



České vysoké učení technické
Fakulta dopravní
Katedra automatizace v dopravě a telekomunikacích

VÝZKUMNÁ ZPRÁVA

K614 01/2001-07-24

Řešení úkolu

„Analýza spolehlivosti rozsáhlých hybridních technických a biologických
systémů“ v rámci projektu

„Programu podpory cíleného výzkumu a vývoje“ Akademie věd ČR

Řešitel

Prof. Dr. Ing. Jaroslav Vlček, DrSc.

Spoluřešitelé

Dr. Ing. Tomáš Brandejský

Doc. Ing. Mirko Novák, DrSc.

Doc. Ing. Zdeněk Votruba, CSc.

Obsah:

1.	Úvod.....	4
1.1	Stav a cíle prací.....	4
2.	Definice hybridního systému.....	5
2.1	Neurčitost v identifikaci HS.....	6
2.2	Spolehlivost HS.....	7
3.	Gramatiky reality (reálných objektů).....	8
3.1	Gramatiky objektů.....	9
3.2	Syntaxe reality.....	13
3.2.1	Úvod.....	13
3.2.2	Shrnutí analytických závěrů (o objektech / celcích).....	13
3.2.3	Důsledky.....	14
3.2.4	Příklad.....	15
3.2.5	Pravidla / zákony reality a gramatika multijazyka $\{G_s\}$	16
3.2.6	Nosič a proces přenosu informace v pojmech (překladu) jazyka.....	17
3.2.7	Diskuse alternativních přístupů při zpřesnění syntaxe jazyků reálných objektů (RO).....	18
4 ??		
4.3	Měkkost systémů a měkkost objektů.....	20
5.	Homogenizace celku.....	21
5.1	Úvod.....	21
5.1.1	Pojmy.....	21
5.1.2	Zařazení.....	21
5.1.3	Význam.....	21
5.1.4	Heterogenita celku.....	22
5.1.5	Proč se homogenizuje celek ?.....	22
5.1.6	Jak se homogenizuje celek ?.....	23
5.2	Diskuse přístupů k homogenizaci.....	24
5.2.1	Technologická úroveň.....	24
5.2.2	Makrofyzikální / chemická úroveň.....	25
5.2.3	Biologická úroveň.....	26
5.2.4	Sociální úroveň.....	28
5.3	Speciální případy homogenizace na skupinové (sociální) úrovni.....	28
5.3.1	Orientovaná přeložitelnost k účelovému obrazu.....	28
5.3.2	Dynamický multijazykový překlad.....	28

5.3.3	Homogenizace vzdělávání.....	29
5.4	Hybridizace úrovní.....	29
5.5	Závěr.....	30
6.	Příspěvek k definicím.....	31
6.1	Prostoročasové definice.....	31
6.2	Dynamické definice.....	32
6.3	Systémové definice.....	32
6.4	Další pojmy.....	34
7.	Homogenizace hybridního systému – úlohy, metody, algoritmy.....	36
7.1	Definice.....	36
7.2	Úlohy homogenizace heterogenních systémů / hybridních systémů.....	37
7.3	Úlohy vzniku hybridního systému /HS/.....	37
7.4	Úlohy konstrukce HS.....	41
7.5	Úlohy vnějších zobrazení konstrukce HS.....	48
7.6	Závěry.....	49
8.	Fuzzy přístupy k neurčitosti.....	50
8.1	Algoritmické vybavení „mlhavých“ množin.....	50
8.2	Ignorance.....	52
8.3	Fuzzy problémy.....	53
8.4	Fuzzy logika intervalů příslušnosti.....	55
8.5	Jak použít logiku intervalů příslušnosti v modelování systémů?.....	59
8.6	Použití logiky intervalů příslušnosti v oblasti znalostních systémů.....	60
8.7	Závěr.....	62
9.	Základy teorie spolehlivosti a bezpečnosti soustav.....	64
9.1	Základní pojmy.....	64
9.2	Základy teorie tolerancí parametrů soustav.....	69
9.3	Spolehlivost.....	77
9.3.1	Úvod.....	77
9.3.2	Interakce funkčních bloků v homogenních systémech.....	81
9.3.3	Funkce rozharaní.....	83
9.3.4	Interakce funkčních bloků v hybridních systémech.....	85
9.3.5	Otevřené otázky.....	88
10.	Infrastruktura prostředí (systému).....	89
11.	Závěry.....	92
	Literatura.....	94

1. ÚVOD

1.1 Stav a cíle prací

Výzkum byl orientován na tři dílčí cíle:

- definice hybridního systému (HS), jeho specifík a metodických východisek konstrukce HS
- neurčitost v identifikaci HS jako objektivní vlastnosti HS
- identifikace spolehlivosti konceptuálně zavedeného objektu HS

Vlastní cíle úkolu spočívají ve formování konstruktivních přístupů k hybridním systémům. Konstruktivní přístup respektuje taková hlediska studia daného fenoménu, která se zaměřují na poznání a analýzu realizovatelnosti spolehlivých funkcí, v tomto případě fenoménu hybridních systémů.

Hybridní systémy vyznačují objekty, složené /konstruované/ z nejméně dvou dílčích objektů a vykazující **spolehlivé/spolehlivě** předpokládané /nové/ funkce. V tomto smyslu hybridní systémy svou charakteristikou naplňují obecné tendence ve vývoji poznání, charakterizované interdisciplinarností poznání a produktů poznání. V nejmodernější verzi jde o hybridní systémy, vytvářené nejen z jedné třídy objektů/např. technických/, ale z objektů různých tříd /technických a biologických, i sociálních/.

První fází řešení je zpřesnění definice hybridního systému na bázi pojmů a definic teorie systémů, dále formování metodického prostoru, v němž lze formovat algoritmizovatelné postupy konstrukce hybridního systému, a konečně identifikace omezujících podmínek ve formě „měkkosti“ /neurčitosti/, spolehlivosti a infrastruktury prostředí existence hybridního systému.

Analýza těchto metodických východisek řešení úkolu představuje stav prací a dílčí cíle řešení úkolu v první řadě.

Závěrem zprávy jsou formulovány cíle pro druhou etapu řešení v r. 2001.

2. DEFINICE HYBRIDNÍHO SYSTÉMU

Definice je založena na rozvinuté (extended) definici systému.

Základní tříložková definice systému $S: (A, R, \text{gama})$, kde A je množina částí (prvků) identifikovaná na určité rozlišovací úrovni a přiřazenou funkcí k částem, R je množina dvojic (relací) částí identifikovaná společným rozhraním (common interface), gama je cílovost procesů vzniklých zřetěžením dvojic z R , je dále rozvinuta o M , GK a I , kde M je mohutnost systému, identifikovaná počtem možných procesů (zřetěžení dvojic, stop), GK je takový proces z M , který identifikuje profesní typ systému (druh), identifikovaný v analogii s genetickým kódem živých systémů. Modelem identifikace GK je tabulka (Tabulka 1).

funkce prvků A díleč procesy M	f_1^x	f_2^x	f_3^x	...	f_n^x
p_1	/	/			
p_2	/	/			/
$\vdots$					
p_m	/		/		

symbols: x vyznačují „silné“ funkce

/ vyznačují účast funkce na zřetěžení procesu

Tabulka 1

Pak je zřejmé, že proces p_2 identifikovaný formulí 1, 1, 0, , , , 1 je genetickým kódem, druhovou charakteristikou systému.

Konečně **I** je symbolem identifikované identity systému, rozpoznatelné ve třech vrstvách: vnitřní spolupráce částí, podporou procesů GK a přijetím cílových chování (vnějšího interface) systému jeho okolí.

Hybridní systém je pak definován jako integrace nejméně dvou systémů s dvěma **GK** a jedinou hodnotou **I**.

Zobrazení systémů v HS je identifikována různými jazyky. Jsou definovány abecedy a syntaktické tvary v různých jazycích, jimiž lze zobrazit různé systémy, vytvářející HS. Srovnávací analýza identifikuje abecedy a jazyky zejména fyziky a živých systémů na

bázi definice veličin zavedených v příslušných oborech. Různost jazyků zobrazujících dílčí systémy HS vede k identifikaci HS jako multijazykového systému, MJP.

Existence a životnost MJP - HS je podmíněna dvěma metodickými předpoklady:

- přeložitelnost mezi různými jazyky v integrovaném HS
- konstruovatelnost jediného HS z různých S

První předpoklad je řešen na bázi dostupných gramatik (slovníkového typu, Chomského typu, gramatik podobnosti a gramatik zastupitelnosti procesů). V současné etapě jsou navrženy základní algoritmizovatelné postupy překladu podle typu gramatik.

Druhý předpoklad je řešen na bázi řešení úlohy vzájemné kontaminace a vzájemné imunity dílčích systémů. Metodickým základem je řešení úlohy přípustné degradaci vazeb mezi dvojicemi kontaminujících se systémů s modifikacemi:

- volby místa (míst) kontaminace
- konstrukce M a GK definujících HS podle výsledků kontaminace na společných rozhraních dvojic, vč. změny struktury dílčích systémů, aplikace kritérií agresivity „silných funkcí“ v konstrukci procesů HS, evaluace I pro konstruovaný HS.

2.1 Neurčitost v identifikaci HS

Metodickým východiskem je přiřazení neurčitosti především k prvkům dílčích systémů. Z možných využití metodologií pravděpodobnosti, mlhavosti (fuzziness) a vnějších omezujících podmínek infrastruktury byla vybrána metodologie mlhavých množin. Zavedené teoretické pojmy Zadehova modelu jsou interpretovány respektováním cílů úkolů, základní metody identifikace míry příslušnosti prvku k určité množině jsou orientovány na míry příslušnosti k množinám fyzikálních, biologických a sociálních prvků.

Byl navržen i přístup k vymezení takových množin. Bylo zvoleno hledisko zdrojů, z nichž definice (mlhavých) množin vychází, a to zdrojů:

- metafyzického typu
- přírodovědného poznání druhů a tříd
- zkušenosti, a to jak skupinové, tak společenské
- formálních, charakterizovaných definicemi, axiomy a důkazy

Pak je míra neurčitosti tvořena dvourozměrným prostorem úloh: úloh formulovatelných algoritmů, vč. úloh o podobnosti, a úloh o attributech odvozených z přístupů k identifikaci množin.

2.2 Spolehlivost HS

Metodickým východiskem je obecně přijatá definice spolehlivosti. Pro cíle úkolu je modifikována ve třech základních směrech:

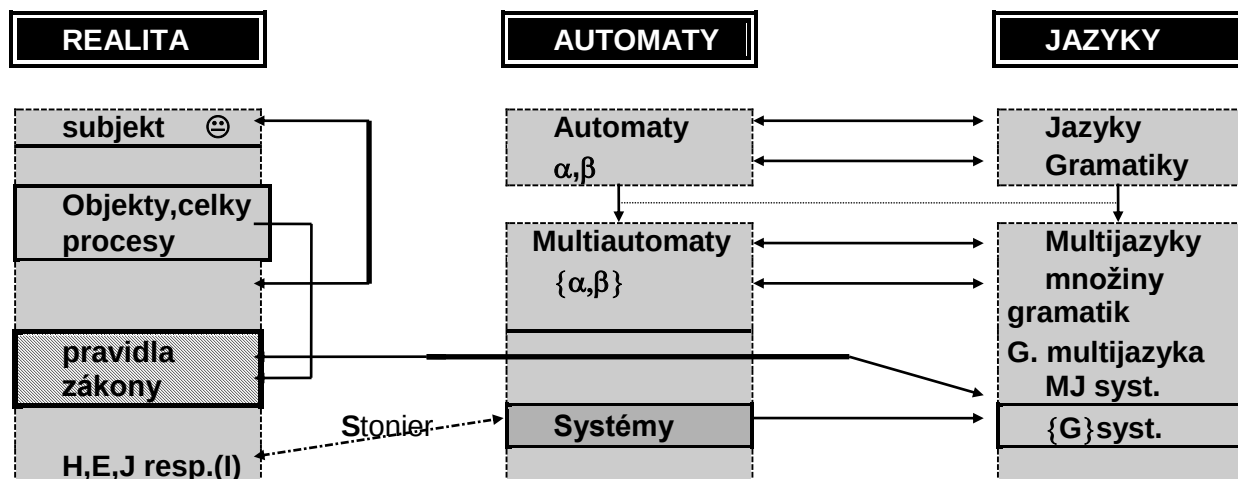
- spolehlivost (očekávaný výsledek) na společném rozhraní dvojic kontaminujících systémů (spolehlivost vzájemné přeložitelnosti a efektů vzájemné kontaminace a imunity prvků) ve formě tzv. vnitřní spolehlivosti
- spolehlivost na vnějším rozhraní HS s jejím okolím, tj. spolehlivost konstruování identity HS, resp. spolehlivost dosažení vlastního smyslu konstrukce HS
- spolehlivost v životnosti jednotlivých systémů vytvářejících HS ve srovnání s očekávanou životností konstruovaného HS

Specifickým problémem spolehlivosti HS je možná nekompatibilita hodnot dílčích spolehlivostí (je možno konstruovat spolehlivý celek i z nespolehlivých částí).

Vlastní algoritmizovatelnost zjištění spolehlivosti HS je závislá na rozsahu systémového modelu HS, tak na neurčitosti složek modelu.

3. GRAMATIKY REALITY (REÁLNÝCH OBJEKTŮ)

Předpokládáme, že existuje popis (systémový model) objektů reálného světa formálními prostředky teorií. Teoretické obory, které prostředky respektující inženýrské a konstrukční atributy nabízejí, jsou především teorie automatů a teorie jazyků. Jejich kompatibilitu podporující **nerozpornost** získaných popisů jsou prostředky gramatik.



Obr.č. 1 Schéma relací: realita – automat/systém – jazyk/multijazyk

gramatiky úroveň výkonu	skladby reálného objektu	slovníkové	Chomského	netradiční (na základě podobnosti)	„měkké“ (na základě adaptability)
prostředí	1	2	3	4	5
poznatků	6	7	8	9	10
odezvy	11	12	13	14	15

Tabulka 2 Prostor gramatik multijazyka ve vztahu k úrovni informačního výkonu (IV)

Naplnění schémat znamená m.j. charakterizovat dílčí „monojazyky“ nebo elementárnější multijazyky reálných objektů, alespoň na úrovni syntaxí.

Na této úrovni se setkáváme s „paradoxem objektivitý“. Reálný objekt je součástí universa (H,E,I)¹ (přírody), existuje tedy (hypoteticky) v jakémisi „neporušeném stavu“ bez účasti / interakce / intervence poznávajícího subjektu. Subjekt jej pozorováním / poznáváním naruší. Pro naše účely je ale podstatnější, že proto, aby mohl subjekt poznávat, musí objektivní (multi)jazyk objektu přeložit do nějakého jazyka obrazu (objektu + prostředí). Za nejlepší takový jazyk zpravidla² považujeme jazyk odpovídající přírodní vědy na aktuálním stupni jejího celkového poznání³. Důsledkem je, že objektivní jazyky reálného objektu analyzujeme na aktuálních jazycích relevantních přírodních věd⁴.

3.1 Gramatiky objektů.

a) mechanický makroobjekt

Odpovídající přírodní věda – (klasická) mechanika (*i.e. model!*) je zachytitelná konečným deterministickým automatem, tedy jazykem s Chomského gramatikou. Pro klasickou mechaniku je gramatika regulární.

b) mechanický mikroobjekt

Kvantová mechanika jej zachycuje paralelním konečným deterministickým (multi)automatem⁵, kde vstupní stav a množina počátečních vnitřních stavů determinují stav výstupní. Určitý poznávací problém působí, že množina počátečních vnitřních stavů má zpravidla známou kardinalitu, nikoliv však (a to snad z principiálních důvodů) známé konkrétní prvky. To vnáší do stavu výstupu automatu zdánlivou stochasticitu. Co se týče gramatiky, jedná se tedy o množinu identických kontextových Chomského gramatik, lišících se počátečním kontextem, z nichž pouze jediné umožní kontext generovat neprázdný výstupní výraz. To lze ekvivalentně chápat jako jedinou kontextovou multigramatiku.

c) Gramatika kvantové fyziky (*i.e. model!*)

může být snad rozpoznána jako úplný paralelní systém shodných gramatik kontextových, lišících se počátečním symbolem (stavem). Redukce – finální překlad – vede pro zkoumaný objekt do jediného stavu, i.e. jediné gramatiky. Jelikož vnitřní stav /

¹jež komponuje systém

² (mezi tzv. „vzdělanými“ subjekty)

³ I když historie přírodních věd ukazuje, že ne vždy je tento postup oprávněný. Jiné alternativy jsou však pravděpodobně horší.

⁴ Že to nemusí být nepřekonatelnou překážkou jsme ukázali vloni (1) s využitím konceptu limity rozdílu aktuální a strategické identity daného systému (v tomto případě přírodní vědy)

⁵ Existují důvody pro domněnku, že tento multiautomat je paralelním systémem, až na alternativní přechod do koncového stavu.

počáteční symbol není znám, nastává situace, kdy je gramatika sice přesně známa, nikoliv však výsledek konkrétního překladu.

d) gramatika termodynamiky a statistické fyziky.

Principiálně vycházejí příslušné modely z neznalosti μ -stavu. Dopracovávají se (na základě zvolených, patrně ad hoc předpokladů) k popisům „bijazyka v němž existují 2 úrovně:

- (i.) Úroveň gramatiky přechodu z μ -stavu k stavovým veličinám. Tato gramatika formuluje požadavky na stavová slova na základě (předpokládaných) statistik μ -stavů, tedy např. délku slov, četnosti konfigurací elementárních (až binárních) symbolů. Gramatika je alespoň kontextová (Chomski 1), někdy i bezkontextová (Chomski 2). Neurčitost je důsledkem neznalosti („coarsening“) při rozpoznávání systémového modelu. Gramatika je tedy v zavedeném členění (Obr. č. 1) „systémovou multigramatikou⁶“. Tato gramatika se týká znalosti, pracuje s úrovněmi obrazů, tedy s I.
- (ii.) Úroveň gramatiky která „pracuje se stavovými veličinami⁷. Gramatika je patrně regulární, nebo bezkontextová.

e) Gramatika stavby atomů a molekul.

Tato gramatika je interpretací gramatiky kvantové mechaniky na uvedené speciální objekty - atomy a molekuly. Složitost těchto objektů vede k zjednodušování na několika úrovních, od plnohodnotného použití kvantové mechaniky (výpočty „ab initio“), až po „pravidlové“ gramatiky typu Bohrova typu atomu nebo Hundových pravidel. „Pravidlové“ gramatiky jsou bezkontextové, jejich sjednocení je neúplné (a nekonzistentní – nesystémové – neúplná multigramatika)

f) Gramatika chemie – makromolekuly

Platí totéž s tou odlišností, že se vzrůstající složitostí molekul je stále zřetelnější experimentálně – empirický základ uvedených gramatik a ztrácí se postupně jednotící – uspořádací idea. Pravidla této multigramatiky jsou lokální, jejich platnost je neostrá. Vzniká tak multigramatika s množinou (= fuzzy - množinou) pravidel. Krite

6 Předpona „multi“ zde říká, že jde o soubor všech možných gramatik, které mají dané statistické vlastnosti, adjektivum „systémová“ říká, že jde o takovou multigramatiku, která odpovídá multiautomatu, jenž tvoří systém. *Pozn.: Ukazuje se, že bude zapotřebí vlastností „systémové multigramatiky“ obecně analyzovat, jen s uvažováním jazykových protějšků systémových atributů (procesů), jako jsou cílovost, genetický kód, kompetence, kontaminace, identita, etika.*

7 teplota, tlak, entropie (neginformace)...

„správnosti“ interpretace (= překladu) není vnitřní konzistence, ale „úspěšné vyřešení úlohy“ – úspěšnost akce, následující po překladu.

g) Gramatika makromolekul DNA / RNA – syntézy bílkovin.

Vychází z **modelu** reality, omezeného na úzkou oblast stavových veličin (p, T...), kde lze reálné procesy redukovat na: zapsání, čtení, transkripci, transformaci v podstatě binárních dat. Dochází tedy k redukci (**HEJ**) na složku **I** nebo **J** (konformace bílkovin). Gramatika v tomto případě je asi Chomského kontextová (1).

h) Gramatika mikrobiologie.

Podle mého soudu je dominantou biologie selfreprodukce. Tím nechci říci, že není biologie bez selfreprodukce, ani že selfreprodukce mimo biologii neexistuje. Uplatňuje se zde výrazně Zadehův teorém „rozmazané evidence“. Těsnost mezi stavových veličin (p, T, entropie(?)), v nichž biologie funguje, vede k naléhavé potřebě definovat „interplay“ s prostředím. Prostředí je totiž podstatné již u objektů makromolekulárních, k překladu dochází v těsném kontextu s prostředím. Půjde tedy přinejmenším o kontextovou multigramatiku (multi- proto, že do ní vstupují minimálně 1 objekt a prostředí). Spíš ale jde o multigramatiku, kde alespoň jedna komponenta je alespoň typu Chomski 0, aby bylo možno zachytit i efekt vzniku nového objektu. Neurčitost lze chápat jako „vnesenou prostředím“, nebo jako důsledek neznámého počátečního stavu / symbolu.

i) Gramatika (makro)biologie není v mém pojetí samostatná, je totiž převeditelná na gramatiku skupin anebo eventuálně na gramatiku heteroobjektů.

j) Gramatika skupin.

