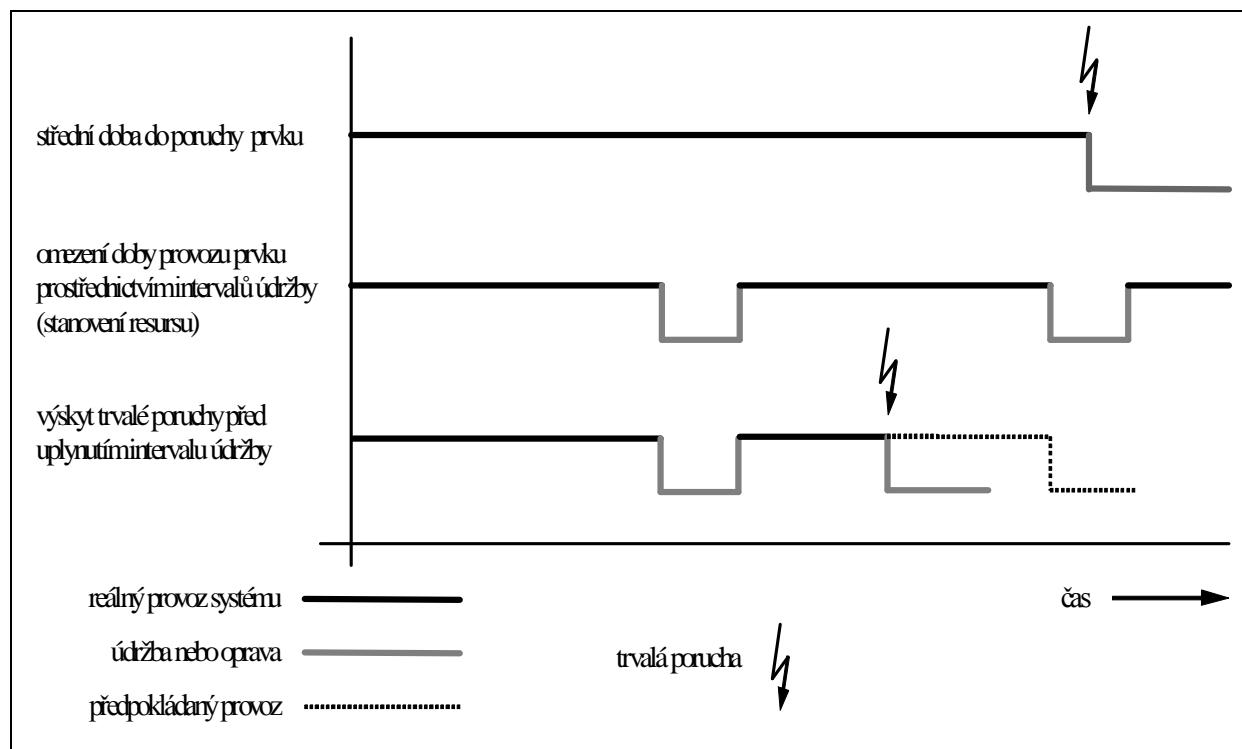
Intervaly údržby jednotlivých dílčích systémů alianci tvořících je třeba volit tak, aby bylo možno zaměnit konstrukční prvky,

jejichž pracovní zatížení se již blíží nebo překročilo (s předem definovanou rezervou) mez životnosti. Toto je základní mechanismus dosažení požadované pravděpodobnosti bezporuchového provozu a spolehlivé funkce alliance.

Během údržby je kontrolován jednak stav konstrukčních prvků a jsou prováděny výměny těch konstrukčních prvků, jejichž pracovní zatížení dosáhlo většinou předpisy stanovené meze životnosti.

U systémů a aliancí s implementovanými aktivními metodami pro zvýšení spolehlivosti je možno navíc věnovat pozornost konstrukčním prvkům, které vyvolaly aktivitu prostředků regenerace, rekonfigurace nebo degradace.

Příklady časových schémat provozu opravitelného systému jsou ukázány na obr. 8.



Obr. 8: Časové závislosti (režimy) provozu opravitelného systému či systémové aliance (resursem se obvykle rozumí odhad možné doby provozu systému či aliance bez nezbytné údržby)

První průběh zde znázorňuje dobu provozu systému či systémové aliance bez plánovaných a prováděných údržbářských prací, při čemž provoz končí poruchou, která vyřadí příslušný dílčí systém či celou systémovou alianci z funkce.

Druhý průběh představuje časový diagram práce systému či systémové aliance za situace, kdy jsou plánovány odstávky na provádění periodické profylaktické kontroly. Během těchto odstávek je prověrován stav jednotlivých konstrukčních prvků všech dílčích systémů, případně je prováděna výměna konstrukčních prvků selhavšího systému či těch systémů, jejichž pracovní zatížení se blíží mezím životnosti.