Existuje – li v daném prostředí více objektů s gramatikami alespoň typu mikrobiologického (a existují –li zde alespoň dva různé alternativní procesy), lze hovořit o gramatice skupin. Tato multigramatika má podstatnou vzájemnou přeložitelnost (účinnost vzájemného překladu dílčích jazyků), tvoří – li **obraz** skupiny **systém**. Důležitou roli zde má **identita** skupiny (*society*) jakožto měřitelná dynamická veličina objektu i jeho obrazu. Výskyt alternativních procesů vede k spektru chování dílčích objektů od nekoordinovaného (svobodná vůle), přes chování koordinované až k chování kooperativnímu, jimiž všemi se projevuje cílovost skupiny. Multiparticipita skupiny a schopnost dílčích objektů vede k novým vzorcům chování, jako jsou např. soutěživost o zdroje prostředí, o „partnerské“ nebo závislé objekty, odezvy na očekávání apod. Schopnost některých objektů vytvářet modely prostředí (včetně ostatních objektů) vede

k vzniku tendencí a očekávání (expectancies). Ty např. vznikají, když více dílčích objektů sdílí obdobný model prostředí (zde lze použít i „systémový“ termín **okolí**) a proto vzájemně koincidují dílčí modelové predikce jeho vývoje. Existuje –li dále účinná komunikace mezi dílčími objekty, jejich dílčí jazyky jsou vzájemně přeložitelné v reálném čase, umožňuje to dílčí modelové predikce sladit a v interakci s prostředím vyvolat **akci**, v níž se realizuje výsledek predikce nebo nějaká transformace tohoto výsledku (třeba jeho negace). Gramatika je systémová multigramatika.

k) Gramatika technických artefaktů

je fuzzy relací (mezi průnikem a sjednocením) gramatik celků dané úrovně (na níž je artefakt vytvořen) a gramatiky jejich tvůrce a uživatele.

l) Gramatika heterogenního celku⁸

Centrem pozornosti je přeložitelnost na rozhraní skupinového objektu/celku a zbylých (např. technických) (sub)objektů. Jde zřejmě o dosud nejobecnější a nejsložitější neúplnou multigramatiku.

Efekt snížení přeložitelnosti na uvedeném rozhraní je manifestován výrazným (nikoliv hladkým) poklesem **identity** tohoto celku resp. ztrátou systémového charakteru jeho obrazu. Může se to projevit buď „zavržením“ celku prostředím nebo narušením prostředí celkem. Druhý případ ohrožuje existenci (části) prostředí⁹. Hetero-objekt je totiž jednotou celku a prostředí ve velmi úzkém intervalu stavových parametrů.

m) Gramatika virtuálního objektu

Virtuální objekt je vázán na .dané virtuální prostředí. Virtuální prostředí tvoří generátor virtuální reality (VR)¹⁰. Gramatika virtuálního objektu je tedy podmnožinou gramatiky VR. Gramatika VR je alespoň Chomski (1), spíš ale obecná Chomski (0). Virtuální objekt je reprezentován v mezích existence VR , často i jednoduchou (např. regulární) gramatikou. Jakmile dojde k narušení VR (např. přes narušení generátoru VR), jde o obecnou multigramatiku.

⁸ Tím rozumím objekt / celek, sestávající z objektů typu skupin a jiných typů objektů

⁹ chápaného jako vyšší celek

¹⁰ Např. obecný тренажёр, síťová informatická struktura, sociální objekt.

3.2 Syntaxe reality

3.2.1 Úvod

Motivace vychází z pragmatických premis:

- Jazyk je obecným / zobecnitelným prostředím informační interakce reálných objektů / celků (i virtuálních objektů na reálném nosiči).
- Totéž platí pro úroveň obrazu, pokud obraz je téměř¹¹ isomorfní s objektem a má atributy automatu resp. systému.
- Princip trojné ekvivalence HEI (resp. J) umožňuje pro objekty, na nichž je rozpoznán automat / systém, anebo u nichž je vyjádřena identita, povýšit roli jazyka na universální interakční prostředí.
- Jazyk je i nástrojem pro homogenizaci objektů a jejich obrazů i pro studium informačního výkonu.

3.2.2 Shrnutí analytických závěrů (o objektech / celcích)

a) Reálnému objektu, nebo reálnému celku nebo reálnému prostředí reálných objektů lze přiřadit jazyk, pokud je pro něj splněna alespoň jedna z podmínek na “dobře definované” rozlišovací úrovni:

- je isomorfní s automatem
- je isomorfní s pravidlovým systémem
- lze na něm identifikovat identitu.

b) Reálný objekt existuje výlučně v specifickém reálném prostředí. Sama jeho existence je podmíněna (**HEJ**) interakcí s prostředím. Čím vyšší je úroveň objektu / celku ve smyslu [3.], tím zjevnější je role prostředí.

U reálných celků od úrovně mikrobiologické výš (viz. kap. 3.1 odst. h)) lze odlišit objekty, jež slouží řízení informační výměny. Na této úrovni a výše může vstoupit do hry **I** jako částečný substituent **J**.

Dva reálné objekty, které spolu interagují, ať již přímo, nebo prostřednictvím společného reálného prostředí¹², tvoří objekt. Obecně, ze znalosti toho, zda jednomu či

¹¹ až na odchylky od isomorfismu, způsobené zavedením konceptu rozlišovacích úrovní (= řízený homomorfismus)

¹² Tato podmínka není formálně korektní, protože prostředím referenčního objektu je též druhý objekt, et vice versa. Jelikož zde nehrozí nebezpečí chybné interpretace, přidržím se uvedeného znění pro jeho názornost.

oběma objektům nebo prostředí lze přiřadit jazyk, nelze usuzovat nic o tom, zda lze přiřadit jazyk objektu složenému, případně jaký ten jazyk je.

3.2.3 Důsledky

1. Existence objektu v prostředí vyžaduje účinnou vzájemnou přeložitelnost alespoň 2 dílčích jazyků (tedy jazyků objektu a prostředí). Nízká přeložitelnost nebo nízká účinnost překladu vyvolávají tendenci k růstu entropie. Na tu složka **J** universa $U = (\text{objekt} \cup \text{prostředí})$ ¹³ reaguje tendencí ke změně (event. likvidaci) objektu, nebo změnou prostředí. Selforganizace se tedy projevuje zvyšováním účinnosti překladu „bijazyka“ objekt – prostředí¹⁴. *Například procesem Darwinovského výběru.* Elementární jazyky tohoto bijazyka jsou Chomského typu, je-li objekt (resp. prostředí) isomorfní s deterministickým automatem, nebo je isomorfní pravidlový systém „hard“, nebo je určitá identita. V jiných případech se jedná o „měkké“ jazyky. To je evidentně i případ objektu v reálném prostředí.
2. Pokud se objekt jeví „po částech isomorfní“ s alespoň dvěma různými automaty resp. pravidlovými systémy, jedná se nominálně o multijazyk. Taková (nepravá) multijazykovost nemusí být objektivní, ale může souviset s (nikoliv explicitně aktivní) časově nebo i jinak podmíněnou úrovní poznání. V takovém případě nízká účinnost multijazykového překladu nevede k „aktivaci **J**“, jako ad.1., protože reálný překlad alespoň z části neprobíhá v úrovni obrazů, ale je aktivován složkou **J** reálného universa¹⁵.
3. Objektivně multijazykový charakter má interakce dvou a více reálných objektů v reálném prostředí.
4. Objektivně multijazykový je i charakter interakce skupinového (sociálního) objektu nebo hetero-objektu s prostředím¹⁶. V takovém případě je účinnost překladu přímo ovlivněna úrovní poznání a proto se explicitně projevuje uspořádací princip, podobně jako v případě ad.1.
5. Multijazyk, který je složen jen z „tvrdých“ dílčích jazyků, může být měkký (i po syntaktické stránce).

¹³ Víme, že takové universum je systémem

¹⁴ Tedy zvyšováním informační akce.

¹⁵ Triviální příklad: Komunikuji – li s kamenem tím, že si jej kopu před sebou na cestě, není důležité, jaký aktuální fyzikální model používám. Reakce kamene je totiž reálná.

¹⁶ Pokud lze takovým objektům jazyky přiřadit.

6. Poznatek ad: 3.1 d). vede k zajímavému závěru. Lze – li složenému objektu přiřadit jazyk, pak tento jazyk pravděpodobně odpovídá přinejmenším složitějšímu z dílčích objektů¹⁷. Protože současné reálné prostředí je „zaplněno“ antropomorfními - sociálními a heterogenními objekty, plyne z toho závěr, že odpovídající jazyky pro složené objekty, (existují –li) jsou „měkké“, složité multijazyky, jejichž účinný překlad je náročný. Jde totiž v zásadě o proces kontaminace reálného prostředí složitými typy objektů a návazně o jev dominace složitějších forem jazyka¹⁸. Zavedeme – li s prof. Vlčkem „pragmatiku“ [6.], pak proces dominace (*je z principu neurčitý!*) se projevuje tendencí k růstu složitosti pragmatiky při současně pomaleji rostoucí, nebo nerostoucí entropii.

3.2.4 Příklad

Typickým příkladem jednoduchého reálného mechanického makroobjektu (objekt typu a) je kulečnicková koule¹⁹. Prostředím je „zbytek reality“, nicméně v určitých limitech energie a stavových veličin můžeme za prostředí považovat kulečnickový stůl, tágo, další kulečnickové koule, Zemi jako partnera gravitačního působení²⁰ a hráče. To nestačí, spolu s hráči musíme zařadit i fragment lidské společnosti, kde se kulečnick jako hra konstituoval, kde se vytvořila pravidla hry, kde se vyrobily jak koule, tak stůl i tágo. Přinejmenším toto vše jsou tedy účastníci informační výměny při pohybu koule po stole. Má –li se hra hrát (což je zkušenostně doloženo jako možné), musí všechny uvedené objekty komunikovat svými dílčími jazyky, které jsou vzájemně přeložitelné dostatečně úplně a účinně²¹. Jen v krátkém časovém období od šťouchu do zastavení všech koulí spolu komunikují pouze mechaničtí účastníci. Do „hry“ tedy vstupují „jen“ vlastnosti stolu (rozměry, modul pružnosti, faktor tlumení – poměrně složitě související se strukturou, složením a technologií sukna, jímž je stůl pokryt) a vlastnosti koulí (relativní polohy vůči stolu v daném čase, impulsy, impulsmomenty, poloměr, rozložení hustoty..). Jazyky těchto objektů v uvažovaném časovém intervalu považujeme za regulární, protože jsou generovány jednoduchými pravidly nad abecedou několika veličin, měřitelných reálnými čísly. Musíme si však být vědomi idealizací, musíme uvážit, že prostředí tohoto typu je vlastně artefakt, který nemá daleko k (jednoduché) virtuální realitě.

17 Lze sice nalézt protipříklady, ty jsou však konstruovány uměle. Např. lze celek, který je isomorfní s pravidlovým systémem, rozdělit na dva objekty. V takovém případě existuje jednoduchý jazyk celku a jazyky dílčích objektů jsou složité nebo neexistují.

18 Vždyť jazyk je prostředím J (I) výměny.

19 Považujeme ji za prototyp čehosi velmi jednoduchého, na čemž lze jasně demonstrovat klasickou mechaniku.

20 (vliv Měsíce, Slunce, etc. zanedbáme)

21 Neúplný překlad by vedl k hromadění poruch až posléze k rozpadu sémantiky, neúčinný překlad by měl za následek vysokou spotřebu zdrojů (včetně času) a hra by patrně nevznikla, anebo by poměrně brzy ztratila na oblibě.

3.2.5 Pravidla / zákony reality a gramatika multijazyka $\{G_s\}$

Svébytnou vlastnost poznávacího procesu reality najdeme v tom, že pravidla (zákony) reality, tak, jak nám jsou dostupné, nejsou objektivní, ale patří do obrazu - modelu reality. Tedy do $I_{(H,E,I)}$. Tento obraz pro inženýra představují přírodní vědy²². Prostorová omezenost přírodních zákonů je tedy dána nejen dynamikou reality, ale též dynamikou tvorby jejího obrazu, tedy dynamikou poznání a formulování přírodních věd resp. vědeckých paradigmat.

To by zdánlivě mohla zvládnout informatika pomocí konceptu spolehlivosti obrazu zachování identity architektury, (v tomto případě) systému $S_N(H,E,I)$. Potíž je v tom, že spolehlivost tohoto obrazu (i "kaskády" obrazů) lze odvodit ze spolehlivosti překlady, ta je zase odvoditelná z úplnosti gramatik → a shledáváme, že se pohybujeme v cyklu. To není pro další studium výhodné, proto se pokusme hledat jiné přístupy.

Východiskem může být využití blízkého, nicméně složitějšího konceptu spolehlivosti obrazu funkce směřování rozdílu současné a strategické identity k nule. Strategická identita přitom pro přírodní vědy zachycuje (pravidlový) generativní systém v celém prostorovém universu isomorfní se systémem $S_N(H,E,I)$. Tato specifická spolehlivost obrazu je odvoditelná ze spolehlivosti IV , když využijeme (na počátku postulovanou) ekvivalenci $S_N(H,E,I)$ a $S_I(I_H,I_E,I_I)$

Věc má však též výraznou konstruktivní stránku. Pravidla v přírodních vědách se sice konfrontují s posloupnostmi dílčích "snímků" reality (pozorování, experiment), ale konstruuji se spíše z axiomatizované a časově i kulturně podmíněné platnosti některých jednoduchých principů²³. Spíše než z Coulombova zákona nebo Mendelových pravidel dědičnosti se vychází z těchto primárních principů, symetrií, analogií.

V prvním pořadí tedy jde o to, aby zavedené systémové atributy, jako jsou kompaktnost, regularita, cílovost, genetický kód, identita, kompetence, ba i struktura, našly svá specifická vyjádření v omezujících podmínkách na multijazyk. Takto pojato jde o úlohu konstruktivní, systémově inženýrskou, paradoxně bez přímé vazby na přírodu a její zákony. Jde o definici "**S-multijazyka**" a rozvinutí jeho vlastností. Úloha ale pokrývá též hlediska slučitelnosti, integrity, metriky...

22 V určitou dobu, která se měří spíše na generace, než na hodiny, a v určitém mnohorozměrném prostoru, který má krom fyzikálních dimenzí též rozměry biologické, sociální, kulturní...

23 Příklady: Homogenita a isotropie prostoru, jednosměrnost času (z toho odvozené zákony zachování), grupy symetrií u elementárních částic, výběrová pravidla, genetická pravidla, přirozený výběr druhů...antropické principy... Zdá se, že vše to je vedeno vírou v cosi, co můžeme nazvat absolutní kompetencí informatiky, t.j. universální platnost isomorfismu $S_N(H,E,I)$ s $S_I(I_H,I_E,I_I)$. Víra je však kategorií teologickou, i když rozhraní s informatikou je neostře, proto se diskutují její oprávněnosti nezabýváme.

Přírodní vědy v současnosti představují soubory modelů či množiny procesů, které jen málokdy komponují tvrdý systém, natož systém regulární. Proto je obtížné identifikovat některé klasické systémové atributy, např. strukturu, mohutnost, proces γ , atd.²⁴ Tedy již na počátku vstupuje do příslušných gramatik "měkkost", což jsme patrně, pod dojmem, že pracujeme s realitou a "tvrdými" přírodními zákony, nepředpokládali.

V druhém pořadí jde teprve o to, že dílčí gramatiky odrážejí konkrétní přírodní zákony. Tedy: (reálně existující- realizované, nikoliv jen možné) relace mezi prvky reálného světa. Následně, v závislosti na těchto relacích a jejich zřetězení plus na počátečních / okrajových podmínkách, přírodní procesy.

Čekáme tedy, že získáme další požadavky pro gramatiky²⁵. To však znamená analyzovat konkrétní případy²⁶. Neznám bohužel specifikační požadavek (omezující podmínku) s platností dostatečně obecnou, aby bylo vhodné jej diskutovat v takto zaměřené práci.

3.2.6 Nosič a proces přenosu informace v pojmech (překladu) jazyka.

Formulace inženýrských požadavků na nosič informace (i.e. objekt reality) v pojmech (překladu) jazyka :

1. Překlad z vstupního jazyka do jazyka vybraných (kódových) stavů objektu, i překlad z jazyka kódových stavů objektu do výstupního jazyka má být účinný (s účinností, blížíící se jedničce).
2. Jazyk vybraných stavů objektu je charakterizován gramatikou alespoň třídy 0. nebo vyšší. Sémantika jednoznačná.
3. Překlad z jazyka "ostatních" (nekódových) vnitřních stavů objektu do výstupního jazyka má být neúčinný (s účinností blížíící se 0).
4. Překlad z jazyka okolí (mimo jeho podmnožiny vstupního jazyka) do jazyka kódových stavů má být neúčinný.

24 Nicméně moderní systémové pojmy, jako jsou např. genetický kód - proces δ a zejména Identita se zde mohou dobře uplatnit.

25 Ne každý to čeká. Orthodoxní systémový teoretik může tvrdit, že další specifická omezení principiálně neexistují. Veškeré přírodní zákony v jeho pojetí odrážejí symetrie systémových relací. To ovšem není přístup, vlastní inženýrům a přírodovědcům, ti jsou zvyklí na indukci resp. "Task approach", kde se další omezení, odpozorovaná či "odexperimentovaná" na přírodě předpokládají.

26 Např. studovat, jak lze tepelný šum v daném objektu považovat za složku multijazykové komunikace. To je mimochodem docela instruktivní příklad, protože touto složkou multijazyka se sděluje v mnoha případech důležitá informace o stavu objektu.

3.2.7 Diskuse alternativních přístupů při zpřesnění syntaxe jazyků reálných objektů (RO)

- 1) Triviální pokus o zpřesnění může vyjít z analogie prostředí RO : systémové okolí. Podobně jako blízké okolí systému můžeme zavést „blízké prostředí referenčního reálného objektu (BP_{RO}). V něm existují objekty přímo interagující²⁷ s RO. a vzdálené prostředí, kde je interakce nanejvýš zprostředkovaná. Cílem je redukovat úlohu , rozložit překlad multijazyka RO : prostředí na dílčí překlady: $(RO - RO_i)$ ($i=1..n$) a $(RO - BP_{RO})$ U jazyka $(RO - BP_{RO})$ musíme předpokládat neurčitost a neúplnost, a to pro nepredikovatelné působení vzdáleného prostředí. Přístup se neukazuje slibný, protože v důležitých případech nelze rozhodnout u RO, zda je interakce přímá nebo zprostředkovaná.
- 2) Nechť je RO takový objekt, k němuž se podařilo najít isomorfní automat. Jeho „vnitřní“ gramatika je pak plně definována funkcemi α a β a „doladěna“ počátečním stavem **0**. Abeceda je obecně $(IN \times O)$ kde IN je množina možných vstupních stavů, O množina možných výstupních stavů. Gramatika Chomski 0, nebo i vyšší třídy. Neurčitost působí na vstupu / výstupu. Neregularita interface s prostředím je zdrojem neúplnosti.
- 3) Nechť RO je objekt, k němuž se podařilo najít isomorfní strukturní systém. Pak jednotlivé prvky / automaty mají své abecedy i gramatiky (Chomski 0+) Lze rozlišit neregularity na interface s prostředím i neregularity vnitřní, mezi jednotlivými vnitřními prvky. Multijazyk má tedy dílčí jazyky při styku s prostředím i dílčí jazyky vnitřní. Překlad lze pak řešit jako úlohu o regularizaci rozhraní. To ale znamená též, že **ordering J** (i.e. množina cílových procesů vyšší uspořádanosti systému, isomorfního s RO) **je de facto řešením úlohy o rozhraní**. Lze to ilustrovat na jednom z přístupů k regularizaci systému, metodě zařazení konversního prvku. Generuje se tak typická syntetická úloha typu „problem solving“- PS : Pro dané vstupy (*resp. vstupní a výstupní abecedy*) hledej funkce α a β a počáteční stav **0** prvku - automatu (*resp. gramatiku konversního jazyka*) tak, aby byly splněny podmínky účinnosti, „vejít se“ do prostoty a času, spolehlivosti... Vzhledem k dynamice a neurčitosti (*tu lze chápat v tomto případě jako „modulaci“ intervalů přijatelných hodnot parametrů rozhraní*) jde o PS úlohu, jež obsahuje aspekty AI, např. „selflearning“). Dále je zajímavé,

²⁷ Při diskusi jazyků RO nahrazuji obecnější pojem relace speciálnějším pojmem interakce, protože, na rozdíl od úrovně obrazů, reálné objekty musí interagovat, aby mělo smysl hovořit o jazycích, jimiž komunikují.

že je –li RO isomorfní s jistým systémem a je –li axiomaticky reálné universum systémem, působí na RO i na rozhraní RO:prostředí „universové“ J^{28} . To ovšem uspořádává universum, což může mít pro objekt nejružnější důsledky, kupříkladu někdy též tendenci k likvidaci RO.

- 4) V obecném případě nelze očekávat, že se na RO podaří identifikovat systém. Nicméně objekt má identitu, probíhají v něm procesy, mezi dílčími částmi objektu / celku existuje rozhraní, stejně tak mezi objektem a prostředím. Interakci objekt : prostředí odpovídá neúplný a neurčitý multijazyk. Redukcí tohoto multijazyka, která zachycuje důležité procesy na rozhraní objekt : prostředí je jazyk identity RO. Identita RO je specifickým modelem²⁹ objektu, který je vytvářen právě proto, aby zobrazoval interakci objektu s prostředím. Jazyk identity, podobně jako identita sama, jsou dynamické koncepty. Vznik nového objektu s vlastní identitou v daném prostředí se zobrazí vznikem nového dílčího jazyka. Využití jazyka identity RO v daném prostředí může být patrně vhodným inženýrským přístupem k řešení důležité třídy úloh z této oblasti. Jazyk identity má proti jazyku RO redukovanou abecedu. Je to patrné např. v obvyklém případě, kdy je identita vyjádřena vektorem v metrickém prostoru. Gramatika jazyka identity RO je v důležitých případech „pravidelnější“ (zdá se, že i “Chomski 1” – kontextová). Jazyk identity lze chápat též jako meta – úroveň popisu multijazykové komunikace objekt – prostředí. Výkonu resp. akci na rozhraní objekt – prostředí samozřejmě odpovídá příslušný (multi)jazyk Objekt : Prostředí, jazyk identity však může dynamicky zachycovat jeho vlastnosti, včetně účinnosti.

²⁸ Lidová moudrost v této souvislosti praví: „Pomož si sám a Pánbůh Ti pomůže“.

²⁹ Patří tedy do úrovně obrazů, v případě identity RO je to obraz primární, prvního řádu. (Zatímco identita systému je obrazem druhého řádu.)

4. MĚKKOST SYSTÉMŮ A MĚKKOST OBJEKTŮ

Vstupními argumenty tohoto analytického kroku jsou tato tvrzení (definice):

- Systémem rozumíme
 - jakýkoliv objekt reálného světa,
 - a formální model reálného světa nebo jeho části zapsaný v hodnotách složek, definujících systém jako model.
- Měkkostí rozumíme neurčitost spojenou s neúplností poznání existujících částí reálného světa a neúplností poznání jejich funkcí, s následnou neúplností zápisu formálního modelu.

Interpretace těchto vstupních tvrzení pak vede ke konstruktivně orientovanému vztahu mezi systémem jako objektem a systémem jako modelem:

Měkký objekt má jen parciální poznatelnost, která je ale úplně („tvrdě“) popsitelná modelem.

Měkký model připouští takové vlastnosti objektu, které jsou úplné, zatím nepoznané, což vede k závěru, že objekt je úplný sám o sobě, „tvrdý“.

Aniž se zabýváme volbou mezi oběma interpretacemi, patřící spíše do teorií filozofie a gnoseologie, předpokládáme jako východisko naší studie využití druhé verze relace mezi měkkým modelem a měkkým objektem: objekt existuje jako úplný, „tvrdý“. Tento předpoklad posilují argumenty o objektivní zvládnutelnosti chaosu funkcí pořádacího principu, který je jakýmsi „úplným“, zatím nepoznaným modelem.

Naopak měkkost přiřaditelná modelu jako „zatím“ neúplné poznání úplného („tvrdého“) objektu je charakterizována úsilím alespoň o popis měkkosti sama sebe, tj. popis měkkosti modelu. V tomto smyslu jsou úlohy o neurčitosti součástí konstruktivně vytvářeného systému jako měkkého modelu.

5. HOMOGENIZACE CELKU

5.1 Úvod

5.1.1 Pojmy

- prostředí = (integrovaná množina celků a jejich relací) $\cap$ (podmnožina definovaného universa) $\cap$ (universum referenčního celku)
- reálné prostředí = prostředí, identifikovatelné v reálném universu³⁰
- celek = objekt, (integrovaná množina objektů a jejich relací)
- reálný celek = celek identifikovatelný v reálném prostředí
- relace (mezi objekty) = měkká relace, kvalitativní relace, fuzzy relace, logická relace, relace s metrikou, (měřitelný, kvantitativní vztah), **interakce** (v trojném kartézském součinu $[H \times E \times I]$), relace
- homogenní relace = relace $\cap ((\text{kvalitativní vztah} \cup \text{měkká relace} \cup \text{fuzzy relace})')$
- homogenizace celku = transformace relací (objektů celku $\cup$ (celku $\cap$ prostředí)) na homogenní relace
- objekt = reálný objekt $\cup$ model $\cup$ objekt
- model = homomorfní obraz objektu
- reálný objekt = identifikovatelný objekt reálného celku

5.1.2 Zařazení

Analýza procesu homogenizace probíhá v rámci systémového inženýrství [1] ve třídě úloh „zadaných objektem“.

Zvláště se zaměřím na celky, obsahující reálné (makro)objekty. Ty jsou totiž vždy heterogenní.

5.1.3 Význam

Rozvoj poznání přináší diversifikaci **poznatků. Diversifikované** poznatky netvoří znalost. Proto vyvstává potřeba jejich integrace. Integrace je podmíněna homogenizací.

Názornými příklady prostředí, v nichž se význam procesu homogenizace demonstruje, mohou být doprava a spoje a rovněž správa státu ("E. Pluribus Unum").

Shrnuto - účinný dynamický proces homogenizace heterogenního celku podmiňuje:

- Integritu celku
- Existenci celku v prostředí
- Strukturalizaci celku
- Dynamiku celku ve vztahu k prostředí;

ta následně podmiňuje typy procesů jako:

- Udržitelný rozvoj celku
- Řízený zánik celku

5.1.4 Heterogenita celku

spočívá v:

- Variabilitě zastoupení základních složek – hmoty, energie a informace (H,E,I) v dílčích objektech [4,12] vyznačující se růzností veličin, jimiž se tyto složky projevují a v jejich rozdílné dynamice.
- Rozdílných metrikách.
- Projevech skrytých stavů a vlivu prostředí $\Rightarrow$ **neurčitosti**
- Variabilitě podmínek aktivace alternativních procesů.

Nezvládnutá heterogenita celku $\Rightarrow$ uvolnění částí celku + vliv prostředí $\Rightarrow$ dezintegrace celku.

5.1.5 Proč se homogenizuje celek ?

a) Samovolně, v celcích, jejichž obrazem je systém:

- Jde o důsledek cílových procesů sebeuspořádání (selfordering), které jsou u specifických reálných celků (těch celků, nad nimiž je rozpoznatelný reálný systém) projevem existence veličiny **J**.
- Jako důsledek kompetice jeho dílčích objektů o zdroje celku.

30 Reálné universum je zachytitelné **systémem**, jehož relace jsou definovány na trojném kartézském součinu (**HxExJ**), tj. hmota x energie x (uspořádací) informace.

b) Vynuceně:

- jde o důsledek akce prostředí
- nebo interakce s prostředím
- nebo účinného (multi) jazykového překladu složky **J** v prostředí

c) Jako důsledek cílové akce inteligentního objektu, jenž je součástí daného celku.

Proto, aby ten inteligentní objekt:

- celku získal určitou znalost
- rozpoznal rozhraní: (celek – objekty) a (celek – prostředí)
- na celku identifikoval systém³¹
- pochopil celek (t.j. získal znalost → moudrost³²)
- ovládl jej s cíli :
 - dílčí entropizace (využití jeho vnitřních zdrojů **HEJ / I**)
 - uspořádání (negentropizace), a tím optimalizace relací mezi dílčími objekty celku resp. celkem a těmito objekty a následně zvýšení účinnosti zvolených procesů
 - řízení relací celek $\longleftrightarrow$ prostředí
 - (následně) ovládnutí části prostředí, v mezním případě do té míry, že de facto dojde k rozšíření celku na úkor prostředí.

5.1.6 Jak se homogenizuje celek ?

- **regularizací interface**³³: (dílčích objektů navzájem) $\cup$ (objektů s celkem) $\cup$ (celku s prostředím) (technologická úroveň)
- **vyvážením interakcí** (dílčích objektů navzájem) $\cup$ (objektů s celkem) $\cup$ (celku s prostředím) (makrofyzikální úroveň)
- **(kompeticí celků o zdroje prostředí) $\cup$ (reprodukcí celků) $\Rightarrow$ okupací prostředí**, (biologická úroveň)

31 To předpokládá m.j. přiřazení prvků (i. e. automatů) resp. subsystémů objektům a zobrazení relací celku systémovými relacemi.

32 i.e. začlenění znalosti do kontextu nějakého universa

33 Interface objektů resp. celku je pojem netriviální. Klasický postup definice spočívá v identifikaci systémů nad objekty i celkem, identifikaci interface v systémové úrovni a přenesení výsledků na objekty a celek. Slabinou tohoto přístupu je subjektivita a nutnost přechodu do úrovně obrazů.. Proto zavádím definici interface přímo v úrovni objektů.

- **překladem v multijazykovém prostředí** (sociální úroveň)

5.2 Diskuse přístupů k homogenizaci³⁴

5.2.1 Technologická úroveň

Homogenizace na této úrovni spočívá v zajištění přijatelných intervalů veličin a parametrů interface, jde tedy o homogenizaci regularizací rozhraní.

Problematiku v obrazech, jak je všeobecně známo, řeší dobře propracované stejnojmenné úlohy systémové analýzy³⁵.

Závažnou otázkou je, zda resp. za jakých podmínek, lze tytéž úlohy použít pro objekty a celky?

Výchozím krokem k jejímu zodpovězení je definice interface na úrovni objektů / celků. V případě lokalizovaných objektů / celků lze interface konstruovat na základě předpokladu platnosti zobecněného Huyghensova principu³⁶. Interface dvou n - rozměrných objektů (resp. objektu a prostředí) je pak možno definovat propustností hranice³⁷ pro tok veličiny (H,E,I). Pro naše úlohy bývá zpravidla dominantní tok I (resp. J). Při **regulárním** interface nedochází při toku přes hranici dynamicky k narušení principu zachování. U nelokálních objektů se problém pokoušíme řešit zavedením jiných dimenzí nebo typů prostorů.

Při takto definovaném interface³⁸ lze použít úloh systémové analýzy k regularizaci rozhraní objektů / celků a tedy k jejich homogenizaci. Hranice zde totiž vystupuje v roli „řezu“ a není na závalu, že se jedná o entitu reálnou a nikoliv myšlenou.

Sledujeme-li proces homogenizace tohoto typu ve stavovém prostoru, zjišťujeme pokles konfigurační entropie³⁹.

Diskutovaný přístup k homogenizaci je typický u technických artefaktů. V metaúrovni se projevuje standardizací. Na sociální úrovni je tento přístup k homogenizaci vnímán spíš negativně⁴⁰.

³⁴ Diskuse homogenizačních přístupů probíhá tak, že jsou zavedeny kategorie úrovní. Názvy těchto úrovní jsou voleny názorně. Rozhodně to však neznamená, že by se homogenizační proces biologické úrovně nemohl např. vyskytnout u celků čistě fyzikální povahy, et vice versa.

³⁵ Dynamicky je ovšem regularizace interface, byť v úrovni obrazů, procesem, jehož ovládání může být náročné, případně narážející na transkomputabilitu.

³⁶ Ten v jedné z formulací tvrdí, že veškerá informace o n -rozměrném objektu je dostupná přes jeho $(n-1)$ rozměrnou **hranici**.

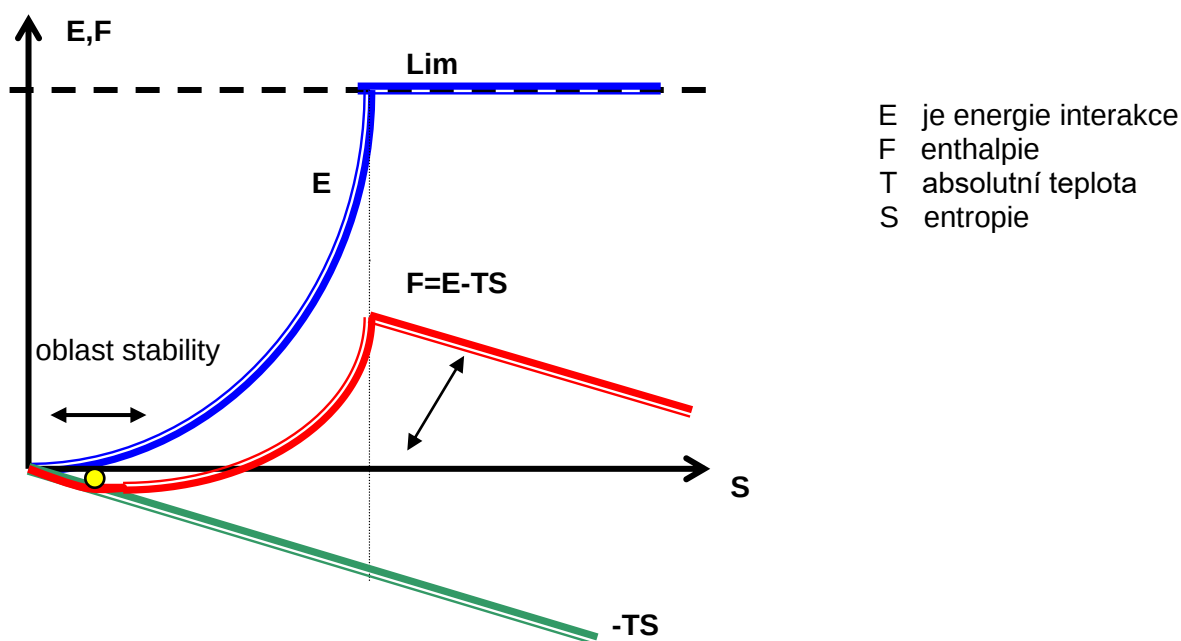
³⁷ Hranice je zjednodušeně řečeno $(n-1)$ rozměrný útvar, společný oběma interagujícím objektům, resp. objektu a prostředí.

³⁸ Povšimněme si, že naše úvahy jsou teď založeny na 2 základních hypotézách: Na trojně ekvivalenci (H,E,I) a na platnosti zobecněného Huyghensova principu.

³⁹ To je při studiu dlouhodobé stability, spolehlivosti a doby života podstatné, protože výrazné snížení konfigurační entropie zvyšuje susceptibilitu objektu na rušivé vlivy (termalizace, vlivy prostředí...)

5.2.2 Makrofyzikální / chemická úroveň

Tento přístup k homogenizaci spočívá ve vyvažování interakcí mezi objekty navzájem, mezi objektem celkem nebo celkem a prostředím. Je typický pro objekty / celky, jež popisují makroskopická fyzika a chemie, nicméně uplatňuje se i na jiných úrovních. Jako jednoduchý příklad může posloužit případ limitované interakce celku s prostředím. Lze jej zachytit v termodynamickém (stavovém) popisu Obr.č. 2.



Objekt je stabilní v oblasti vlevo od zlomu na grafu $F(S)$.

Obr.č. 2 Graf závislostí $E(S)$ a $F(S)$ s absolutní teplotou T jako parametrem, jenž modeluje stabilitu makrofyzikálního celku v prostředí při limitované energetické interakci s prostředím.

Různé cesty k dosažení (stabilního) makrostavu vedou k objektivní **neurčitosti** procesu homogenizace tohoto typu. Výrazné zobecnění přístupu umožňuje využití předpokladu trojné ekvivalence H, E, I [13] Dojdeme tak až k obecnému homeostatu. Zajímavé a z hlediska spolehlivosti a životnosti celku plausibilní zjištění je, že tento přístup k homogenizaci nemusí být při popisu ve stavovém prostoru doprovázen výrazným poklesem konfigurační entropie. To je podstatné z hlediska stability reálných celků. V popisu v pojmech kybernetiky jde o homogenizaci „spuštěním“ („uvolněním“) soustavy zpětných vazeb mezi objekty v celku resp. mezi celkem a prostředím. Uvedený

proces homogenizace má universální charakter u celků, jenž neobsahují živé objekty⁴¹. To nevylučuje, spíše naopak předpokládá, že je doprovázen i homogenizací „technologickou“ (ad 5.2.1)

5.2.3 Biologická úroveň

Homogenizace celku na této úrovni vždy předpokládá existenci procesů ad. 5.2.2, t.j. vyvážení interakcí objekt – celek i celek – prostředí. Přistupují však navíc procesy kompetice (soutěže) objektů o zdroje celku resp. soutěže celků o zdroje prostředí. Tyto procesy jsou v úrovni obrazů pro speciální případ nadsystému technického rozvoje diskutovány v. V úrovni objekt – celek - prostředí je (opět) situace složitější.

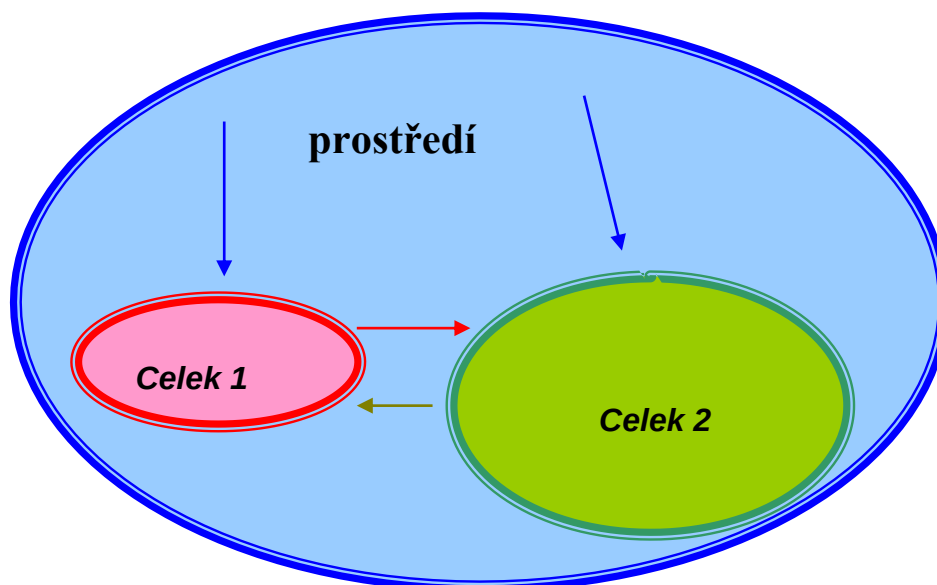
Pro elementární vysvětlení uvažujme dva celky, modelované ad. 5.2.2, které soutěží o limitovaný energetický zdroj prostředí. Podmínky soutěže nejsou rovné. V daném „počátečním“ stavu je obecně jiná energetická limitace pro každý z celků. Dynamicky se tato limitace mění, ale integrálně má větší pravděpodobnost přežití (za jinak identických podmínek) ten celek, jehož časový integrál energetické limity je větší. To platí tím spíš, že celek s integrálně větší energetickou výměnou „exportuje“ do prostředí (jež pro něj tvoří m.j. též druhý, soutěže se účastníci celek) entropii. nebo veličinu TS. To posouvá pro druhý celek stabilní stav doprava, blíže k prahové hodnotě, kdy dojde k nevratnému narušení celku. Pravděpodobnost „úspěchu“ prvního celku v soutěži se dynamicky zvětšuje. V obecném případě se nemusí jednat o energetické zdroje, ale o zdroje veličiny (HEJ). To však na charakteru a závěrech úvahy nic zásadního nemění.

Prostředí se homogenizuje tím, že se postupně zmenšuje počet celků, nebo⁴² se v soutěži prosazují celky inherentně stabilnější, nebo celky s vyšší efektivitou homeostáze, nebo se homogenizuje tím, že se utvářejí dynamické „koalice celků“ s cílem efektivního využití zdrojů prostředí. Všechny tyto případy, s výjimkou posledního, jsou redukovatelné na homogenizační procesy ad. 5.2.1 nebo 5.2.2. Poslední případ utváření dynamických koalic celků obecně redukovatelný není, protože procesy vzniku koalic mohou být založeny na jiných principech, než těch s nimiž „pracují“ přístupy ad. 5.2.1 nebo 5.2.2

přístupu“. Homogenizace je zde vnímána jako proces odstraňování specifik na základě chybných či nejasných cílů.

⁴¹ Redukcionisté mu patrně budou přisuzovat zcela universální charakter.

⁴² Podtržením se u spojek zdůrazňuje jejich logický (nikoliv lingvistický) charakter.



Obr.č. 3. Soutěž celků o zdroje prostředí.

Na biologické úrovni se dále „vynořuje“ kvalitativně nový homogenizační proces, který vyhlídky „úspěšného“ celku (daného **typu**) v soutěži o zdroje prostředí zvyšuje s využitím procesu reprodukce celku. Homogenizace prostředí pak probíhá podle schématu:

REPRODUKCE → OKUPACE PROSTŘEDÍ → HOMOGENIZACE

Tento homogenizační přístup je při málo využitých zdrojích prostředí účinný a rychlý. Při stavovém popisu se vyznačuje velmi rychlým poklesem konfigurační entropie, což signalizuje problémy se stabilitou.

Z disponibilních úloh systémového inženýrství lze řešit homogenizaci na úrovních 5.2.2 a 5.2.3 úlohami o dynamice identity celku [1]. Protože kategorie identity je primárně kategorií, vztahující se k objektu a celku a teprve odvozeně se vztahuje k obrazům, nesetkáme se zde s problémy přenositelnosti metod. Potíže může působit spíš modernost těchto metod a tedy jejich nižší prověření praxí.

Homogenizace celku se projevuje hladkou dynamikou identity celku. Větvení dynamické trajektorie identity zachytí i emergentní jevy, jako je např. na této úrovni reprodukce [6,10].

5.2.4 Sociální úroveň

Pro tuto úroveň je charakteristická homogenizace na základě **informace**. Přímým důsledkem je dominantní význam jazyka. Jazyky částí celků se odlišují v abecedách, gramatikách i sémantice. Přirozeným důsledkem je **multijazykový** charakter informační výměny mezi částmi celku, resp. částí a prostředím. Proces homogenizace lze zachytit schématem:

HOMOGENIZACE $\longleftrightarrow$ PŘEKLAD V MULTIJAZYKOVÉM PROSTŘEDÍ

Kvalita překladu přitom určuje míru homogenizace. Integrita celku je určena úplností překladu.

V rámci systémového inženýrství řeší homogenizaci na této úrovni úlohy multijazykové přeložitelnosti [13]. Ty jsou dosud v počáteční fázi výzkumu.

Potenciálně jsou využitelné:

- statistické a iterační algoritmy,
- shluková analýza,
- fuzzy přístupy,
- metodiky umělé inteligence (AI).

Důležitým inženýrským aspektem multijazykové přeložitelnosti, který stanoví rámec její aplikability je “vejití se do disponibilních zdrojů a času”.

5.3 Speciální případy homogenizace na skupinové (sociální) úrovni

5.3.1 Prvním ze speciálních případů, o němž stojí zato se zmínit, je **Orientovaná přeložitelnost k účelovému obrazu**.

Orientaci i účelový obraz přitom zadává prostředí.

Přístup vede účinně k vysokému stupni homogenizace, má však nízkou dynamiku, zejména při změnách účelového obrazu. Při stavovém popisu se vyznačuje velmi nízkou konfigurační entropií a tedy potenciální nestabilitou.

5.3.2 Dynamický multijazykový překlad

Je náročný na zdroje, probíhá opakovaně a proto nevyniká účinností. Nesnižuje nadměrně konfigurační entropii, tudíž je homogenizace potenciálně stabilní.

5.3.3 Homogenizace vzdělávání

Celek vzdělávání existuje v společenském prostředí. Pokud v tomto prostředí neexistuje účinný proces homogenizace, dochází k rozpadu do dílčích objektů. V úrovni jazyka se to projeví snížením účinnosti překladu mezi jazyky oddělených objektů. Finálním důsledkem je ztráta přenositelnosti poznatků. Aktuálním příkladem může být známá postmoderní teze o “pluralitě kultur a relativitě pravd”.

Rozvoj vědeckého poznání, stejně jako inženýrská praxe, integraci heterogenních poznatků vyžadují. Nabízí se orientovaný překlad k účelovému obrazu, (v tomto případě zpravidla představenému vznešenou ideou, například humanity, spravedlnosti, udržitelného rozvoje). Ten může účinně (s efektivním využitím zdrojů) vést k vysokému stupni homogenizace vzdělávání. Takový stav celku je stabilní do první (z prostředí indukované) změny orientace překladu. Změna orientace překladu znamená obvykle modifikaci pravidel (gramatiky) a změnu kontextu.