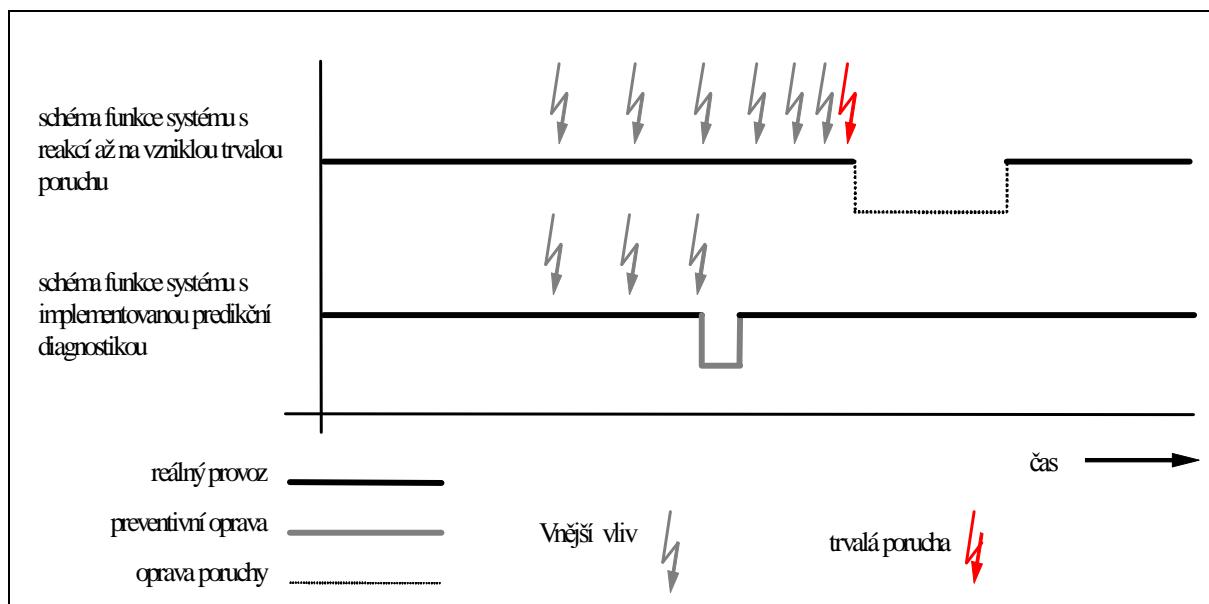
Třetí průběh vyjadřuje situaci, kdy v systému vznikla porucha konstrukčního prvku dříve než byla uskutečněna plánována údržba. V tomto případě byl provoz příslušného dílčího systému aliance přerušen, začíná jeho neplánovaná oprava a INA se musí postarat o to, aby funkci porouchaného dílčího systému převzal, byť dočasně, jiný dílčí systém v alianci působící.

Právě tento moment ukazuje, že součinností dílčích systémů v době fungující alianci lze významně zvýšit její celkovou funkční spolehlivost a že je možno předejít velice závažným ekonomickým, ekologickým, případně i politickým důsledkům takových selhání.

To ovšem vyžaduje řadu zabezpečovacích opatření. Mezi ně může patřit provádění údržby, realizace systému oprav, výstavba a organizace záloh, exaktní nebo experimentální stanovení pravděpodobnosti bezporuchové činnosti konstrukčních prvků, aj.

Kardinálním požadavkem je však správná funkce INA.

Ten za použití principů *prediktivní diagnostiky*, dokáže s definovanou pravděpodobností upozornit na blížící se poruchu některého dílčího systému či jeho konstrukčního prvku (viz obr. 9).



Obr. 9: Princip činnosti aliancí systémů, kde INA s implementovanou predikční diagnostikou dokáže předejít dílčí poruše.

Predikční diagnostika představuje tedy velmi významné rozšíření vlastností aliance a možností aktivních metod používaných pro zvýšení provozuschopnosti technických systémů a jejich aliancí.

Princip činnosti predikční diagnostiky spočívá v předcházení poruše jednotlivých dílčích systémů předpovídáním technického stavu konstrukčních prvků v nejdůležitějších dílčích systémech aliance působících a případně též předvídáním možných změn struktury aliance. Tato schopnost metod predikční diagnostiky jednak dovoluje spustit rekonfigurační nebo anti-degradační mechanismy obnovení pro provozuschopnosti ohroženého systému s předstihem, tedy před výskytem nebo projevem poruchy a jednak umožňuje provádět optimální výměnu komponent takového systému na základě jejich skutečného technického stavu.