Následují:

- narušení nebo rozpad sémantiky jazyka
- náhlé zeslabení účinnosti procesu homogenizace
- rozpad celku

Potenciálně stabilnějším východiskem je trvale probíhající neorientovaný dynamický překlad mezi jazyky heterogenních částí celku. I když je obecně náročnější na čerpání zdrojů. Zajímavé je, že může v dílčích segmentech využívat přístupy k homogenizaci známé z nižších úrovní, např. i z úrovně technologické. (Standardizace maturit má charakter regularizace rozhraní.) Hodnotícím kritériem může být dynamika vývoje identity vzdělávací soustavy.

5.4 Hybridizace úrovní

Některé celky obsahují objekty více (všech) úrovní, případně jejich heterogenita má vícedimenzionální charakter. To je typické pro dopravu. V další dimenzi zde např. rozlišíme: substrát, prostředek, cestu, uživatele. Příkladem může být “Inteligentní dálniční síť”. V takových případech je nutná vzájemná přeložitelnost mezi objekty všech úrovní a dimenzí. To vede k potřebě jednotného zachycení procesů homogenizace. Patrně nejlépe tomuto požadavku vyhoví universální zavedení konceptů **překladu jazyka a multijazykového prostředí**. Nezvykle sice působí pracovat s jazyky

fyzikálních objektů a technických artefaktů, není to však zřejmě věcnou závadou. Odpovídající jazyky je však nutno studovat, definovat a zavést v užívání.

Tvrzení 1:

Pro složité heterogenní celky, obsahující inteligentní objekty⁴³ je dominantní homogenizační proces ad. 5.2.4.

Tvrzení 2:

Proces ad. 5.2.4 lze zavést jako universální homogenizační proces.

5.5 Závěr

Systémová teorie a systémové inženýrství při stávající úrovni poznání nabízejí koncepty a přístupy, které začínají umožňovat řešení homogenizaci složitých heterogenních celků. Bude tak možno upřesnit dosud převažující postupy, založené na intuici a empirii.

⁴³ nazývané též **hybridními objekty** per analogiam s hybridními systémy

6. PŘÍSPĚVEK K DEFINICÍM

6.1 Prostorčasové definice⁴⁴

Mysleme si, že prostorčas je **vyjádřitelný** diskrétně, **byv** složen z elementárních nadkrychliček

$$\varpi^*t, \varpi = x^*y^*z$$

Každý element prostorčasu má přiřazenu veličinu $\rho(\varpi, t)$, kterou rozumíme **prostorčasovou hustotu (trojsložkové) entity HEI**. Ta nechť nabývá celočíselných hodnot, např.:

ϖ																			
0	1	2	3	-1	0	1	2	3	4	-1	1	2	3	4	5	-1	0	1	
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	8	8	8	8	9	9	9	9	9	
0	4	5	6	5	4	3	4	3	4	3	2	2	3	3	6	6	4	4	
8	7	6	5	4	3	2	1	0	8	0	8	0	8	0	8	0	999	0	
5	0	0	5	0	0	5	0	0	-1	0	2	2	3	3	5	0	2	6	
0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	
1	0	-1	0	1	0	-1	0	1	0	-1	0	1	0	-1	0	1	0	-1	
0	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	
5	5	5	5	5	4	3	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	0	0	
3	2	1	0	0	0	1	2	8	6	-2	1	1	1	1	1	1	0	0	
1	1	1	1	1	0	0	0	-1	-1	3	4	5	9	1	1	5	2	1	
1	3	5	2	-1	0	0	0	4	3	3	3	2	2	1	0	-2	0	1	

Obecná / Přepravní akce⁴⁵:

je pak $\rho(\varpi, t)$, sečtená přes zadanou oblast. Např. pro $\varpi(1,2,3,7)$ a $t(2,3,4,11,14)$ je to 32.

Kdybychom přešli k spojitým proměnným, přejdeme k integraci přes zvolenou prostorčasovou oblast. V případě, že není **dostupná⁴⁶** ekvivalence H E I, místo čísel se sčítají trojsložkové vektory.

⁴⁴ Pro praktické účely nejsou tyto definice obvykle příliš výhodné, neb (i.) jsou statické, (ii.) prostředí, které nás zajímá, není zpravidla vhodné definovat klasicky prostorčasově a navíc (iii.) přinejmenším 2 ze 3 základních veličin, t.j. E a I (resp. J) je nutno pro jejich „použití“ podrobněji specifikovat. Nicméně, tyto definice jsou klíčové z poznávacího hlediska, a proto je uvádíme na prvním místě. (Postulovány jsou předpoklady: trojné ekvivalence H-E-I a systémovosti reálného universa.)

Informační akce:

$\rho_I(\omega, t)$, se vztahuje k informaci **I** (= negentropii), nebo v reálných objektech k **selforderingu J**, proto informační akce vzniká analogickým posčítáním resp.integrací dílčích příspěvků $\rho_I(\omega, t)$ přes zvolenou oblast.

Obecný / Přeprování výkon:

$$TV = \rho(\omega, t) \int_t ,$$

značka $\int_t$ symbolizuje změnu (diferenci / derivaci) podle časové souřadnice.

Informační výkon:

$$IV = \rho_I(\omega, t) \int_t ,$$

je pak analogicky změnou **I** podle časové souřadnice.

6.2 Dynamické definice⁴⁷

Obecný / Přeprování výkon:

$$TV_B = \Psi_B(HEI) ,$$

kde $\Psi_B(HEI)$ je tok entity **HEI** hraniční plochou **B** takovou, jež je ohraničena uzavřenou „smyčkou“.

Další definice

např. pro **IV**, jsou analogické.

6.3 Systémové definice⁴⁸

Obecná / Přeprování akce ((HEI) akce):

Mějme objekt **O_i** na němž je rozpoznán systém **S_i** . Ten je i-tou částí nadsystému **NS**⁴⁹. Na hranici **S_i** v nadsystémovém čase **t = 0** byla vložena určitá (resp. jednotková) entita (**HEI**). V **t = 0** je systémový čas vyjádřen periodou **(1/f)** , kde **f** je střední frekvence událostí v **S_i** před **t=0**.

45 záporné hodnoty akce jsou teoreticky diskutabilní – problém je otevřený

46 Viz princip spontánního omezení dostupnosti H-E-I ekvivalence.

47 Jsou formálně ekvivalentní prostoročasovým definicím, vycházejí však myšlenkově z **toků** a oddělení prostorových a časových souřadnic. Jsou vhodnější pro „práci“ s infrastrukturami.

48 Tyto konstruktivní definice považují pro naše účely za důležité. Jedná se vlastně o specifikace **měření** relevantních veličin v systému.

49 Už nás nezajímá „nadobjekt“, ani to, zda vůbec reálně existuje.

Středování se provádí v časovém intervalu $(t_1, 0^-)$. Přitom t_1 se volí v takovém časovém předstihu před 0^- , aby bylo možno f považovat za kvazistacionární a přitom její hodnota nebyla deformována neaktuální historií. Vhodné je tedy slovní vyjádření, aby frekvence byla definována přiměřeně vzhledem k požadavkům na přesnost a aktuálnost časového "okna".

"Nadbytečný" počet událostí (Excess-events) v čase $t \in (0^+, T)$, tedy:

$\Sigma(\text{všech událostí}) - (f_-) \times T$, je pak mírou **(HEI) akce** (jednotkové) entity **(HEI)** v systému S_i za časový interval $(0, T)$. Pro $T \rightarrow \infty$ je pak celkovou obecnou akcí (jednotkové) entity **(HEI)** v systému S_i .

Přepravní výkon:

V nadsystémovém časovém intervalu $(0^+, t_2)$ opět analogicky určíme frekvenci událostí v S_i . Zjistíme obecně odlišnou frekvenci f_+ , již odpovídá střední perioda systémového času $(1/f_+)$.

Středování se v časovém intervalu $(0^+, t_2)$ provádí podle týchž zásad, jako v intervalu $(t_1, 0^-)$

Změna střední frekvence událostí v S_i , $\Delta f = (f_+) - (f_-)$ (o fyzikálním rozměru $[s^{-1}]$) je pak ekvivalentní přepravnímu výkonu.

Informační výkon:

Zcela analogicky:

Mějme objekt O_i na němž je rozpoznán systém S_i . Ten je i -tou částí nadsystému **NS**. Na hranici S_i v nadsystémovém čase $t = 0$ byla vložena informace I . V $t = 0^-$ je systémový čas vyjádřen periodou $(1/f_-)$, kde f_- je střední frekvence událostí v S_i před $t=0$.

Středování se provádí v časovém intervalu $(t_1, 0^-)$. Přitom t_1 se volí v takovém časovém předstihu před 0^- , aby bylo možno f_- považovat za kvazistacionární a přitom její hodnota nebyla deformována neaktuální historií. Vhodné je tedy slovní vyjádření, aby frekvence byla definována přiměřeně vzhledem k požadavkům na přesnost a aktuálnost časového "okna".

V nadsystémovém časovém intervalu $(0^+, t_2)$ opět analogicky určíme frekvenci událostí v S_i . Zjistíme obecně odlišnou frekvenci f_+ , již odpovídá střední perioda systémového času $(1/f_+)$.

Středování se v časovém intervalu $(0+,t_2)$ provádí podle týchž zásad , jako v intervalu $(t_1,0-)$

Změna střední frekvence událostí v S_i , $\Delta f = (f_+) - (f_-)$ (o fyzikálním rozměru $[s^{-1}]$) je pak ekvivalentní IV.

6.4 Další pojmy

- prostředí referenčního celku: $= ((\text{integrovaná množina celků a jejich relací}) \cap (\text{non}(\text{referenční celek}))) \cap (\text{universum referenčního celku})$
- reálné prostředí = reálné universum⁵⁰
- celek := objekt, (integrovaná množina objektů a jejich relací)
- reálný celek:= celek v reálném prostředí
- hranice (referenčního) celku:= (objekt = (referenční) celek $\cap$ prostředí)
- relace (mezi objekty):=měkká relace, kvalitativní relace, fuzzy relace, logická relace, relace s metrikou, (měřitelný, kvantitativní vztah), interakce (v trojném kartézském součinu $[H \times E \times I]$), relace
- homogenní relace:= relace $\cap$ (non(kvalitativní vztah $\cup$ měkká relace $\cup$ fuzzy relace))
- relace RO (mezi reálnými objekty) :=interakce (mezi RO $\cup$ (RO : prostředí)⁵¹)
- homogenizace celku:= transformace relací (objektů celku $\cup$ (celku $\cap$ prostředí)) na homogenní relace
- objekt := reálný objekt $\cup$ model $\cup$ objekt
- model = homomorfní obraz objektu
- reálný objekt (RO) = objekt reálného celku
- množina alternativně sdružených objektů (ASO) = množina všech objektů, které jsou všemi možnými následníky referenčního objektu po proběhnutí (části) procesu s alespoň jedním alternativním přechodem.
- stav reálného objektu (RO) $= \rho(\omega, t) | t \in B$,tedy aktuální rozložení⁵² entit H,E,I v čase t uvnitř RO s hranicí B.

⁵⁰ Reálné universum je zachytitelné **systémem**, jehož relace jsou definovány na trojném kartézském součinu **(HxExJ)**, tj. hmota x energie x (uspořádací) informace.

- stav objektu := stav RO $\cup$ stav modelu⁵³ $\cup$ stav objektu
- přechod objektu := změna stavu objektu⁵⁴
- událost v objektu := přechod objektu $\cup$ (elementární) krok času
- proces v objektu := souvislá množina (posloupnost) událostí uvnitř objektu⁵⁵
- multiproces v ASO := množina všech procesů na množině ASO, vycházejících z téhož stavu.
- chování objektu := množina procesů v objektu při daném stavu hranice
cílové procesy (chování) a genetický kód nemusí mít u objektu / celku dobrý význam.
- Identita celku (v daném elementu času) := (HEI) akce, vyvolaná celkem v jeho prostředí
- Identita celku (v daném časovém intervalu) := (HEI) výkon, kterým působí celek přes hranici B na (jeho) prostředí v daném časovém intervalu násobený délkou tohoto intervalu. (Přesněji: součet resp.integrál (HEI)akce celek - prostředí v tomto časovém intervalu.)
- Pident = potenciální identita := **Max $\forall_{\text{procesy}}$ (identita)**. Tedy maximální identita (v daném časovém intervalu) přes všechny realizovatelné kombinace realizovatelných procesů.
- Princip spontánního omezení dostupnosti H-E-I ekvivalence⁵⁶:
Universální H-E-I ekvivalence je plně dostupná (= realizovatelná s pravděpodobností blíží se 1) pro dostatečně vysoké hodnoty $\rho(\varpi, t)$, V limitě nízkých hodnot, tedy pro $\rho(\varpi, t) \rightarrow 0$, je pravděpodobnost realizace této ekvivalence zanedbatelná⁵⁷.

51 tedy interakce přes hranici

52 Rozložení je nutno brát po jednotlivých složkách H, E, I, pokud není jejich ekvivalence (vzhledem k principu spontánního omezení dostupnosti ekvivalence H-E-I) dostupná.

53 zde se použije automatová / systémová definice stavu

54 Objekt chápeme včetně hranice! V případě RO se tedy jedná o změnu rozložení (HEI)

55 včetně hranice

56 Zavádíme v analogii s fyzikou (spontánní narušení symetrií), abychom respektovali známý poznatek, že zastupitelnost hmoty, energie a informace je navzdory již poznaným resp. částečně poznaným relacím ekvivalence H-E (Einstein) resp. E-I (Brillouin) v podmínkách hustot hmoty a energie, slučitelných s lidskou existencí, zpravidla nerealizovaná. Vlčkův princip „zahušťování“ prostoru (a zrychlování času) je v této souvislosti odrazem nárůstu prostoročasové hodnoty hustoty informace **I**. Respektuje tedy též tendenci nárůstu „směnitelnosti“ HE za informaci.

57 H-E-I jsou v takovém případě „dobře odděleny“.

7. Homogenizace hybridního systému – úlohy, metody, algoritmy

7.1 Definice

Zavedme nejdříve definice vstupních pojmů, z kterých budeme v další analýze vycházet:

- Systémem rozumíme, v souladu s dosaženým stavem odpovídajících teorií, následující formuli:

$$S = A, R, M, GK, I$$

s významovou interpretací

S je systém ve významu výskytu buď reálného objektu nebo ve významu modelu takového objektu. Nejčastější, formou vyjádření modelu je numerický nebo textový jazykový konstrukt, může jít i o syntaktické konstrukty nad jinými než numerickými nebo textovými abecedami

A je množina částí objektu nebo prvků množiny veličin modelu. Prvky **A** jsou identifikovány jménem, rozlišovací úrovní /úrovní podrobnosti/, přiřaditelnou funkcí podle specifikace A/F . Soubor a_i , resp. a_i/f_i představuje buď určitý objekt anebo prostor /rozměr/ modelu

R je množina dvojic částí objektu, resp. relací mezi prvky modelu podle formule a_{i-k}/f_{i-k} , a_i/f_i , konstruovaných na základě nutného /nedegradovaného/ společného rozhraní podle formule $y/f_{i-k} = x/f_i$. Formule o společném rozhraní je současně výběrem dvojic v množině **R**

M je mohutnost objektu, resp. systému, identifikovaná počtem možných zřetězení dvojic z **R**. Tato zřetězení představují možné procesy na objektu, resp. na systému. Hodnota **M** rozlišuje univerzální a specializované objekty resp. systémy

GK je druhová charakteristika objektu /systému/ identifikovatelná formou odpovídající formě genetického kódu objektu. Je prvkem **M** s majoritním výskytem f_i , majícími definované /např. minimaxové/ charakteristiky

I je identita objektu /systému/ jako identifikovatelná kvalitativní vlastnost respektovaná zároveň okolím objektu /systému/. Má povahu koeficientu, přiřazeného /"vážícího"/ prostor /objem/ objektu /systému/.

- Pozn. 1: zařazení prvků A/F do různých podmnožin podle jména, rozlišovací úrovně, typů či s různou mírou příslušnosti prvků do takových podmnožin umožňuje analýzu různých typů systémů na jedné straně a na druhé zadává nové úlohy integrity /homogenizace/ systémů nad úplnou množinou A/F, dynamiky systému závislou na možných různých délkách platnosti přiřazení prvků A/F do rozlišitelných podmnožin. Odvozenými úlohami je dále analýza konstrukce dvojic a_{i-k} , a_i , dynamika M, Gk a I. Soubor takto vyvolaných úloh na objektu /systému/ je spojován s pojmem měkkých systémů.
- Pozn. 2: Úlohy spojené s interpretací a aplikacemi definice systému a jejích složek jsou dostupné v odborné i tuzemské literatuře, odkud je podle potřeby přebíráme.
- Pozn. 3: Objektem našeho studia bude systém v druhém významu, tj. ve významu modelu. Tradiční, popř. klasické studie systémů se zabývaly i studiem reálných objektů formami reálných experimentů. Tato forma je především z kapacitních důvodů nedostupná. Podle možností bude suplována formou počítačových experimentů /simulací/.
- Hybridním systémem budeme rozumět systém, na němž jsou identifikovány nejméně dvě druhové charakteristiky, tj. systém s nejméně dvěma genetickými kódy.
- Homogenizací hybridního systému budeme rozumět řešení úloh identifikující jedinou hodnotu identity, I, i hybridního systému.

7.2 Úlohy homogenizace heterogenních systémů /hybridních systémů/

Tyto úlohy spolu s analýzou jejich řešitelnosti uspořádáme do tří skupin:

- úlohy zabývající se vznikem hybridního systému
- úlohy podporující vlastní řešitelnost, tj. konstrukcí a analýzou vzniklého hybridního systému
- úlohy respektující vnější /omezující/ podmínky vzniklého a konstruovaného hybridního systému

7.3 Úlohy vzniku hybridního systému /HS/

Pod zorným úhlem algoritmizovatelné řešitelnosti lze úlohy vzniku HS uspořádat do dvou rozlišitelných tříd:

- úloha vzniku HS „náhodným setkáním“ nejméně dvou systémů rozlišitelných hodnotami GK; příkladem je „setkání se“ s výsledky výzkumu
- úlohy „záměrného“ vytváření nových řešení kombinací nejméně dvou řešení zvládnutých druhů systémů; příkladem je vývoj modernizovaných /např. automatizovaných/ výrob.

Algoritmizovatelným metodickým základem řešitelnosti obou tříd úloh vzniku HS je existence neregulárních vnějších vazeb různé míry a formy na společném rozhraní nejméně dvou systémů s okolím, a to ve variantách vstupních, výstupních, kladných i záporných. Tyto situace mohou vést ke zvýšení míry uzavřenosti jednotlivých systémů a tím k ohrožení podmínek přežití /udržení/ druhu. Jsou řešitelná nalezením systémů s opačnou neregularitou vnějších vazeb. Relace vzájemně opačně neregulárních vnějších vazeb nejméně dvou systémů je přiřazeným prostředím algoritmizovatelného řešení úlohy vzniku HS.