Výsledkem aplikace predikční diagnostiky jsou pak tyto vlastnosti celé systémové aliance:

- objektivizace hodnocení stavu jednotlivých prvků všech systémů v alianci působících,
- racionalizace údržby prvků systémů,
- předcházení havarijným stavům.

U aliancí, v nichž působí též systémy s lidským činitelem umožňuje predikční diagnostika

- respektování vlivů lidského činitele,
- rationalizaci přípravy a výcviku lidské obsluhy,
- celkové snížení nároků (kvalitativních, spolehlivostních i funkčních) na funkci lidských činitelů (zejména operátorů, řidičů, dispečerů) v alianci působících.

Implementace predikční diagnostiky vyžaduje však obvykle instalaci dodatečných technických prvků a funkcí do technické části systému a také řadu organizačních opatření.

Celý proces implementace predikční diagnostiky do systémové aliance lze rozdělit do těchto základních technologických fází.

Těmi jsou:

- diagnostická analýza činnosti jednotlivých systémů aliance,
- sběr (uchovávání) dat,
- vyhodnocení dat
- diagnostická analýza celkového zatížení systémů aliance
- optimalizované rozhodnutí INA o zastoupení porouchaného, či stavu poruch se blížícího dílčího systému aliance změněnou (alternovanou) činností jiného jednoho či více jiných dílčích systémů aliance.

Nyní k jednotlivým fázím bliže:

#### Diagnostická analýza činnosti dílčích systémů aliance

představuje činnost, jejímž výsledkem je soustava signifikantních charakteristik dílčích systémů a aliance – tzv. *indikátorů*, či *markerů*, popisujících stav systému nebo celé aliance a umožňující predikci technického stavu dílčích systémů i celé aliance.

Diagnostická analýza je tedy souhrnem následujících činností:

- definice parametrů diagnostického stavového prostoru,
- analýzu diagnostických příznaků popisujících stav příslušného systému,
- výběr a definice signifikantních příznaků (markerů),
- výběr a implementace čidel příznaků, případně markerů stavu systémů i stavu aliance.

Diagnostický stavový prostor představuje množinu diagnostických parametrů systému. Diagnostické parametry systémů mohou být představovány jak statickými, tak i dynamickými *charakteristikami systémů*, specifikovanými jejich absolutní velikostí, směrem a polaritou, případně také velikostí a polaritou rychlosti změny nebo zrychlení změny hodnoty těchto charakteristik systémů. Mezi charakteristiky systému patří zejména:

- vstupní signály,
- výstupní signály,
- indikátory vnitřních stavů,
- vnější vlivy,
- řídící signály,
- diagnostické signály
- indikátory celkových stavů (spotřeba energie, ekonomické ukazatele a pod).

Diagnostický příznak stavu systému je signifikantní diagnostický parametr systému, tedy takový parametr, který věrohodně a jednoznačně popisuje jeho stav nebo stav některého ze stavebních prvků systému. Izolované údaje diagnostických příznaků mohou mít značně omezenou až zanedbatelnou vypovídací schopnost, a proto pro diagnostiku systému zdánlivě mohou mít pouze omezený význam. Proto je třeba dát přednost znalosti celých souborů (řad) vzájemně souvisejících diagnostických příznaků. Diagnostické příznaky technické části systémů mají obvykle deterministický charakter a mezi jednotlivými diagnostickými parametry lze nalézt řadu kauzálních vztahů.

Pokud budeme sledovat souvislosti a návaznosti mezi diagnostickými příznaky, můžeme mezi nimi nalézt řadu závislostí se značnou vypovídací schopností. Proto pro posouzení stavu celé systémové aliance i jednotlivých v ní působících systémů je účelné vyhledávat soustavně souvislosti mezi diagnostickými příznaky a sledovat jejich vývoj v dominantním souboru nezávisle proměnných, tedy zejména v čase.

K tomu účelu formujeme tzv. signifikantní množinu (soubor) těchto příznaků.

Signifikantní množinu diagnostických příznaků a vnitřních souvislostí mezi nimi budeme chápat jako soubor markerů. Soubor markerů tedy dostatečně spolehlivě popisuje stav diagnostikovaného systému a spolu s údaji o jeho struktuře tvoří jeho vhodný model.

Markery obecně nepředstavují jenom prostou sumu diagnostických příznaků.

V reálných technických systémech je určitá množina diagnostických příznaků na sobě závislá a z hlediska času (či jiné dominantní nezávisle proměnné) se tyto závislosti mohou projevovat jak paralelně, tak sekvenčně. Tyto souvislosti jsou někdy zřejmé, obzvláště pokud souvisí s fyzikální podstatou funkce systému, ale v některých případech jsou skryté (zpracování informací, číslicové řízení aj.). Nalezení těchto souvislostí je jednou z úloh diagnostické analýzy aliance. Nalezení skrytých souvislostí je ovšem velmi náročným problémem, vyžadujícím prohledávání časových řad hodnot často velmi rozsáhlé množiny diagnostických parametrů, hledáním skrytých informací a souvislostí v nich (např. metodami vytěžování ze souborů dat – data mining) a posléze verifikace těchto souvislostí.

Dalším krokem diagnostické analýzy je definice existujících a zjištěných dislokací, a též výběr vhodných čidel (podle principu činnosti) a návrh instalace (začlenění) čidel jednotlivých markerů (a v některých případech i souslednosti jejich hodnot) do celé struktury aliance.

Práce spojené s realizací tohoto kroku jsou úzce spjaty s podstatou činnosti a konkrétní realizací jednotlivých dílčích systémů aliance i jejího celého paradigmatu.

### **Funkční spolehlivost systémových aliancí a příčiny jejího omezení**

Uvažujme systémovou alianci, sestávající se z jistého počtu dílčích systémů  $S_i$ .

Protože spolehlivost  $H$  chápeme obecně jako pravděpodobnost, že uvažovaný objekt (prvek, funkční blok, systém, systémová aliance) se nebude v jistém intervalu na něj působící dominantní nezávisle proměnné (či jejich souboru) odchylovat ve svých parametrech, charakterizujících jeho chování od požadovaných hodnot více, než je dovolená mez, lze funkční spolehlivost systémové aliance  $H_F$  vyjádřit pravděpodobností, že vektor výstupních funkcí  $F$  systémové aliance se v celém uvažovaném intervalu  $\Delta P$  nezávisle proměnných nebude vzdalovat od požadované polohy  $F_0$  více, než o dovolenou vzdálenost  $\Delta F$ .

Přitom uvažujeme, že výstupní funkce  $F$  systémové aliance jsou vyjádřeny nad prostorem  $X$  všech relevantních systémových parametrů  $x_i$  jednotlivých dílčích systémů aliance. Těch je obecně  $N$ . Vzdálenost aktuální polohy vektoru  $F$  pro jistou hodnotu nezávisle proměnných  $P$  od požadované (nominální) jeho polohy přitom budeme měřit ve vhodné metrice, odpovídající povaze prostoru  $X$ .

Funkční spolehlivost systémové aliance  $H_F$  je pak omezena jednak velikostí dovolené vzdálenosti (odchylek)  $\Delta F$  a jednak velikostí intervalu  $\Delta P$ .

Z obecné teorie spolehlivosti systémů plyne, že pokud  $\Delta P$  poroste nad všechny meze a (nebo) pokud  $\Delta F$  bude zanedbatelně malé, bude  $H_F$  rovněž zanedbatelně malé.

Obecně je tedy pro neomezené  $\Delta P$  vždy  $0 < H_F < 1$ .

Pokud by tomu tak nemělo být, museli bychom mít možnost do uvažované aliance dodávat po neomezenou velikost intervalu  $\Delta P$  z jejího vnějšího prostředí vždy takové nenulové množství energie  $E$  a informace  $I$ , aby s jejich využitím mohly být relevantní složky vektoru systémových parametrů  $X$ , které se působením nezávisle proměnných odchýlily od požadovaných (nominálních) hodnot  $x_{i0}$ , korigovány na tyto hodnoty.

K tomu bychom ovšem potřebovali mít neometené zdroje  $E$  i  $I$ , tedy v krajním případě celý otevřený vesmír.

Proto v jakékoli reálné situaci jsme schopni (pomocí predikční diagnostiky a jí řízených korekcí parametrů  $X$ ) udržet hodnoty  $F$  v dostatečně malém okolí požadavků  $F_0$  pouze v konečně velkém intervalu  $\Delta P$ .

Tato skutečnost vyplývá z tzv. teorému nezbytné funkční smrti každého reálného systému či systémové aliance (viz např. [11]), jehož obecná platnost se nám sice nemusí líbit, neumíme ji však vyvrátit.

### **Existenční spolehlivost systémových aliancí**

Kromě funkční spolehlivosti systémových aliancí  $H_F$  má smysl hovořit ještě o dalším pojmu, jímž je existenční spolehlivost  $H_E$  uvažované aliance.

Tím rozumíme pravděpodobnost, že pro jistý interval  $\Delta P$  bude uvažovaná aliance existovat, i když třeba nemusí být schopna plnit všechny požadované funkce. Je však k realizaci potřebné činnost připravena, nebo ji před jistým časem ukončila, nicméně je schopna ji znova zahájit. Taková aliance setrvává ve vyčkávacím, latentním stavu. Hodnoty  $H_F$  a  $H_E$  se tedy týkají různých pojmu s mohou se tedy obecně lišit.