Modifikací takového řešení úlohy vzniku HS je doplnění kritériem přípustné degradace na vnějším společném rozhraní nejméně dvou systémů s různým GK. Druhou modifikací, a to pro úlohu „záměrného“ vytváření HS je vědomé vložení tzv. konverzního prvku mezi dvě vnější vazby nejméně dvou systémů na podporu realizace HS, zejména při nízkých /až nulových/ hodnotách neregularit vnějších vazeb. Uvedené složky algoritmizovatelného řešení úloh vzniku HS jsou převzaty z tradičních úloh systémové analýzy a pro dané úlohy jsou jejich kombinací. Tu ilustruje následující vývojové schéma, pro které pro zjednodušení zavedeme dva modelové předpoklady:

- varianty vnějších rozhraní systémů ve formě tabulky (Tabulka 3)

↑**Tabulka 3**

Stav vnějšího rozhraní Pozice vnějšího rozhraní	0	+	-
Vstupní	1	2	3
Výstupní	4	5	6

- symbol 0 představuje minimální nebo nulovou hodnotu rozdílů /neregularit/ na vnějším rozhraní systému
- + představuje nevyužité hodnoty na vnějším rozhraní systému /odpovídá pojmu „zásoby“/ vůči okolí
- představuje neúplnost hodnot na vnějším rozhraní systému na jeho vstupní nebo výstupní straně vůči okolí

Jestliže mám **k dispozici** takové varianty vnějších rozhraní nejméně pro dva systémy /např. S1 a S2/ a jestliže máme k dispozici podrobnější popisy vektorů vnějších rozhraní v jejich strukturách a hodnotách složek struktur, pak mohou mezi dvěma systémy nastat tyto situace:

⇒ Systémy se mohou doplnit, jestliže $2/S1/\leftrightarrow 6/S2/$ nebo

$3/S1/\leftrightarrow 5/S2/$ nebo

$1/S1/\leftrightarrow 4/S2/$

⇒ systémy se nemohou doplnit, jestliže nejsou splněny podmínky předchozích formulí

- druhým předpokladem je dostupnost úloh, jejichž výsledky jednak ovlivňují volbu systémů, jejichž spojení umožní vznik HS, jednak na podrobnější úrovni jsou metodickým základem pro rozhodování o zavedení konverzního prvku v případech záměru vytvářet HS. Tento předpoklad je dán dostupností algoritmizovatelného modelu strategie. Systémový model strategie je rovněž předmětem systémové analýzy a systémového projektování. Zde uvedeme jen jeho metodicky zaměřenou architekturu ve formě dvoudimenzioálního modelu s hodnotami, patrnými z jeho tabulkové prezentace (Tabulka 4)

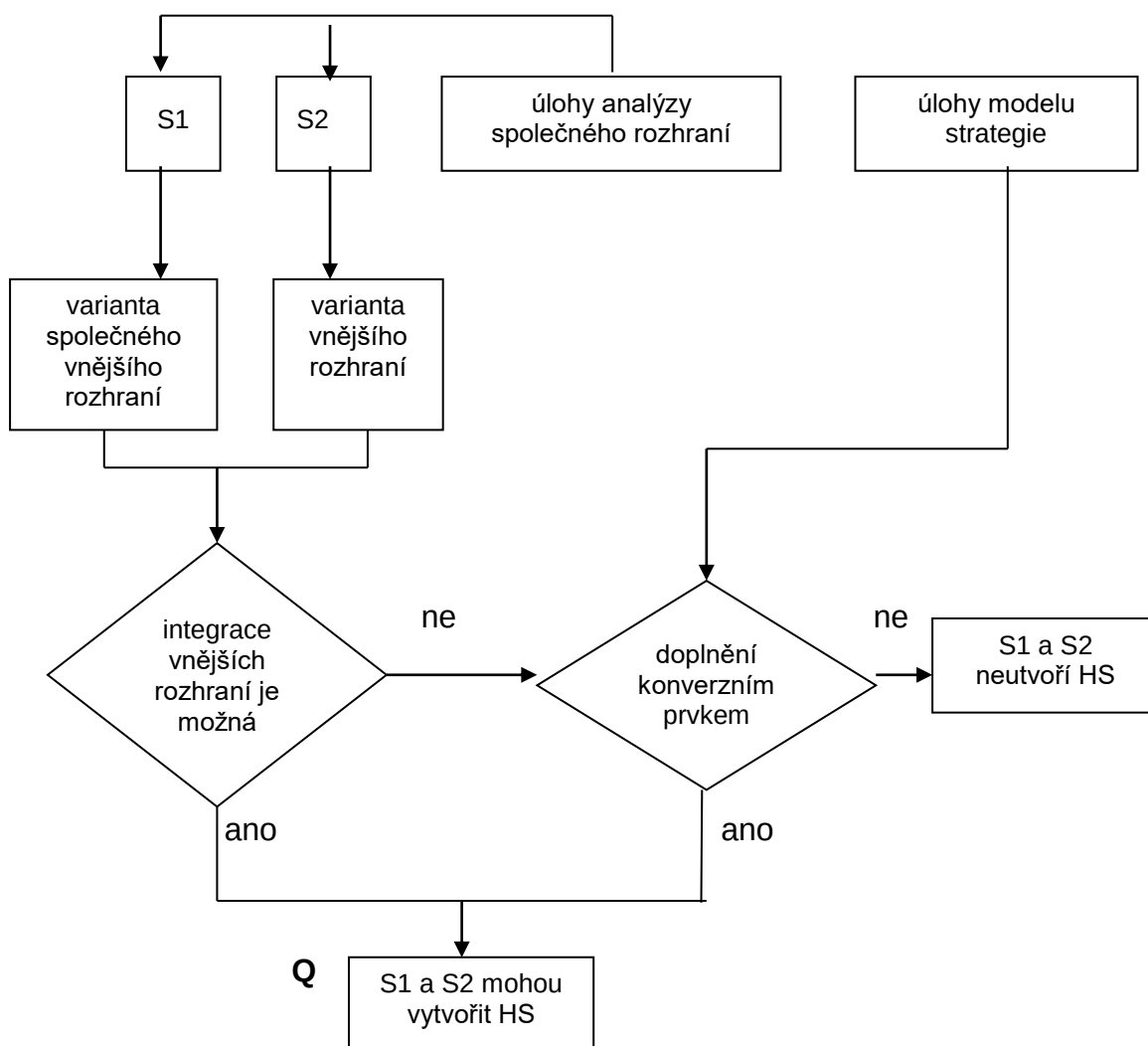
Tabulka 4

Obsah Orientace	Věcný předmět	Vlastní předpoklady	Předpoklady okolí	Termíny	Opatření
Extrovertní	1	2	3	4	5
Introvertní	6	7	8	9	10
Mocenská	11	12	13	14	15

Tento model o 15 třídách úloh mírou pokrytí dostupnými úlohami řeší konstrukci strategického záměru systému, který je pak východiskem pro volbu účastnických systémů v HS, popř. zdůvodňuje volbu konverzního prvku, umožňujícího spojení dvou systémů do HS.

Pozn. Pojem strategie má širší význam, než ve kterém je využit jako metodický zdroj jisté části konstrukce HS. Strategie je interpretována jako určitá kvalita řízení. V konstrukci HS je parciálním zdrojem volby faktorů, ovlivňujících vznik HS.

S využitím uvedených předpokladů o algoritmické zvládnutelnosti variant vnějších rozhraní systémů, účastnících se konstrukce HS a o strategických zdrojích volby přístupu ke vzniku účastnických systémů na HS je možno představit algoritmizovatelný vznik HS takto upraveným rámcovým postupovým schématem (Obr.č. 4)



Blok Q obsahuje výsledky, které jsou vstupy do úloh o vlastní konstrukci HS.

Obr.č. 4

7.4 Úlohy konstrukce HS

I v analýze těchto úloh budeme sledovat možnosti algoritmizace jejich řešení. Jejich zadání lze formulovat na nejobecnější úrovni takto:

jestliže se „setkávají“ nejméně dva systémy, které by mohly vytvořit HS, pak:

- jak samy změní /v definičních složkách systému/
- jaký bude tvar /struktura/ a funkce HS /podle definičních složek systému/.

Metodickým základem algoritmizovatelného postupu řešení úlohy konstrukce HS je řešení vzájemné kontaminace a imunity mezi dvěma systémy. Formulaci i řešení těchto

úloh přebíráme ze systémové analýzy. Na této úrovni jen připomeneme, že jejich algoritmus je algoritmem řešení úlohy o společném rozhraní **mezi výstupy** předcházející funkce a vstupy funkce navazující, a to ať ve fyzické nebo jazykové formě. Součástí úlohy o společném rozhraní je i řešení přípustné degradace funkcí v důsledku nerovností mezi výstupy a vstupy, která je **jevovou** formou imunity. Dílčí úlohy o společném rozhraní jsou postupně aplikovány na všechny dvojice zřetězení (R z definice systému), tj. na všech procesech M. Důsledkem kontaminace a imunity je buď zachování nebo změny v GK a I z definice systému.

Specifika využití úloh řešení kontaminace a imunity na řešení konstrukce HS spočívají v následujících modifikacích:

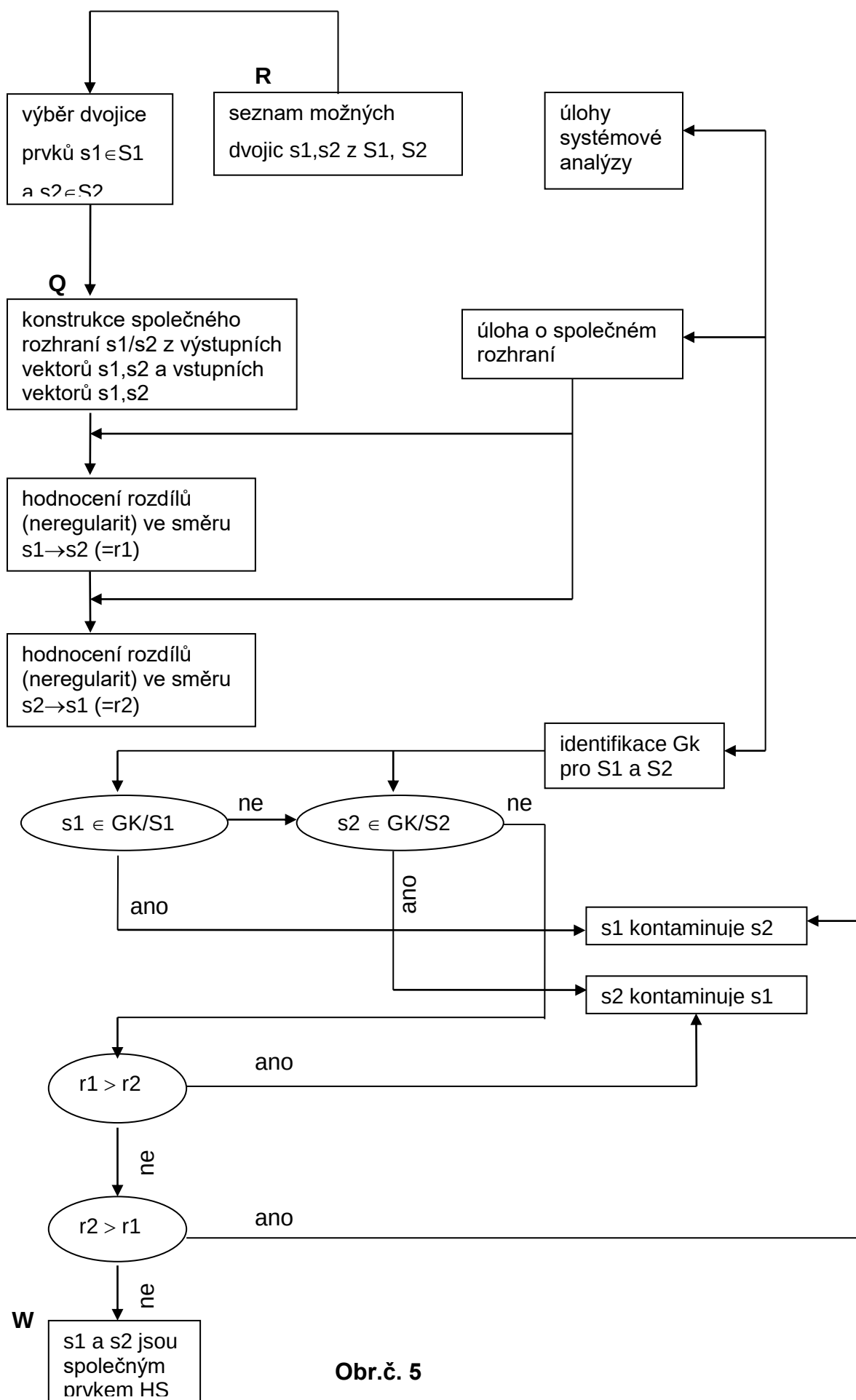
- Charakteristika vzájemné kontaminace znamená, že např. kontaminující (napadající) S1, jehož kontaminace se stává imunitou S1 (ve smyslu společenského moudra, že „nejlepší obrana je útok“)
- Ke kontaminaci dochází mezi všemi možnými dvojicemi dvou systémů, představujícími množinu iniciací kontaminace. Tato modifikace je interpretovatelná jako „vzájemné napadení na všech možných místech“.

Řešitelnost prvního specifika vzájemné kontaminace spočívá v řešení konfliktů výsledků jednoho směru kontaminace, $S1 \rightarrow S2$, vůči výsledkům druhého směru kontaminace, $S2 \rightarrow S1$, pro dvojice prvků S1, S2.

Řešení konfliktu dvou výsledků vzájemné kontaminace mezi dvěma prvky S1 a S2 je dosažitelné jako minimum vyvolaných důsledků ve struktuře a hodnotách výstupních a vstupních vektorů funkcí obou vzájemně kontaminujících prvků. Odvozeným důsledkem takového minima je i minimální degradace funkcí, jejichž výstupy a vstupy jsou argumenty úlohy o společném rozhraní.

Řešení konfliktu na základě priority minimální degradace je však dále modifikováno situací, kdy jedním z prvků na společném rozhraní prvků ve formuli $S1 \rightarrow S2$ nebo $S2 \rightarrow S1$ je prvek se „silnou“ funkcí vytvářející genetický kód S1 nebo S2. Pak řešení konfliktu přiznává prioritu důsledkům, vyvolaným prvkem se „silnou“ funkcí. Tato modifikace je vyjádřením tendence k využití druhových charakteristik systémů, z nichž je konstruován HS.

Ilustrací algoritmizovatelného řešení obecného základu řešení konstrukce HS je představena postupovým logickým schématem (Obr.č. 5).



Obr.č. 5

Kde v bloku **Q** jsou využity výsledky inženýrské informatiky, konstruuující výstupní a vstupní vektory funkcí zřetězených dvojic ve formě vektorů se základní strukturou: podmnožina parametrů věcného obsahu

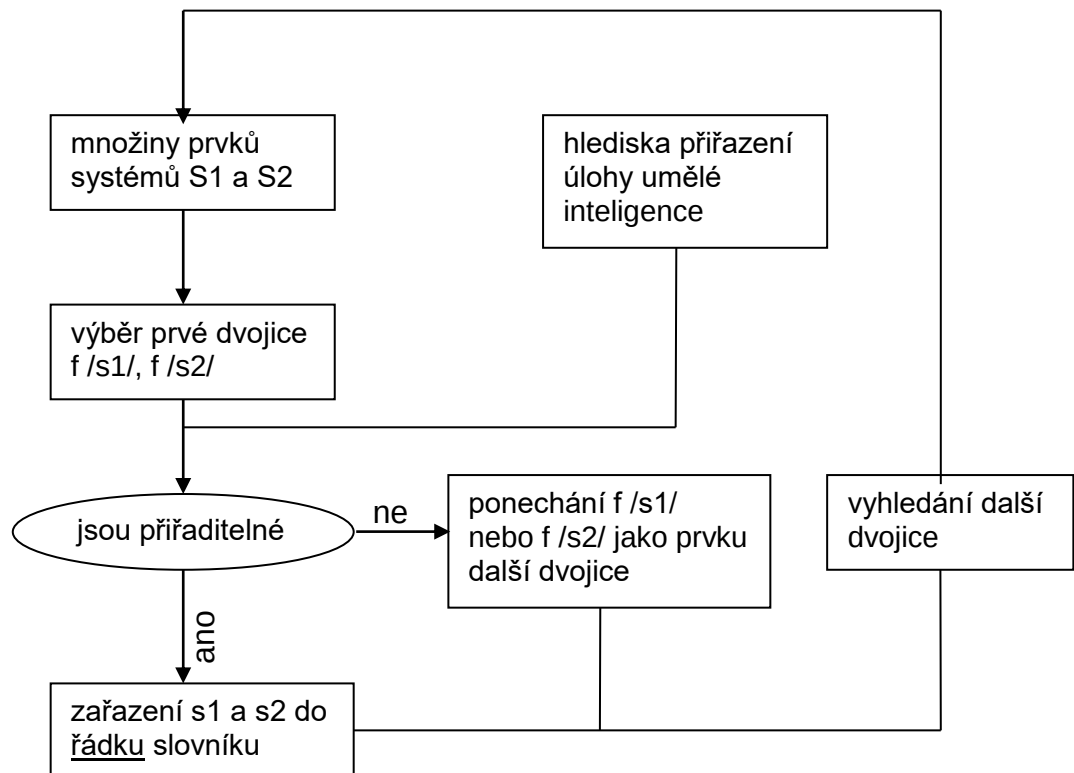
Podmnožina atributů identifikujících vlastnosti parametrů věcného obsahu /např. jazyk, počet, čas, pravděpodobnost výskytu, apod./

Podmnožina parametrů závaznosti např. v hodnotách „nutné, možné, doporučené, apod.“

R je zásobník analyzovaných dvojic prvků S1 a S2.

Řešitelnost druhého specifika seznamu možných dvojic z množin prvků systémů S1 a S2 spočívá ve vytvoření slovníku dvojic prvků s1 a s2 jako prvků S1 a S2. Přiřazovací pravidlo nejspíše respektuje podobnost funkcí s1 a s2, odvozené z podobnosti obsahu funkce /fyzikální, biologické, sociální, ekonomické, formální/ spolu s podobností algoritmickou, doby platnosti /životnosti/ apod. Změkčující požadavek „nejspíše“ odkazuje na objektivní výskyt „měkkosti“ /softness, fuzziness/ systémů, jednak připouští uplatnění požadavků strategie a hodnot řešení strategického modelu. Na nejobecnější úrovni lze říci, že hlediska výběru dvojic prvků a jejich funkcí jsou výsledkem řešení úloh umělé inteligence.

Konstrukci takového slovníku přiblížíme schématem (Obr.č. 6)



Obr.č. 6

Je zřejmé, že algoritmizovatelný postup konstrukce slovníku je podrobnějším zápisem bloku R z Obr č. 5.

Konečně je nutné doplnit algoritmus konstrukce HS analýzou bloků W ze schématu na Obr č. 5, který představuje vlastní výsledky konstrukce HS.

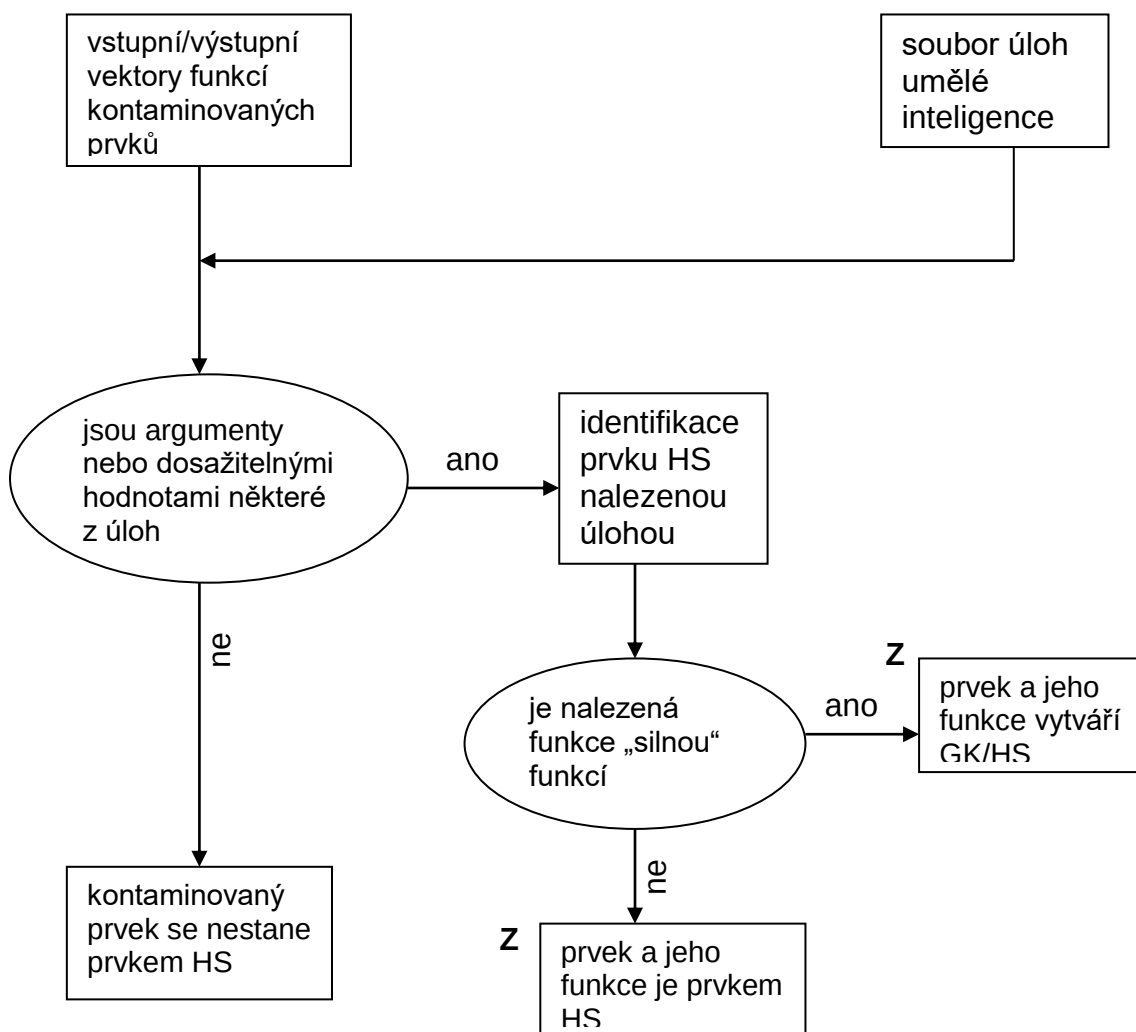
Podstatou řešení je nalezení funkcí, které by byly platné na oborech kontaminovaných argumentů. Souborem takových funkcí, v němž lze požadovanou funkci nalézt, je zřejmě soubor úloh a v podrobnosti funkcí naplňujících úlohy umělé inteligence. Aniž je téma umělé inteligence vlastním předmětem a cílem studie, uvedme alespoň v přehledu jejich seznam, v němž vyhovují předpokladům inženýrských přístupů:

- volba optimální varianty z více variant
- adaptabilita systému měnícím se vnějším podmínkám, včetně úloh se zkušeností a učením se

- vyhledání jiného vnějšího prostředí /podmínek/ při zachování druhu /přežití/ systému, zejména tzv.marketingových aplikacích na obecnější úrovni
- schopnost řízení paralelních procesů
- schopnost nalézt a analyzovat podobnost systémů, včetně rozpoznávání vzorů
- schopnost řídit /ovládat, konstruovat/ **systém i** při neúplné informaci /využití **kontextu** různé hloubky/
- úlohy abstrakce
- úlohy generalizace
- úlohy predikce, patřící do třídy kreativních úloh
- úlohy tvorby hypotéz, patřící do třídy kreativních úloh
- úlohy instinktu, inženýrsky interpretované jako úlohy chování smečky

Inženýrská orientace prvků tohoto seznamu úloh je charakterizuje algoritmickou vybaveností, včetně respektování jejich „měkkosti“.

Algoritmizovatelnou verzi bloků W s využitím uvedeného předpokladu o nalezení funkce platné na kontaminovaných argumentech představuje postupové blokové schéma na Obr.č. 7.



Obr.č. 7

Zbývá identifikovat identitu, I, hybridního systému. Základem je aplikace systémového modelu identity jako třívrstvého modelu s vrstvami spolupráce částí, podpory druhu a přijetí okolí /viz. složky definice systému kap. 2./. Zatímco první dvě vrstvy identifikace identity jsou algoritmicky ošetřeny uvedenými algoritmovatelnými postupy podle obr.č. 7, vrstva identifikující přijetí systému okolí je odvoditelná z řešení regulárního vnějšího rozhraní systému. Jeho řešitelnost je opět dosažitelná úlohami systémové analýzy, odkud ji přejímáme.

Zbývá uvést řešitelnost poslední úlohy konstrukce HS, a to modifikaci popsaného postupu vzájemné kontaminace variantou záměrné volby systémů pro vznik HS.

Na současné úrovni studie, řešící problém HS a jeho konstrukce, vyslovíme předpoklad, že implantace modelu strategie, jehož hodnoty byly algoritmovatelným

metodickým základem záměrné volby nejméně dvou systémů pro konstrukci HS, je zdrojem řešitelnosti vlastní konstrukce HS ze záměrně zvolených systémů.