Příkladem může být aliance asistenčních systémů na palubě vozidla, jejíž činnost se může aktivovat až jistou jízdní situací (např. u aliance systémů zajišťujících optimální brzdění vozidla až jeho přechodem ke smyku). Pokud to nenastane, taková aliance sice existuje, není však funkční – je v latentním stavu.

Nicméně její existenční spolehlivost  $H_E$  má jistou nenulovou hodnotu, vyjadřující pravděpodobnost, že v případě potřeby bude taková aliance schopna své funkce.

### **Strukturní spolehlivost systémových aliancí**

Vlastnosti systémových aliancí však lze charakterizovat ještě dalším pojmem, tj. jejich strukturní spolehlivostí  $H_S$ . Tou rozumíme pravděpodobnost, že pro zajištění požadovaných hodnot  $H_F$  a  $H_E$  v potřebném intervalu  $\Delta P$  nebude třeba měnit strukturu aliance.

Na rozdíl od spolehlivostí  $H_F$  a  $H_E$ , které jsou v reálných situacích vždy menší než 1 může strukturní spolehlivost  $H_S$  v jistých případech dosáhnout hodnoty 1. To znamená, že strukturu příslušné aliance nemusíme (nebo nemůžeme) za žádných okolností měnit.

Opakem jsou aliance s adaptivní strukturou. U nich je struktura takové aliance přestavována (obvykle působením INA) tak, aby funkční i existenční spolehlivost  $H_F$  i  $H_E$  v celém potřebném intervalu  $\Delta P$  nepoklesla pod požadované hodnoty.

Takové aliance existují zejména v přírodě. Vnitřní struktura a uskupení mnohých biologických společenstev se stále adaptivně mění, tak, aby i za jiných hodnot nezávisle proměnných  $P$  byla celá aliance stále schopna potřebné činnosti.

U náročnějších a vyspělejších technických aliancí se snažíme takové chování napodobit též. Do jisté míry se to bude týkat i systémových aliancí, představovaných uskupením řídicích a asistenčních systémů progresivních vozidel. U nich dojde k přechodu od rigidních architektur, zafixovaných použitým HW k architekturám částečně či plně adaptivním, kde vzájemnou interakci jednotlivých v alianci spolupracujících systémů je možno měnit podle aktuální potřeby jak požadavků na celkovou činnost aliance, tak se zřetelem k aktuálním hodnotám funkční spolehlivosti jednotlivých dílčích systémů v alianci působících. Koordinátorem takové strukturní adaptivity je INA a prostředkem jsou adaptivní informační sběrnice a rozhraní.

## **6. Úloha a význam informačních sběrnic a rozhraní**

Informační sběrnice, zejména adaptivní a adaptivity schopná rozhraní jsou nástrojem, bez něhož by ani nejdokonalejší INA nemohl plnit své funkce.

Adaptivní informační sběrnice mají tedy schopnost změnit konfiguraci struktury systémové aliance podle řídicích pokynů INA a zajistit potřebné modifikace

v informačním propojení jednotlivých dílčích systémů v alianci působících. Mohou rušit stará, za dané situace již nepotřebná vnitřní informační spojení uvnitř aliance a vytvářet nová.

To vše je ovšem třeba uskutečnit s náležitou dynamikou, tak aby mezi vznikem potřeby k adaptaci struktury aliance a jejím uskutečněním neuplynul nepřijatelně dlouhý interval změn hodnot dominantního souboru na alianci působících nezávisle proměnných, především času.

Je zřejmé, že limity pro rychlosť a rozsah takových změn struktury aliance, zprostředkovaných alternací konfigurace informačních sběrnic mohou být velmi různé.

V některých případech je taková adaptivita v konfiguraci informačních sběrnic aliance výrazem její schopnosti učení. To samo je nezbytným kritériem existenční a funkční schopnosti všech inteligentních organizmů, přirozených i umělých.

Nezbytnou součástí adaptivity struktury aliance jsou též informační rozhraní mezi informačními sběrnicemi a jednotlivými v alianci působícími systémy.

Na jednotlivých informačních rozhraních dochází nejen k překladu přenášené informace z abecedy a syntaxe užívané v jednom z příslušných dílčích systémů do abecedy a syntaxe užívané v té které sběrnici, resp. k překladu z abecedy a syntaxe sběrnice do abecedy a syntaxe k ní připojeného dalšího systému, ale přenášené informace jsou zde též monitorovány a verifikovány co do bezpečnosti svého působení.

Činnost rozhraní se též musí uskutečnit v potřebné dynamice a to jak při jejich běžné činnosti beze změn konfigurace informačních sběrnic aliance, tak při změně její struktury. Požadavky na tuto dynamiku mohou být různé.

V některých případech mohou být po jistou dobu dílčí informace v některých rozhraních akumulovány, upravovány a předávány pak dále až ve výsledném, kompaktním tvaru. Rozsah takového akumulačního procesu musí být ovšem v souladu s nároky na dynamiku řízení činnosti aliance, které specifikuje INA.

## 7. Závěr

Pro řadu úvah o dynamice systémových aliancí, jejich funkční, existenční a strukturní spolehlivosti je mimořádně významným stimulujícím faktorem analogie s informačními systémy živých organizmů.

Bádání o nich, ať již teoretická či experimentální nejsou ovšem ani zdaleka ukončena, spíše lze říci, že veškerý dosavadní pokrok v této oblasti nám spíše ukazuje, co ještě neznáme.

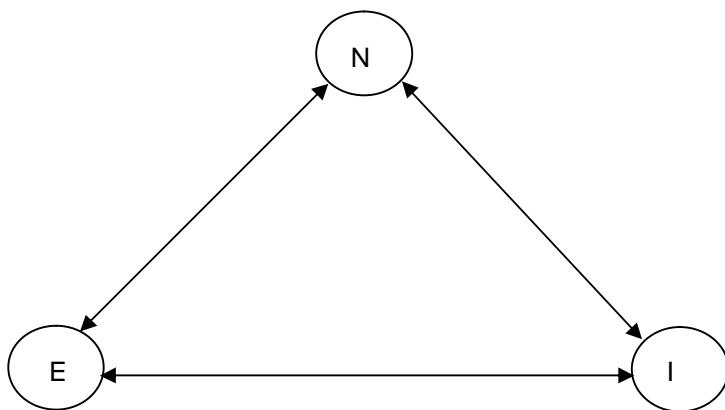
Soudím, že v dalším bude zvláštní pozornost třeba věnovat zejména strukturálním aspektům a aliance s hierarchickými strukturami, které jsou u živých organizmů časté a které zřejmě naleznou značné uplatnění i při analýze a syntéze aliancí umělých.

Příkladem může být aliance nervového, endokrinního a imunitního systému v lidském organizmu, jejíž základní struktura je naznačena na obr.10.

Tato základní struktura je pravděpodobně po celou dobu života lidského subjektu – tedy v daném intervalu  $\Delta t$  invariantní vůči působení všech ostatních nezávisle proměnných.

Na obr. 11 je její poněkud podrobnější znázornění, navržené J. Faberem a převzaté z [12].

Odtud je zřejmé, že vztahy, interakce a též tedy i příslušné informační sběrnice i rozhraní mezi těmito třemi systémy jsou vícečetné a že ve skutečnosti



Obr. 10: Základní struktura aliance nervového (N), endokrinního (E) a imunitního (I) systému v lidském organizmu

budou struktury takových aliancí ještě mnohem rozmanitější, než je zde naznačeno.