Hodnoty modelu strategie se pak uplatní ve volbě dvojic prvků vzájemně se kontaminujících a vzájemně imunních. Strategicky modifikovaná volba má na rámcové úrovni a rovněž v rámci obecně platného algoritmizovatelného postupu podle Obr.č. 5 (náhradou bloku R a zúžením volby v navazujícím bloku „výběru dvojic“) tři varianty:

- volba dvojic s minimálními rozdíly mezi r_1 a r_2
- volba dvojic s maximálními rozdíly r_1 a r_2
- volba dvojic, z nichž alespoň jedna složka (s_1 nebo s_2) patří mezi „silné“ funkce vytvářející GK buď S_1 nebo S_2

Prvá varianta je interpretovaná jako varianta nejsnazší, nemusí však být nejkratší, druhá varianta je interpretovatelná jako nejrychlejší, nemusí však být nejsnazší. Třetí varianta je interpretovatelná jako varianta směřující k určitým cílům strategie. Tyto interpretace variant jsou zřejmě závislé na dílčích hodnotách modelu strategie.

S odvoláním na schéma řešitelného postupu konstrukce HS podle Obr. č. 4 se tyto modifikace promítnou do algoritmizovatelné formy řešení všech bloků schématu počínaje blokem „hodnocení rozdílů...“. Obvyklá schématická ilustrace logické výstavby postupu by v tomto případě byla až příliš jednoduchá.

Podrobnější zápisy algoritmů a jejich ověření bude náplní další etapy řešení úkolu.

7.5 Úlohy vnějších zobrazení konstrukce HS

Pro prezentaci zdrojů omezujících podmínek využijeme obecného pojmu infrastruktury jako prostředí, v němž nějaký systém (v našem případě HS) může být vytvořen, může existovat a realizovat své funkce.

Vlastní složky infrastruktury jsou v rámcové úrovni obvykle zařazeny jako složky:

- organizační struktury, včetně jejich dimenzí profesní, kapacitní a hierarchické
- legislativní normy a standardy, včetně podmínek legalizujících výsledky vědy a výzkumu
- **etické** podmínky, včetně historických či tradičních návyků

Předpokládejme, že hodnoty těchto složek infrastruktury jsou zadány svými vnějšími zdroji a do řešení konstrukce HS vstupují jako dané konstanty. Pak algoritmizace

respektování vnějších podmínek v algoritmizaci konstrukce HS, a to v obou úrovních úloh vzniku i vlastní konstrukce, lze zapsat formulí logické implikace „jestliže A, pak B nebo C“,

kde A je formule podmínek **v různě rozvinuté** formě **např.** typu A1 a A2, resp. A1 nebo A2, resp. ne A, resp. A1, ale ne A2, apod.

B je formule připouštějící realizaci některé z úloh konstrukce HS

C je formule „nabízející“ buď změny A nebo změny B nebo odmítnutí A.

Uplatnění těchto algoritmizovatelných logických úloh by se projelo doplněním schémat po bloku Q z Obr.č. 4, bloků W z Obr.č. 5 a bloků Z z Obr.č. 7.

7.6 Závěry

Analýzu základních možností algoritmizace konstrukce HS je nutno doplnit ve dvou úrovních:

- doplněním charakteristik neurčitosti a charakteristik spolehlivosti a životnosti jak veličin funkcí, tak hodnot funkcí
- doplněním kvality konstruovaného HS. tuto kvalitu představují dvě složky definice systému:
 - charakteristiky druhu HS (v obecné veličině genetického kódu)
 - charakteristiky identity HS.

Obě charakteristiky kvality HS jsou algoritmicky zjištěitelné známými úlohami systémové analýzy. Obě současně identifikují model HS na určitém aplikačním prostoru, ať technické, biologickém, sociálním nebo formálním.

8. FUZZY PŘÍSTUPY K NEURČITOSTI

8.1 Algoritmické vybavení „mlhavých“ množin

Algoritmické vybavení „mlhavých“ množin, které jsou teoretickým východiskem analýzy neurčitosti obecně a konstrukce HS zvlášť, je orientováno do instrumentária netradiční logiky v algoritmizaci určení hodnot příslušnosti prvků k množině jako základního algoritmického vybavení.

Druhou **orientací algoritmického** vybavení identifikace neurčitosti je algoritmická dostupnost identifikace samotných množin, k nimž je určitý prvek přiřazován.

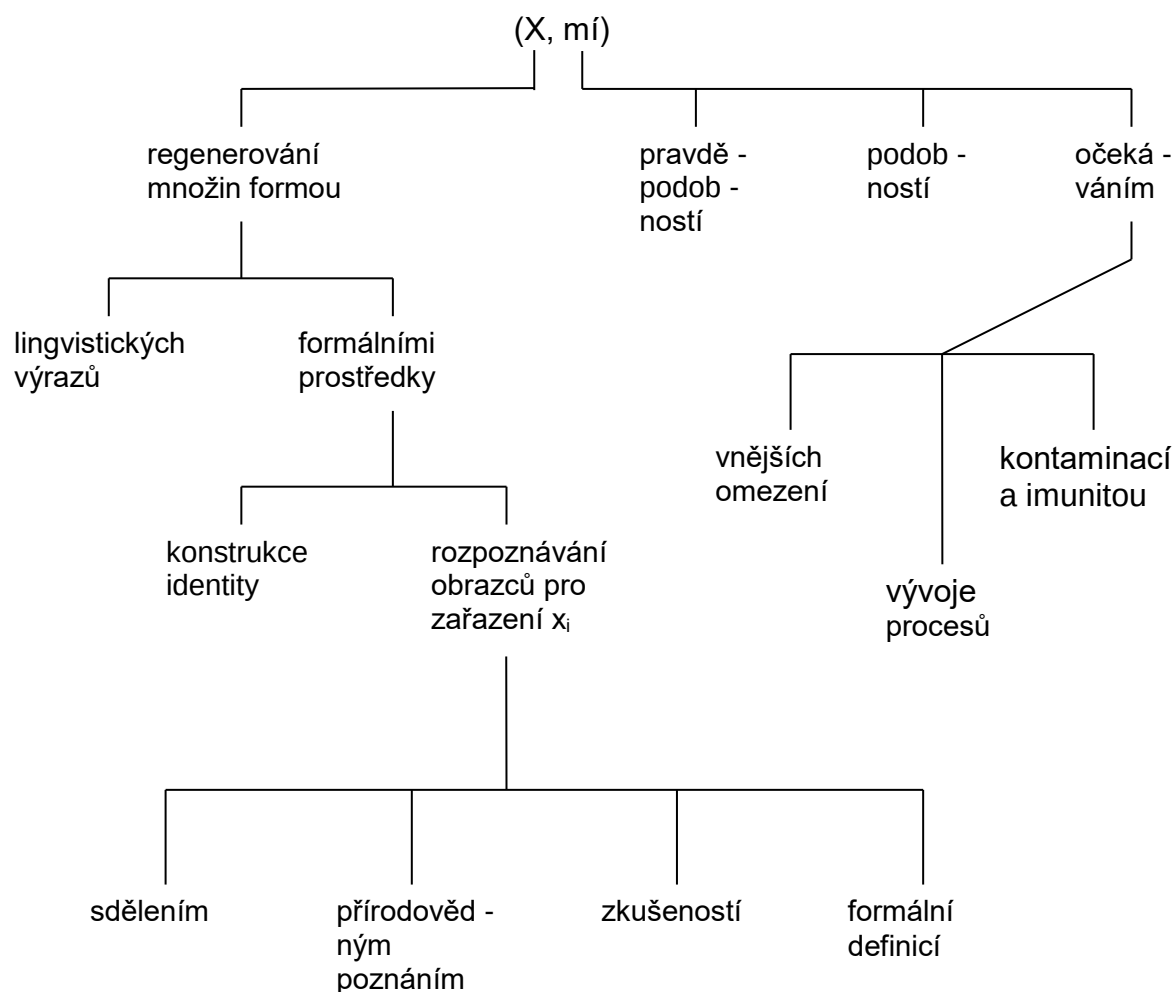
Výchozí je základní definice „mlhavé množiny“

$$A = (X, m_i)$$

Kde X je množina prvků

m_i je množina měr, určujících příslušnosti prvků x_i k A , pak A je „mlhavá“ množina.

Ilustrativní schéma prostoru algoritmické vybavenosti úloh s mlhavými množinami má tvar Obr.č. 8.



Obr.č. 8

Rozlišení množin, do nichž lze (s různou mírou přináležitosti) zařadit prvky A/F, tj. prvky tvořících objekt (systém).

Řekneme, že takové množiny jsou rozlišitelné ve třech dimenzích: zdroje rozlišení X formy rozlišení X generace rozlišení. Tyto dimenze nabývají následujících (rámcových) hodnot:

- Zdroje rozlišení:
 - vnější hodnotové soustavy, které mohou být dále rozlišeny jako zdroje mající povahu sdělení, a to nezdůvodňovaného, poznání jako zdůvodňovaného sdělení např. vědou, výzkumem, zkušeností společenskou nebo individuální

bez nutnosti zdůvodnění, diktátem postrádajícím jak zdůvodnění, tak zkušenosti (Obr.č. 8)

- formální axiomatické soustavy, dále rozlišitelné podle způsobů vedení důkazů, ověřujících platnost axiomů
- pragmatické soustavy, založené na reálné zvládnutelnosti, využitelnosti a efektivnosti prostoru daného množinami prvků A/F. Jde o inženýrské zdroje množin prvků, přesahujících z tradičních technických oborů i do oborů biologických (zdravotní inženýrství), ekonomických, sociálních.
- Formy rozlišení:
 - jmény prvků
 - rozlišovací úrovní (podrobností sémantiky jmen jako syntaktických konstruktů)
 - funkcemi (typem, algoritmem) přiřaditelnými jménům a úrovním forem rozlišení
- Generace rozlišení:
 - učením se rozlišitelným dále na subjektivní, kolektivní, přenášené učení, dále podle hloubky naučených rozlišení množin (ve formě hloubky kontextů)
 - kreativitou rozlišitelnou dále podle prostoru kreativity na: kreativitu v blízkém okolí např. na vnějším společném rozhraní jako kreativitu cílového **chování**, **kreativitu** v konstrukci nových znalostí např. s využitím úloh umělé **inteligence**, **kreativitu** využívající generovaných znalostí jako nová platná fakta

Pak máme k dispozici 18 rámcových rozlišitelných množin, do nichž podle navigovatelných postupů můžeme zařazovat prvky A/F modelového systému. Algoritmizovatelná řešitelnost navigací vyhledaných úloh o příslušnosti prvku k různým množinám je nejspíše založena na rozvinutých úlohách o podobnosti.

8.2 Ignorance

Tato neurčitost, resp. její projevy, bývají také zahrnovány prof. Pedryczem pod pojem granule informace. Jedná se vlastně o „zhrubnutí“ definičního oboru informace. Typickým příkladem projevů ignorance je například kvalitativní simulace. V kvalitativní simulaci nepracujeme s číselnými hodnotami, ale s hodnotami symbolickými, které zpravidla reprezentují celé intervaly reálných čísel. Typické kvalitativní hodnoty jsou „kladná“, „nulová“, nebo „záporná“. **Nerozlišujeme** tedy jednotlivé hodnoty mezi sebou,

ale zajímají nás rozdíly a vztahy mezi celými množinami hodnot. Ovšem existují i mnohem běžnější příklady, jako je například reprezentace reálných čísel v počítači. Je všeobecně známo, že ne všechna reálná čísla mohou být v počítači zobrazena bez zaokrouhlení. Reálná čísla mohou být i iracionální (pak mohou být přesně vyjádřena jen pomocí nekonečného počtu číslic), nebo sice racionální, ale vyjádřená větším počtem číslic, než kolik jich k reprezentaci používá počítač (pro úsporu paměťové kapacity). To znamená, že ke každému reálnému číslu zobrazitelnému v počítači existuje nekonečný počet čísel, která se po zaokrouhlení budou v počítači „tvářit“ stejně. S důsledky tohoto jevu se (úspěšně) potýká disciplína zvaná numerická matematika.

Ignorance a nerozlišování v „rough“ čili hrubých množinách, podobně jako pravděpodobnostní a fuzzy neurčitost, představují snadno zaměnitelnou dvojici, ač rozdíly nejsou zanedbatelné. Především v případě hrubých množin hovoříme o typických vlastnostech množin objektů, ač některé prvky takové množiny právě tuto vlastnost nemají. Například můžeme definovat množinu mládeže jako množinu osob ve věku mezi 15ti a 18ti roky, a hovořit o tom, že mládež studuje (což je pravda obvykle, nikoli vždy). Ignorance naproti tomu hoří například o kladných číslech, a máme na mysli všechna čísla větší než nula. Tuto vlastnost mají všechna čísla takto definované množiny a mají ji ve stejné míře – ignorujeme rozdíly např. v tom smyslu, že desítka je dále od nuly, než jednička.

8.3 Fuzzy problémy

Teorie fuzzy množin bezesporu představuje významný posun přístupu k regulaci, srovnatelný s objevením stavového prostoru. Fuzzy regulace nicméně ve své současné podobě využívá jen malou část potenciálu fuzzy množin a zpravidla jejich využití omezuje na aproximaci reálných funkcí. Nebývá zvykem vytvářet regulátory, které by „uvažovaly“, že měřené vstupní veličiny jsou zatíženy různými chybami a i když se tváří jako reálná čísla, jsou ve skutečnosti také tak trochu „fuzzy“. Současné regulátory jsou postaveny na reprezentaci znalostí pomocí fuzzy pravidel, která jsou vždy zcela pravdivá, a na pravé straně obvykle mívají singleton (reálné číslo s příslušností, či chcete-li jednoprvkovou fuzzy množinu). Tento přístup plně postačuje pro aproximaci reálných funkcí (i nelineárních), a tedy pro potřeby regulace.

Fuzzy modely bývají mnohdy postaveny na obdobných principech. To reprezentuje jistá úskalí. Jak jsme již zmínili v souvislosti s fuzzy regulací, používáme fuzzy aproximaci. Avšak každá aproximace není ideální popis, ale přidává k němu určitou

chybu. Tato chyba (díky stavovému popisu a časovým integracím, na které vede) s časem zpravidla narůstá. To je významná odlišnost od fuzzy řízení, ve kterém se aproximační chyba projeví jen v aktuálním kroku a v dalším kroku se již vychází z nové skutečné odezvy systému – chyby se tedy nesčítají. V praxi může být výhodné vědět, jak moc se fuzzy modelu dá v dané chvíli „věřit“, jak velkou chybou je zatížen. Na to ovšem nemůže fuzzy teorie odpovědět, neboť se jedná o jiný typ neurčitosti, zpravidla o ignoranci.

Fuzzy znalostní systémy se ještě potýkají s jedním problémem, a tím je zpracování ne zcela pravdivých pravidel. Existuje sice velké množství vzorců, podle kterých můžeme vypočítat pravdivost důsledku implikace, některé z nich zachycuje Tabulka 5, ale právě v tom množství je skryt zádrhel. Který z nich zvolit? Nebo na tom nezáleží? A jak je možné, že klasická logika vystačí se vztahem jediným?

<i>Kleene-Dienes</i>	-	$\mu(x, y) = \max(1 - \mu(x), \mu(y))$
<i>Lukasiewicz</i>	-	$\mu(x, y) = \min\{1, 1 - \mu(x) + \mu(y)\}$
<i>Zadeh</i>	-	$\mu(x, y) = \max\{\min\{\mu(x), \mu(y)\}, 1 - \mu(x)\}$
<i>Stochastics</i>	-	$\mu(x, y) = \min\{1, 1 - \mu(x) + \mu(x)\mu(y)\}$
<i>Goguen</i>	-	$\mu(x, y) = \min\left\{1, \frac{\mu(y)}{\mu(x)}\right\}$

Tabulka 5 Některé metody výpočtu fuzzy implikace

Odpověď na tyto otázky nemusí být složitá. Každá z těchto implikací je vhodná pro jiné aplikace. Žádná z nich není zcela obecná a univerzální, spíše jsou všechny zjednodušeními nějakého neznámého obecnějšího vztahu.

Hlavní problém je patrný právě ze známého vztahu (jeho přepis do pravdivostní tabulky naleznete v Tabulka 6 pro výpočet pravdivosti implikace. Z něho totiž plyne, pokud se pokusíme vyjádřit závislost pravdivosti důsledku implikace na pravdivosti jejího předpokladu a na pravdivosti implikace samotné, že se v klasické logice vůbec nejedná o funkci, a že se k výsledku přidává, pokud není implikace pravdivá, další typ neurčitosti – ignorance, neboť nejsme schopni získat jednoznačný výsledek. Tato nová

neurčitost vzniká nejen v průběhu klasické implikace, ale i v případě fuzzy implikace (a vede ke vzniku velkého množství zjednodušených vzorců).

8.4 Fuzzy logika intervalů příslušnosti

Fuzzy logika intervalů příslušnosti (Membership Interval fuzzy Logic - MIL) představuje algebraické rozšíření teorie fuzzy množin. Již jsme hovořili o rozdílném pojetí implikace v klasické logice (viz /1/) a ve fuzzy logice Tabulka 5.

Tabulka 6 ukazuje závislost mezi pravdivostí předpokladu P, pravdivostí implikace Q a pravdivostí důsledku C.:

$$Q = \neg P \vee C \quad /1/$$

P	C	Q
0	0	1
0	1	1
1	0	0
1	1	1

Tabulka 6 Pravdivostní tabulka operace modus-ponens,

Pokud bychom se pokusili vyjádřit závislost pravdivosti důsledku C na pravdivosti předpokladu P a pravdivosti implikace Q, pak obdržíme Tabulku 7, která ale již není funkcí.

P	Q	C
0	0	Nemožná situace
0	1	0 or 1
1	0	0
1	1	1

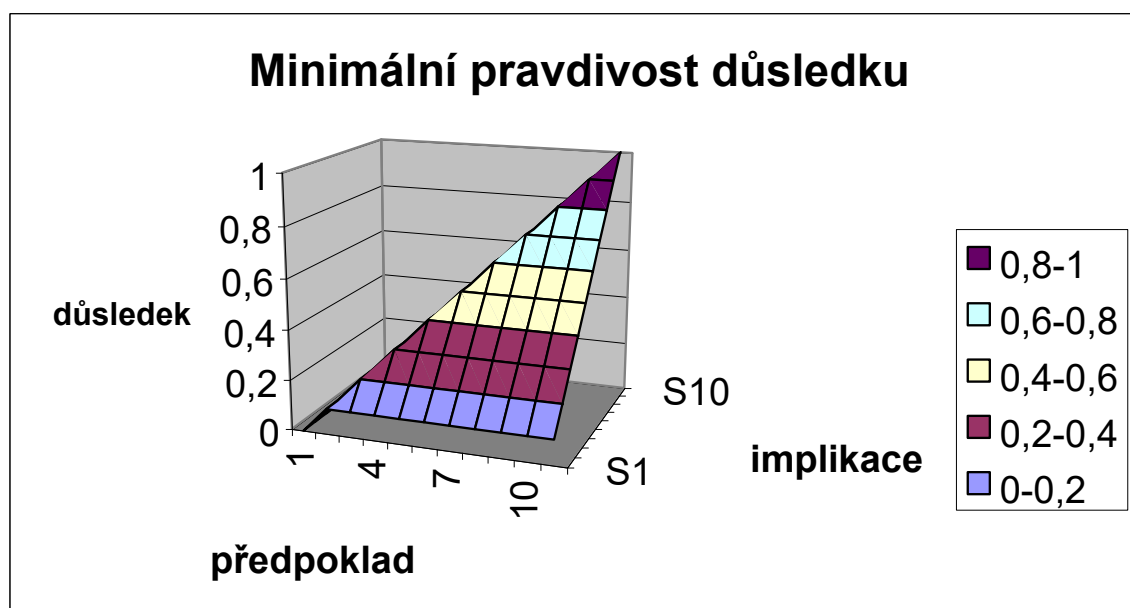
Tabulka 7 Pravdivost důsledku C v závislosti na P a Q.

V oblasti fuzzy logiky (která vychází z Lukasiewiczových prací v oblasti výcehodnotových logik) je vztah /1/ znám jako Kleene-Dienesova implikace.

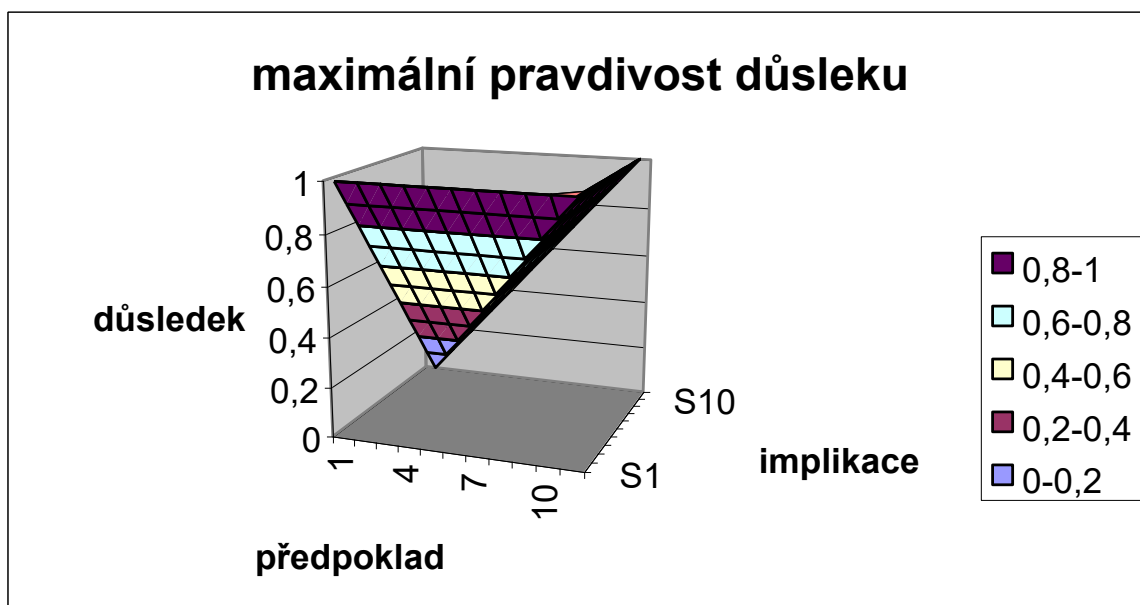
Pokud bychom ale v situaci $P=0$, $Q=0$ doplnili pravdivost C jako 0 or 1 (tedy shodně s druhým řádkem) a přepsali ji pro oblast fuzzy logiky (tedy pro spojitý definiční obor, kde jsou pravdivosti zobrazeny v intervalu $<0,1>$, pak bychom obdrželi vztah /2/.

$$\begin{aligned}\mu_{\max}^C &= \max(1 - \mu^P, \mu^Q) \\ \mu_{\min}^C &= \min(\mu^P, \mu^Q)\end{aligned}\quad /2/$$

Proč právě takto? Je možno vytvořit velké množství příkladů, kdy na nepravdivý předpoklad použijeme nepravdivou implikaci. Důsledky této implikace budou často nepravdivé, ale ne vždy. Především v situacích, kdy opustíme předpoklad „uzavřeného vesmíru“, tedy v situacích, kdy připustíme, že naše modely nejsou kompletní a kdy mohou zkoumané systémy ovlivňovat i nějaké neznámé, resp. nepopsané, objekty a děje. Vzpomínáte na hodiny matematiky, kde nás učili, jak je tento předpoklad důležitý? Protože když není splněn, vstupuje do hry neurčitost.