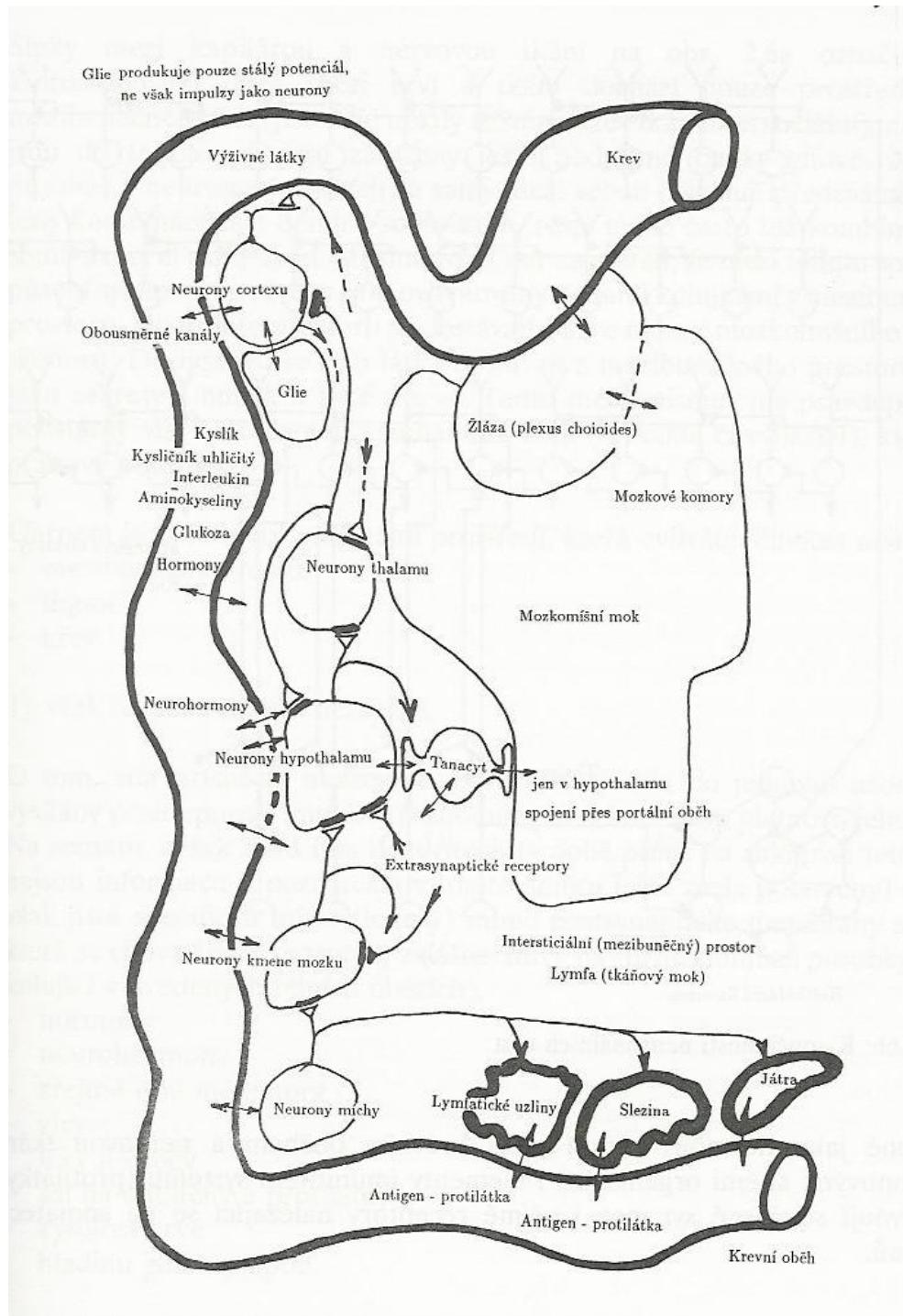
To platí o všech těchto třech v alianci působících systémech.

Úroveň našeho současného poznání nám dovoluje jen tušit skutečnou složitost.

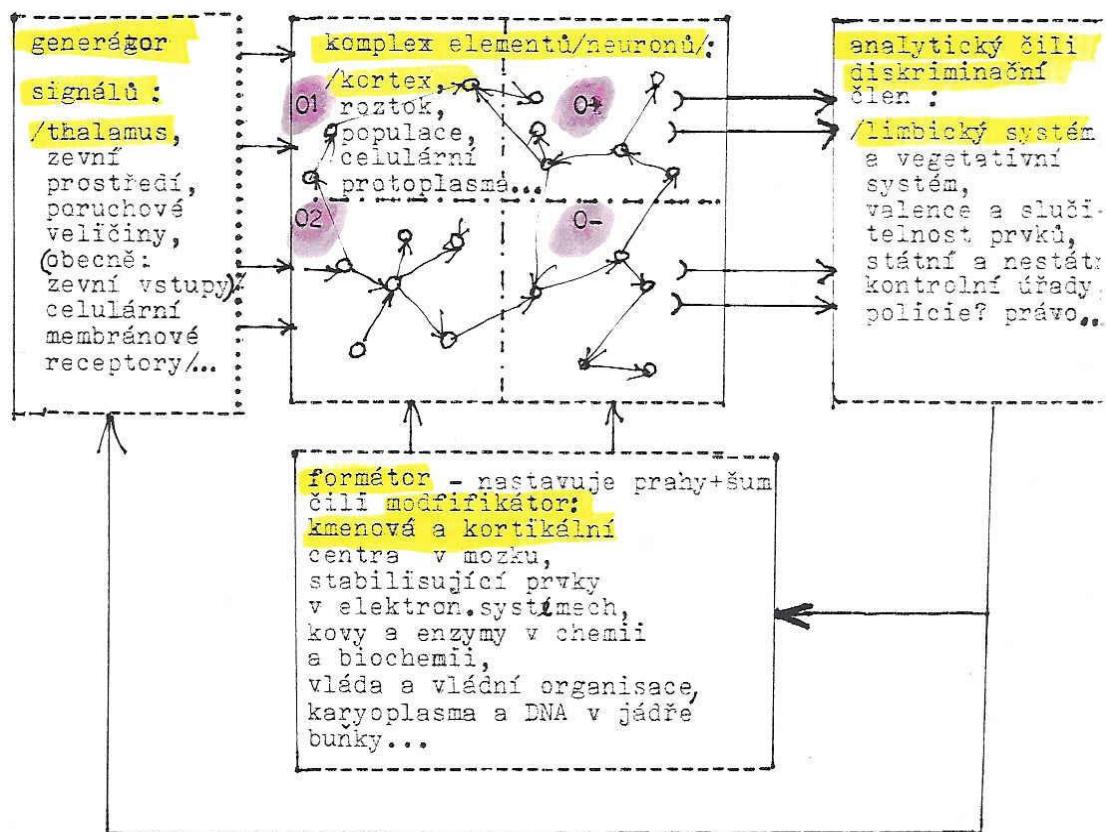
Nicméně některé modely a odpovídající paradigmata dílčích aliancí, existujících např. v nervovém systému, jako je např. dnes již velmi dlouho (od r. 1953) známý Farleyův a Clarkův model funkce interakce kortextu a thalamu v