Obr.č. 9 Závislost minimální pravdivosti důsledku na pravdivosti předpokladu a implikace



Obr.č. 10 Závislost maximální pravdivosti důsledku na pravdivosti předpokladu a implikace

Je zajímavé, že výsledkem implikace zatížené fuzzy neurčitostí vzniká nový typ neurčitosti zvaný ignorance. Ještě mnohem zajímavější je otázka, zda je možno z intervalů možných příslušností zkonstruovat logický systém, a zda, pokud aplikujeme implikaci na data zatížená tímto typem neurčitosti, neobdržíme nějaký další typ neurčitosti.

Definice 1: Logický součin je v logice intervalů příslušností definován rovnicí /3/:

$$\mu(I \wedge J) = \langle \min(\mu_{\min}^I, \mu_{\min}^J), \min(\mu_{\max}^I, \mu_{\max}^J) \rangle \quad /3/$$

To znamená, že pokud $\mu_{\min} = \mu_{\max}$, tak získáváme vztah známý z fuzzy logiky. Obdobnou vlastnost bude mít i operátor logického součtu a negace.

Definice 2: Logický součet je v logice intervalů příslušností analogicky definován jako /4/:

$$\mu(I \vee J) = \langle \max(\mu_{\min}^I, \mu_{\min}^J), \max(\mu_{\max}^I, \mu_{\max}^J) \rangle \quad /4/$$

Definice 3: Negace je v logice intervalů příslušností definována jako doplněk do 1:

$$\mu(\neg J) = \langle 1 - \mu_{\max}^J, 1 - \mu_{\min}^J \rangle \quad /5/$$

Existuje mnoho způsobů jak odvodit tvar operátoru implikace pro logiku intervalů příslušnosti. Zřejmě nejjednodušší je aplikovat vztah /2/ na minimální a maximální hodnoty předpokladu a důsledku. Po sloučení těchto čtyř dílčích výsledků obdržíme vztah /6/:

Definice 4: Implikace je v logice intervalů příslušnosti definována na základě vztahu /2/ jako /6/:

$$\begin{aligned} \mu(P \xrightarrow{Q} C) \\ \mu_{\max}^C &= \max(1 - \mu_{\min}^P, \mu_{\max}^Q) \\ \mu_{\min}^C &= \min(\mu_{\min}^P, \mu_{\min}^Q) \end{aligned} \quad /6/$$

Tím jsme dokázali definovat logický systém se všemi základními operacemi. Dokonce operace implikace, která způsobovala problémy ve fuzzy logice, produkuje výsledek zatížený stejnými druhy neurčitosti, jakými je zatížen předpoklad a pravdivost implikace.

Pro praktické aplikace jsou potřebné (podobně jako ve fuzzy světě) lingvistické proměnné. Pomocí logiky intervalů příslušnosti je možno definovat analogické jazykové proměnné, které nabývají jazykových hodnot s pravdivostmi z příslušných intervalů. Ovšem zatímco v klasické logice přiřazujeme každé jazykové hodnotě jednu funkci příslušnosti, v logice intervalů příslušností musíme každé jazykové hodnotě přiřadit funkce příslušnosti hned dvě. Jednu pro minimální příslušnost a druhou pro maximální. Obdobně jako v případě logických operátorů, pokud jsou minimální a maximální funkce příslušnosti ekvivalentní, zůstáváme u známé definice z fuzzy světa. Analogicky je možno definovat i množiny intervalů příslušnosti.

Fuzzifikace je v logice intervalů příslušnosti definována například jako hodnota funkcí minimální a maximální příslušnosti jednotlivých jazykových hodnot pro argument rovný fuzzifikované hodnotě..

Defuzzifikace může být definována například jako hledání minimální a maximální hodnoty těžiště význačných bodů (těžišť) jednotlivých jazykových hodnot násobených

příslušnostmi z jejich intervalů. Obecně představuje defuzifikace v logice intervalů příslušností optimalizační problém (hledání extrémů), ale v případě, že existují jen dvě jazykové hodnoty, y_1 a y_2 vede na poměrně jednoduchý vztah [7]:

$$\begin{aligned} r_{\min} &= \frac{y_1 \max(\mu_1^y) + y_2 \min(\mu_2^y)}{\max(\mu_1^y) + \min(\mu_2^y)} \\ r_{\max} &= \frac{y_1 \min(\mu_1^y) + y_2 \max(\mu_2^y)}{\min(\mu_1^y) + \max(\mu_2^y)} \end{aligned} \quad [7]$$

8.5 Jak použít logiku intervalů příslušnosti v modelování systémů?

Především si musíme odpovědět na otázku, kdy potřebujeme v modelování dosud opomíjený druh neurčitosti – ignoranci. Vedle situací, kterým je tento druh neurčitosti vlastní, jsou to i situace, kdy pro zkonstruování přesného modelu nemáme dostatek dat, resp. kdy jsou tato data příliš zatížena šumem (pravděpodobnostní neurčitostí). V takových situacích může být vhodné na místo přesného modelu, který bude z větší části modelovat šum a bude mít i nesmyslně vysoký řád, modelovat spíše obálku signálu, tedy minimální a maximální hodnoty, které nepřekročí. V tom případě můžeme využít vlastnosti implikace a defuzzifikace, které vedou k výsledkům v podobě intervalů hodnot. Obdobných výsledků bychom také dosáhli např. pomocí dvou fuzzy modelů, z nichž jeden by modeloval minimální a druhý maximální přípustné hodnoty. Avšak tyto modely by ve svém součtu byly dvojnásobně složitější než navržený model.

Další možná využití existují v oblasti znalostních systémů, kdy logika intervalů příslušnosti může napomoci v situacích, kdy pro optimální rozhodování scházejí dostatečné informace. Takové situace se řeší obvykle pomocí tzv. default hodnot. Avšak default hodnoty zpravidla neobsahují informace o tom, o kolik se může skutečnost od nich lišit. Představená logika dokáže v takových situacích napomoci (jak si později ukážeme na příkladu) a dokáže se smysluplně chovat i v situacích, kdy ani default hodnoty nejsou definovány.

Nejprve se ale ještě podrobněji podíváme na vlastnosti implikace v Tabulce 8.

Q\P	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0 0-1	0-0,9	0-0,8	0-0,7	0-0,6	0-0,5	0-0,4	0-0,3	0-0,2	0-0,1	0	0
0,1 0-1	0,1-0,9	0,1-0,8	0,1-0,7	0,1-0,6	0,1-0,5	0,1-0,4	0,1-0,3	0,1-0,2	0,1	0,1	0,1
0,2 0-1	0,1-0,9	0,2-0,8	0,2-0,7	0,2-0,6	0,2-0,5	0,2-0,4	0,2-0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
0,3 0-1	0,1-0,9	0,2-0,8	0,3-0,7	0,3-0,6	0,3-0,5	0,3-0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
0,4 0-1	0,1-0,9	0,2-0,8	0,3-0,7	0,4-0,6	0,4-0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
0,5 0-1	0,1-0,9	0,2-0,8	0,3-0,7	0,4-0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
0,6 0-1	0,1-0,9	0,2-0,8	0,3-0,7	0,4-0,6	0,5-0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
0,7 0-1	0,1-0,9	0,2-0,8	0,3-0,7	0,4-0,7	0,5-0,7	0,6-0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
0,8 0-1	0,1-0,9	0,2-0,8	0,3-0,8	0,4-0,8	0,5-0,8	0,6-0,8	0,7-0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
0,9 0-1	0,1-0,9	0,2-0,9	0,3-0,9	0,4-0,9	0,5-0,9	0,6-0,9	0,7-0,9	0,8-0,9	0,9	0,9	0,9
1 0-1	0,1-1	0,2-1	0,3-1	0,4-1	0,5-1	0,6-1	0,7-1	0,8-1	0,9-1	1	1

Tabulka 8 Tabulka pravdivostí důsledku implikace v závislosti na pravdivosti předpokladu a implikace podle vztahu /2/, tedy v situaci, kdy

$$\mu_P^{\min} = \mu_P^{\max}, \quad \mu_R^{\min} = \mu_R^{\max}.$$

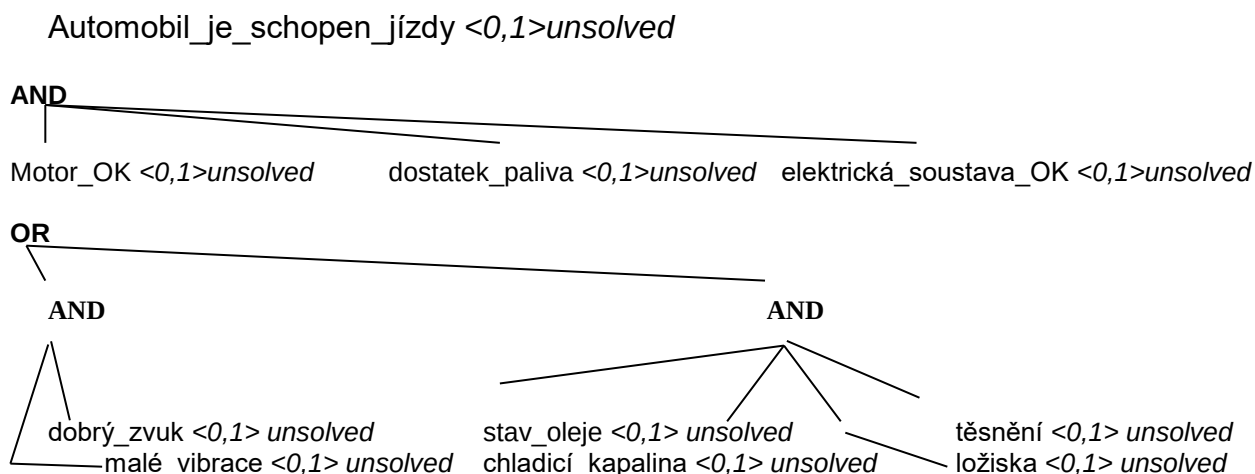
8.6 Použití logiky intervalů příslušnosti v oblasti znalostních systémů

Tento jednoduchý příklad má za úkol představit možnosti využití intervalové fuzzy logiky v oblasti expertních systémů. Intervalová logika nám v tomto jednoduchém diagnostickém expertním systému pomůže při práci s neznámými, resp. neúplnými vstupními údaji. Protože jsou veškeré znalosti a fakta reprezentovány jako prvky intervalových fuzzy množin, můžeme každému prvku přiřadit míru příslušnosti (pravdivosti) z intervalu $\langle 0,1 \rangle$, nebo dvojici takovýchto hodnot – minimální a maximální hodnotu příslušnosti. V prvním případě tedy budeme vlastně pracovat s fuzzy hodnotami (což může být pro uživatele jednodušší), v druhém případě přímo s intervalovou fuzzy logikou. Fuzzy příslušnosti reprezentujeme jako intervalové hodnoty se shodnou minimální a maximální příslušností.

Díky aplikaci intervalové fuzzy logiky se budeme také schopni v případě neúplných údajů obejít bez použití tzv. default hodnot. Na místo toho budeme tyto neznámé údaje reprezentovat jako údaje s pravdivostí z intervalu $\langle 0,1 \rangle$, který budeme následně moci zúžit na základě jiných údajů a znalostí. Intervalová logika může být rovněž nápomocna při výběru vhodného pravidla, tedy při řízení inference.

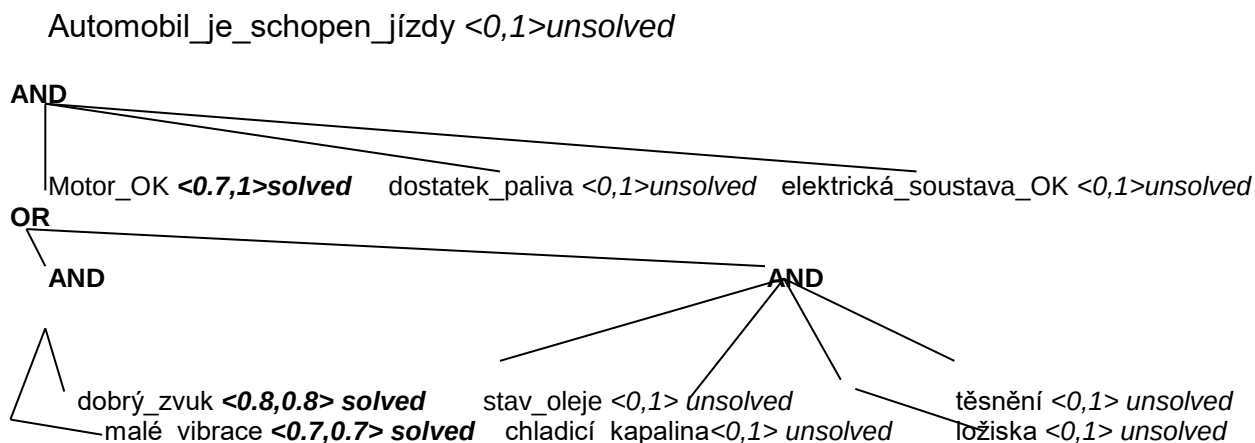
Předkládaný příklad představuje fragment diagnostického expertního systému pro diagnostiku osobních automobilů. Pravidlová síť je zachycena na Obr.č. 11.

Inferenční mechanismus ve svém prvním kroku přiřadí každému faktu interval pravdivosti $\langle 0,1 \rangle$. To znamená, že není schopen jakkoli rozhodnout o pravdivosti daného termu, pravdivost může nabýt jakékoli hodnoty od absolutní nepravdivosti po úplnou pravdu. Rovněž označí všechny fakty za neřešené.



Obr.č. 11 Pravidlová síť po prvním kroku chodu inferenčního mechanismu.

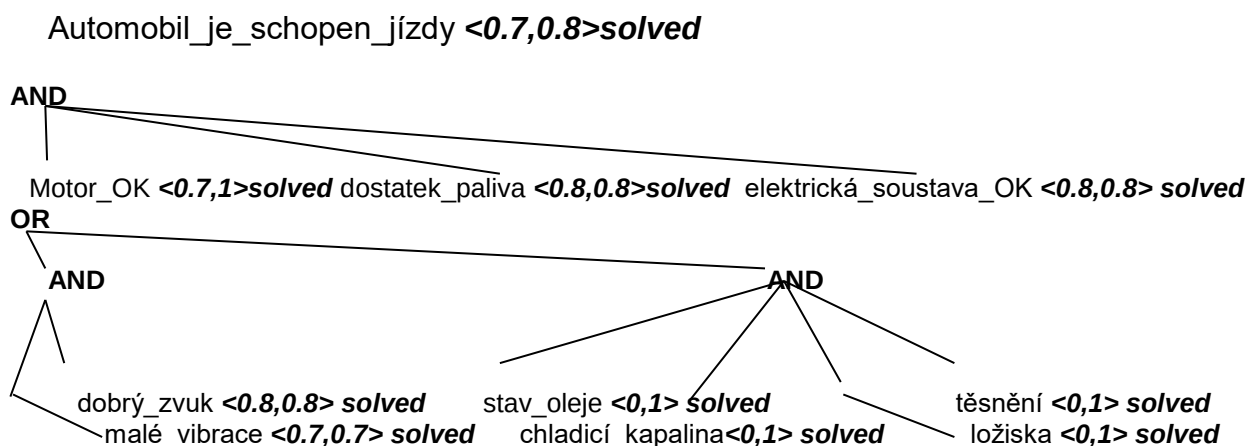
V druhém kroku je použit zpětný chod pro řešení jednotlivých hypotéz, nejprve tedy hypotézy **automobil_je_schopen_jízdy**. Pravdivosti termů **motor_OK**, **dobrý_zvuk** a **malé_vibrece** byly po konzultaci s uživatelem nastaveny na hodnoty '?', tedy $\langle 0,1 \rangle$, 0.8 a 0.7. Protože poskytnuté odpovědi postačovaly pro přímý výpočet jedné větve pravidla, byla pravdivost termu **motor_OK** upřesněna na interval $\langle 0.7,1 \rangle$. Situace po těchto třech krocích je zobrazena na Obr.č. 12.



Obr.č.12 Situace po konzultaci pravdivosti prvních při termů.

Nyní výpočet pokračuje dotazy na pravdivost zbývajících termů s těmito výsledky:

stav_oleje - ?, **chladicí_kapalina** - ?, **těsnění** - ?, **ložiska** - ? (tato zjištění tedy nevedla k upřesnění pravdivosti termu **motor_OK**), **dostatek_paliva** – 0.8, **elektrická_soustava_OK** – 0.8. Konečná situace je zachycena na Obr.č. 13.



Obr.č. 13 Konečný stav vyhodnocování báze znalostí.

Na proces vyhodnocování problému v expertním systému můžeme pohlížet nejen jako na proces aplikace příslušných pravidel, ale také jako na proces snižování neurčitosti v bázi faktů, konkrétně neurčitosti typu ignorance, která se projevuje jako oddálení minimálního a maximálního odhadu možné příslušnosti (pravdivosti). Logika intervalů příslušnosti je schopna pracovat s neúplnými znalostmi konzistentním způsobem, bez nutnosti apriorně deklarovat default pravdivosti jednotlivých faktů, jak bylo prezentováno v tomto příkladu.

8.7 Závěr

Současná teorie fuzzy množin zná přinejmenším tři rozšíření, která si jsou v některých směrech podobná a při tom každé z nich sleduje jiné cíle a rozšiřuje fuzzy množiny o jiné druhy neurčitostí. Jsou jimi fuzzy množiny druhého typu (resp. řádu), které navrhl prof. L. Zadeh a které se od normálních fuzzy množin odlišují tím, že funkce příslušnosti je v jejich případě rovněž zatížena fuzzy neurčitostí. Dále známe intuitionistické fuzzy množiny, které ke každé fuzzy množině přiřazují dvě funkce příslušnosti, z nichž jedna popisuje, jak moc prvek do množiny patří, kdežto druhá říká, jak moc do ní nepatří. Třetím druhem jsou zde popisované intervalové fuzzy množiny,

které rovněž přiřazují fuzzy množině dvě funkce příslušnosti, ale vycházejí z předpokladu, že skutečná poloha (jediné) funkce příslušnosti je vlivem jiných druhů neurčitosti (např. stochastických dějů) neznámá, a že máme k dispozici jen vymezení oblasti ve které se tato funkce může nacházet. Tuto oblast vymezují právě zmiňované dvě funkce příslušnosti.

9. ZÁKLADY TEORIE SPOLEHLIVOSTI A BEZPEČNOSTI SOUSTAV

Teorie spolehlivosti a bezpečnosti soustav představuje základní metodický nástroj k řešení závažných problémů, spojených s provozem a užíváním jakýchkoliv soustav, umělých i přirozených. Přesto, že jí bylo v odborné literatuře věnováno až dosud poměrně hodně pozornosti, netvoří ještě ani zdaleka uzavřenou disciplinu a zvláště v poslední době se poměrně dynamicky vyvíjí. Nelze proto ji prezentovat v ucelené podobě. V každém případě však zahrnuje několik významných složek, kterým zde postupně věnujeme pozornost. Jsou to zejména:

- teorie tolerancí parametrů soustav,
- teorie čar života,
- teorie citlivostí,
- metody analýzy spolehlivosti,
- metody predikční diagnostiky.