lidském mozku, ve Faberově podání naznačený na obr. 12, se zdají mimořádně inspirující i pro další bádání o dynamice systémových aliancí obecně.

Těším se, že poznatky o takových systémových aliancích a jejich dynamice bude možno dále prohloubit.



Obr. 11. Poněkud podrobnější schéma aliance nervového, endokrinního a imunitního systému podle J. Fabera



Obr. 12. Faberovo znázornění Farleyova a Clarkova paradigmatu aliance kortexu, thalamu, lymbického systému a formátoru, modelujícího proces formování struktury mozku v procesu učení. Zde jsou pro jednoduchost kresleny všechny dílčí systémy takové aliance jako jednoduché. Ve skutečnosti však mohou být vícečetné a pak i jejich celková struktura a vzájemné vazby mezi nimi jsou mnohem složitější.

## 8. Reference:

- [1]...Vysoký P.:Vestavěné (embedded) systémy v současném automobilu jako alianční systémy, Přednáška na Vlčkově semináři Teorie informatiky, FD ČVUT, Praha, 3.11.2005
- [2]...Novák M., Votruba Z., Vysoký P.: Alliances in Transportation Systems Research report No. LSS 269/06, Faculty of Transportation Sciences, CTU, Prague,.August 2006
- [3]...Yoshida T., Kuroda H., and Nishigaito T.: Adaptive driver assistance system. Hitashi review, 2004. 63(4): p. 212-216
- [4]...Masten M.: IFAC emerging area project. In: IFAC emerging areas project, 2003. Rotterdam, IFAC workshop, 2003. Available on: [http://www.IFAC-control.org/about/IFACemerging\\_Areas\\_Workshop.ppt](http://www.IFAC-control.org/about/IFACemerging_Areas_Workshop.ppt).
- [5]...Čeleda P.: Zvýšení spolehlivosti a diagnostika operačních systémů pracujících v reálném čase.
- [6]...Novák M. , Faber J., Votruba Z.: Theoretical and Practical Problems of EEG based Analysis of Human – System Interaction Proceedings of the International Conference on Mathematics and

Engineering, Techniques in Medicine and Biological Sciences, METMBS'03, Las Vegas, Nevada, USA, June 23-26, 2003, 247-259

[7]...Novák M.: Spolehlivost interakce v aliančních systémech, přednáška na Vlčkově semináři Teorie informatiky, FD ČVUT, Praha, 26.4.2002

[8]...Novák M., Votruba Z.: Complex Uncertain Interfaces, 7th WSEAS Int.Conf. on AUTOMATIC CONTROL, MODELLING and SIMULATION (ACMOS '05), March, 13-15, 2005, Prague

[9]...Novák M., Votruba Z.: Complex Uncertainty Interfaces, eural Network World, vol. 15, 2005, 175-186

[10]...Brandejský T.: Modelování pomocí vlastností, jeho vztah k OOP a kreativita, Přednáška na semináři Prof. J. Vlčka „Teorie informatika“, FD ČVUT, Praha, 4.5.2007

[11]...Novák M., Přenosil V., Svítek M., Votruba Z.: Problémy spolehlivosti, životnosti a bezpečnosti systémů, Monografie Neural Network World, No.3, Prague, 2005, ISBN 80-903298-2-9

[12]...Novák. M., Faber J., Kufudaki O.: Informační systémy živých organizmů, Grada, Praha, 1993

[13]...Moos P., Novák M.: Výzkum v spolehlivosti systémových aliancí v rámci projektu A 2124301 „Analýza funkční spolehlivosti systémových aliancí“ v r. 2003, Výzkumná zpráva č. LSS 186/03, Praha, prosinec 2003

[14]...Brandejský T., Leso M., Moos P., Novák M., Votruba Z.: Methods for investigation, evaluation and testing of complex transportation system reliability, Research Report No. LSS 194/04, Prague, May, 2004

[15]...Novák M., Votruba Z., Vysoký P.: Alliances in Transportation Systems Research report No. LSS 269/06, Faculty of Transportation Sciences, CTU, Prague, August 2006