9.1 Základní pojmy

Uvažujme jistou soustav S specifikovanou její strukturou S_t , hodnotami parametrů $X = \{x_i\}$, $i=1\dots N$ a hodnotami nezávisle proměnných $P = \{p_j\}$, $j=1\dots J$, tedy

$$S \therefore (S_t, X, P).$$

Tato soustava vykazuje jisté systémové funkce $F = \{F_k\}$, $k=1\dots K$,

$$S \therefore F.$$

Za normálního (nominálního) stavu soustavy S se aktuální hodnoty jejích systémových funkcí F blíží hodnotám F_o (hodnotám nominálním),

$$F \rightarrow F_o.^{58}$$

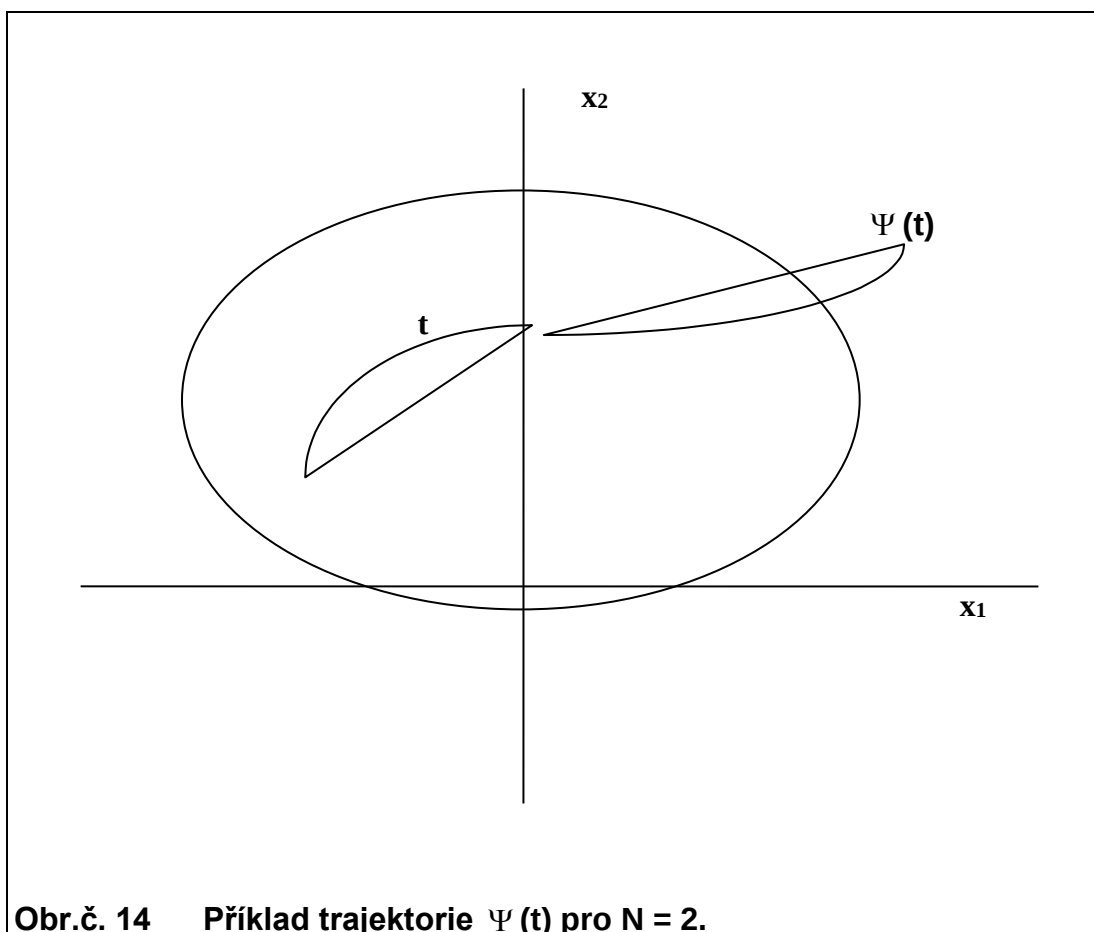
Protože však většina parametrů soustavy je závislá na hodnotách nezávisle proměnných a kromě toho vždy je tzv. absolutní nezávisle proměnnou $p_t = t$, kde t je čas, mění se s hodnotami nezávisle proměnných (a především s časem t) též hodnoty příslušných systémových funkcí F .

⁵⁸ To platí pro tzv. dobře navržené soustavy (well designed systems). Jejich opakem mohou být soustavy chybně (špatně) navržené (ill designed), kde zřejmě neplatí $F \rightarrow F_o$.

Zajímají nás tedy závislosti $x_i(p_j)$, resp. $x_i(t)$ a jejich průmět do závislostí $F(p_j)$, resp. $F(t)$. Znalost závislostí $x_i(p_j)$, resp. $x_i(t)$ lze přitom považovat za primární informaci o uvažovaném systému, poznání závislostí $F(p_j)$, resp. $F(t)$ je pak z ní odvozeno.

Získání poznatků o závislostech $x_i(p_j)$, resp. $x_i(t)$ může být poměrně pracnou a náročnou záležitostí. Znamená to obvykle provést značně rozsáhlá soustavná měření a vyhodnocování a - jedná-li se o závislosti závislostí na čase, též měření dlouhodobá. Ta obvykle vyústí ve získání jistého počtu číselných, především časových řad, po jejichž zpracování a rafinaci (téměř každá pro praktické účely získaná řada je zatížena nepřesnostmi, chybami, neurčitostmi a chybějícími členy) je teprve možno přistoupit ke konstrukci závislostí $x_i(p_j)$, resp. $x_i(t)$ a to buď vhodným matematickým modelem, nebo modelem, představovaným vhodně naučenou umělou neuronovou sítí nebo v některých případech i grafem.

Pomocí takovýchto znalostí závislostí $x_i(p_j)$, resp. $x_i(t)$ lze pak přikročit ke konstrukci trajektorie $X(P)$, resp. $X(t)$, kterou v N -rozměrném prostoru parametrů uvažovaného systému opisuje vektor X při změně nezávisle proměnných. Tuto trajektorii označíme symbolem $\Psi(P)$, resp. $\Psi(t)$. Její příklad je pro $N = 2$ naznačen na Obr.č. 14.



Za jistých podmínek může trajektorie $\Psi(t)$ protnout hranice tzv. oblasti přijatelnosti R_A , tj. hranice mezi dobrými a nevhodnými stavy uvažované soustavy.

Ta je definována jako geometrické místo všech bodů v prostoru $\{X\}$, tj.

$$X \in R_A, \dots\dots\dots/8/$$

pro které je

$$F - F_0 \leq \Delta F, \dots\dots\dots/9/$$

kde ΔF je dovolená odchylka aktuálních hodnot systémových funkcí F od jejich požadované (nominální) hodnoty.

Není-li mezi nezávisle proměnnými čas t , může mít tato trajektorie zcela či do jisté míry uzavřený tvar, protože hodnoty nezávisle proměnné mohou probíhat i reverzibilně, t.j. zpět proti původnímu vývoji nezávisle proměnné (např. stoupání a klesání teploty atp.).

Pokud však je v souboru nezávisle proměnných zahrnut též čas t (a to je v praxi velmi častý případ), nemůže u uzavřených soustav setrvat trajektorie $\Psi(t)$ trvale (tj. pro všechna t , včetně $t \rightarrow \infty$) uvnitř oblasti přijatelnosti R_A .

U vztahu /9/ je přitom znaménko " $-$ " třeba chápat obecně jako vzdálenost v K -rozměrném prostoru funkcí F , měřenou ve vhodné metrice. Jednoduchý algebraický význam má zde toto znaménko pouze tehdy, je-li $K = 1$ a má-li funkce F charakter skaláru.

Výše uvedené tvrzení, jehož důkaz není zatím znám, je možno též vyjádřit jako tzv. *teorém [T1] o nezbytné funkční smrti každého systému :*

Pro dostatečně velké t vybočí vždy trajektorie (čára) života $\Psi(t)$ jakékoliv uzavřené soustavy posléze nenávratně z mezí oblasti přijatelnosti R_A . [T1]

Jiná situace však může nastat, připustíme-li, že uvažovanou soustavu je možno považovat za otevřenou, tj. že do ní jsme schopni zvenku přivádět informace a energii. Pak, alespoň potud, pokud vyšetřovanou soustavu jsme schopni vhodně zásobovat potřebnými informacemi a energií, lze uvažovat o tom, že alespoň po dobu, po kterou můžeme takové zásobování zajistit, jsme schopni čáru života takové soustavy udržet uvnitř oblasti přijatelnosti.

Lze tedy vyslovit

teorém T2 o prodloužení doby života otevřené soustavy:

Pokud jsme schopni jisté otevřené soustavě dodávat vhodné informace a energii, je možno prodloužit dobu jejího života. [T2]

Je však zřejmé, že i takové prodlužování doby života má své meze. Platí tedy

teorém T3 o omezení prodlužování doby života soustavy informacemi a energií do ní přiváděnou:

U každé reálné soustavy je možno prodloužení doby života přiváděním vhodných informací a energie zvnějšku provádět pouze po jistou omezenou dobu. [T3]

Obraťme nyní pozornost k odchylkám parametrů soustav od jejich požadovaných, nominálních hodnot.

Především musíme rozlišit tyto dva hlavní druhy odchylek parametrů (poruch):

- tzv. poruchy pasivní, u nichž odchylka jistého parametru soustavy má vliv pouze na funkční schopnosti uvažované soustavy samé,
- tzv. poruchy aktivní, kde odchylka jistého parametru soustavy S_1 vede k ovlivnění chování jedné či více soustav jiných.

Aktivní poruchy mohou být zvláště nebezpečné, protože mohou vést k lavinovým reakcím a k degradaci spolehlivosti celé řady navzájem spolupracujících soustav (např. lavinové vzniky rozsáhlých dopravních kongescí, lavinový rozpad energetických soustav, rozpad burzovních systémů a pod.). V teorii jejich vzniku a chování se uplatňuje zejména metoda katastrof, prezentovaná poprvé francouzským matematikem R. Thomem (viz [TH-M 69, 71,75] a též [NO-K87/1]). Ten se zabýval matematickými modely situací, za nichž může dojít ke skokové změně charakteru funkce různých soustav, resp. též k degradaci jejich spolehlivosti. Ukázal, že ačkoliv existuje nepřeberné množství modelů takových reálných situací, je možno vystačit při jejich modelování se sedmi typy základních modelů (tzv. elementárních katastrof ⁵⁹), na jejichž kombinaci je možno všechny ostatní převést.

⁵⁹ Zde je dlužno podotknout, že Thom použil slovo katastrofa pro vyjádření náhlého přechodu z jednoho stavu soustavy do stavu jiného; přitom po překročení jistých mezí ve změnách parametrů soustavy je tento přechod již neodvratný. V tomto pojetí tedy nemusí katastrofický přechod ještě znamenat neštěstí, i když toto slovo je s ním o našem celkovém povědomí spojeno. V souvislosti se změnami spolehlivosti soustav však je katastrofický přechod většinou jevem silně nežádoucím.

Skoková degradace spolehlivosti jedné soustavy se může za jistých okolností přenést na jiné soustavy, s uvažovanou soustavou spolupracující a výsledkem může být celkový lavinový rozpad. Takové děje jsou sice poměrně řídké, nicméně k nim dochází a následky bývají mimořádně těžké (známé jsou např. dva velké rozpady energetické soustav - tzv. blackout - na východním pobřeží USA v šedesátých letech, které ve velmi krátké době zasáhly oblasti v nichž žilo několik desítek milionů lidí - od kanadských hranic až po Pensylvánii). Pro analýzu nebezpečí lavinových rozpadů je důležitý kromě katastrofických modelů též rozbor vzájemných citlivostí parametrů a funkcí jednotlivých spolupracujících soustav. O základech metodiky analýzy citlivostí se zmíníme v dalším.

Pro dopravní soustavy je v této souvislosti významná jejich interakce s jinými soustavami, zejména energetickými (viz též [BO-E 97/1, ŠT-Ý 97/1, ŠT-Ý 97/1]), při čemž na rozdíl od běžného uvažování je třeba u energetických soustav brát v úvahu nejen kvantitativní, ale též kvalitativní hlediska (např. u elektro-energetických soustav jde nejen -

o zabezpečení dodávek potřebného množství energie, ale též o množství pohotového výkonu, o dodržení úrovně napětí, kmitočtu, fáze a pod.).

Odchylky jednotlivých parametrů x_i uvažované soustavy se mění se změnami nezávisle proměnných p_j . Výsledkem je pohyb vektoru parametrů X v N rozměrném prostoru $\{X\}$. Jeho charakter závisí jak na způsobu změn nezávisle proměnných (obecně mohou tyto změny probíhat velmi různě, pouze u času $p = t$ předpokládáme spojitý, hladký, rovnoměrný a nevratný nárůst času), tak na způsobech uplatnění jednotlivých parametrů v příslušných funkčních závislostech $F_k(X)$.

U soustav, realizovaných či vyskytujících se ve větším množství nás však zajímá též hustota pravděpodobnosti $\Theta(X)$ odchylek ΔX skutečných hodnot jednotlivých parametrů X od jejich hodnot nominálních X_0 .

Z matematického hlediska můžeme vektor parametrů X chápat jako vektor reálných čísel, neboť pokud některý prvek soustavy vyžaduje komplexní reprezentaci, můžeme příslušné reálné a imaginární části příslušných parametrů uvažovat odděleně.

Uvažujme nyní soustavu S , sestávající se z N_1 diskretních součástí s_v , $v = 1, \dots, N_1$, z nichž každá je charakterizována jistým počtem m_v reálných parametrů x_i . Vektor parametrů X pak lze psát ve tvaru

$$X = \{X_{11}, X_{12}, \dots, X_{1m_1}; X_{21}, X_{22}, \dots, X_{2m_2}, \dots; X_{N_11}, X_{N_12}, \dots, X_{N_1m_{N_1}}\}.$$

Celkový počet parametrů x_i takovou soustavu reprezentující je pak

$$N = \sum_{v=1}^{N_1} m_v.$$

Mezi hodnotami jednotlivých součástí s_v necht' se nevyskytují korelace, tzn. jejich realizace (výroba) probíhá navzájem nezávisle. Předpokládejme dále, že při výrobě jedné a téže součástky se všech m_v parametrů x_i jí charakterizujících odchyluje od svých nominálních hodnot x_{i0} stejným způsobem (tento předpoklad bývá dobře splněn u součástí, u nichž je pro výrobu použita jedna a táž technologie - např. u některých mechanických součástí vyráběných z jednoho kusu materiálu; tam, kde se při výrobě téže součástky používají technologie různé je jeho splnění problematičtější). Pak mohou být hustoty pravděpodobnosti $\phi_i(x_i)$ stejné vždy pro m_v parametrů téže součástky. N parametrů N_1 součástí je tedy navzájem korelováno ve skupinách.

V N rozměrném prostoru se hodnoty parametrů X , charakterizující uvažovaný objem výroby vyskytují v jisté jeho části R_E , kterou nazýváme oblast odchylek. Jestliže jsou v praxi se vyskytující hodnoty parametrů x_i nějakým způsobem omezeny na intervaly $\langle x_{i \min}; x_{i \max} \rangle$, tvoří oblast odchylek hyper-kvádr. Ten má N_1 podstav R_{E_v} , ležících v nadrovinách $\{x_{v\mu}\}$, kde $v = 1, \dots, N_1$ a $\mu = 1, \dots, m_\mu$. Tyto podstavy závisejí co do tvaru na příslušné hustotě pravděpodobnosti.

9.2 Základy teorie tolerancí parametrů soustav

Předmětem veškerých našich dalších úvah jsou umělé, zejména technické systémy (soustavy – oba tyto termíny budeme používat jako synonyma), jejichž vnější vlastnosti můžeme vyjádřit souborem jistých, tzv. systémových funkcí.

Tyto funkce vyjadřují vztahy mezi vybranými stavovými proměnnými soustavy a závisejí na jedné či na několika nezávisle proměnných (zejména vždy na čase) a na jednom či více parametrech, určujících stav, dimenze, uspořádání a vzájemné působení prvků uvažované soustavy. Zde se nebudeme zabývat tím, jakým způsobem lze vyjádřit systémové funkce na základě hodnot nezávisle proměnných a na velikosti parametrů soustavy a budeme předpokládat, že vždy známe způsob, jak provést základní analýzu činnosti uvažované soustavy a že máme k dispozici potřebné nástroje k provedení takové analýzy. Lze ukázat, že u celé řady prakticky významných soustav je tento předpoklad splněn s přijatelnou přesností.

Soustavy (systémy) obecně projevují své vlastnosti, tj. stýkají se se svým okolím (a tedy i s jinými soustavami) na určitém počtu tzv. bran (angl. port, něm. Tor), tj. míst, na nichž je možno na uvažovanou soustavu působit vnějšími podměty (tj. signály, informacemi), nebo do ní přivádět energii, nebo na nichž uvažovaná soustava na své okolí určitými podněty (signály, informacemi) působí nebo na nichž energii vydává.

Je zřejmé, že některé brány mohou být pro uvažované vlastnosti soustavy důležitější než brány ostatní. Brány, na nichž se uvažované vlastnosti soustavy tj. její systémové funkce projevují rozhodujícím způsobem budeme nazývat branami funkčními. Ostatní brány budeme považovat za pomocné.

Při klasifikaci soustav se velmi často uplatňuje kritérium jejich tzv. pasivity či aktivity. Pro posouzení, zda jistá soustava se chová pasivně či aktivně nám poslouží její energetická bilance. Tím rozumíme součet energií, které v daném okamžiku ze všech funkčních bran uvažované soustavy vystupují, zmenšený o součet energií, které do ní v témže okamžiku na všech funkčních branách vstupují. Jestliže je taková energetická bilance kladná, považujeme příslušnou soustavu za soustavu aktivní, je-li záporná, jde o soustavu pasivní a je-li nulová, mluvíme o soustavě bezeztrátové.

Funkční brány jistého systému můžeme tedy rozlišovat na následující dvě hlavní skupiny:

- brány vstupní (krátce vstupy),
- brány výstupní (krátce výstupy).

Časový nebo frekvenční průběh fyzikálních nebo jiných stavových proměnných, působících na vstupech nazveme vstupními signály $v_{1i}(t)$, resp. $V_{1i}(p)$, kde t je čas, p je Laplaceův operátor $p = \sigma + j\omega$, zvaný též komplexní kmitočet a $i = 1, 2, \dots, I$ je počet vstupů.

Podobně budeme časové nebo frekvenční průběhy fyzikálních nebo jiných veličin na výstupech nazývat výstupními signály $v_{2l}(t)$, resp. $V_{2l}(p)$, kde $l = 1, 2, \dots, L$ je počet výstupů.

Vztahy mezi vstupními a výstupními signály jsou určeny tzv. systémovými funkcemi uvažované soustavy (uvažujeme-li děje převážně v kmitočtové oblasti) nebo tzv. odezvami soustavy, resp. systému (uvažujeme-li převážně děje v časové oblasti)⁶⁰.

Dalším hlediskem při klasifikaci systémů může být způsob, jakým jsou vztahy, reprezentované systémovými funkcemi uskutečňovány. V některých případech jsou tyto

⁶⁰ Zde úmyslně alternujeme termíny „soustava“ a „systém“, protože adjektivum od podstatného jména „soustava“ zní v češtině očividně nehezky.

vztahy mezi vstupními a výstupními signály lineární (alespoň v uzavřeném pracovním rozsahu amplitud těchto signálů), v jiných jsou tyto vztahy v zásadě nelineární. Posléze v četných případech mohou mít vstupní a výstupní signály charakter posloupnosti binárních veličin a pak příslušné systémové funkce jsou logickými funkcemi.

Soustavy s lineárními či nelineárními systémovými funkcemi patří k soustavám se spojitou (alespoň po částech) transformací vstupních signálů na signály výstupní. U soustav s logickými systémovými funkcemi má tato transformace diskretní charakter.

Významným hlediskem pro rozlišování různých druhů soustav je též tzv. reciprocita. Tím rozumíme možnost zaměnit jisté vstupní a výstupní brány jisté soustavy, aniž by se změnil tvar systémové funkce, která vyjadřuje vztah mezi příslušnými signály. Vlastnosti reciprocitních a n reciprocitních soustav bývají studovány zejména v teorii elektronických obvodů a soustav.

Pro naše další úvahy o bezpečnosti a spolehlivosti funkce soustav (systémů) však bude mít zásadní význam způsob vztahů mezi parametry příslušné soustavy a odpovídajícími systémovými funkcemi. Některé z dále uvedených pojmů jsme připomněli již v kap. 9.1

Označíme-li parametry jisté soustavy (systému) S symboly x_i , nezávisle proměnné symboly p_i a systémové funkce, vyjadřující jisté uvažované činnosti symboly F_k , pak lze psát

$$F = \{F_k\}^T_K = \{F_k(x_i, p_i)\}^T_K, \quad /10/$$

kde $k = 1, 2, \dots, K$ je počet systémových funkcí F_k , které jsou zapotřebí pro dostatečné vyjádření uvažované činnosti soustavy.

Systémové funkce F_k mohou mít deterministický, nebo též statistický charakter.

$$\text{Vektor } X = \{x_1, x_2, \dots, x_{N_k}\}^T \quad /11/$$

nazveme vektorem parametrů uvažovaného systému (soustavy),

$$\text{vektor } P = \{p_1, p_2, \dots, p_{J_k}\}^T \quad /12/$$

nazveme vektorem nezávisle proměnných.

Čísla N_k a J_k představují zde počet parametrů, resp. počet nezávisle proměnných, které se uplatňují v jisté systémové funkci F_k .

Nezávisle proměnné p_{j_k} mohou mít rozličný fyzikální význam podle vlivů, které na uvažovaný systém (soustavu) působí, aniž na ně můžeme mít vliv. Může to být např.

vnější teplota, vlhkost, síla a rychlost větru, intenzita působícího záření, intenzita zemských otřesů apod.

Mimořádné místo má však vždy mezi těmito nezávisle proměnnými čas $p_j = t$. Ten představuje jedinou, vskutku absolutně nezávisle proměnnou, která působí opravdu bez naší vůle ve všech reálně existujících systémových funkcích.

Předpokládejme nyní bez újmy na obecnosti, že parametry soustavy x_i i nezávisle proměnné p_j nabývají pouze reálných hodnot. Funkce F_k mohou být i v tomto případě velmi rozličné matematické povahy.

V některých případech je můžeme vyjádřit příslušným analytickým výrazem, platícími mezi vztahy signálů, působících na branách uvažované soustavy (systému) a jejími parametry (tyto signály mohou být podle své povahy buď reálné nebo komplexní).

V jiných případech mohou mít tyto vztahy reprezentující funkce F_k podobu diagramů, tabulek, nebo empirických závislostí.

Tato variabilita není však na závadu, protože v dalším popisované metody analýzy spolehlivosti a bezpečnosti funkce systémů jsou obecně aplikovatelné vždy, je-li k dispozici alespoň nějaký kvantitativně, tj. početně zpracovatelný popis příslušných systémových funkcí.

Vyjadřuje-li soubor funkcí $F = \{F_k\}_K$ /13/

jistou činnost uvažovaného systému S , pak soubor

$F_0 = \{F_{k0}\}_K$ /14/

budeme považovat za soubor nominálních vlastností tohoto systému, vyhovujícího všem na něj aktuálně kladeným požadavkům⁶¹.

Vztah mezi výrazy /14/ a /15/ určují zásadním způsobem provozní či funkční spolehlivost uvažovaného systému. Tento vztah je možno vyjádřit následující větou:

Činnost soustavy budeme považovat za vyhovující, jestliže odchylky všech hodnot všech členů souboru F podle vztahu /14/ od odpovídajících hodnot členů

⁶¹ Zde jsme ovšem mlčky předpokládali, že výchozí návrh uvažované soustavy je dobrý, tj. že vyhovuje všem nárokům na soustavu kladeným. Omezení na takovéto „dobře navržené“ – „well designed“ systémy by se mohlo zdát zcela přirozené a oprávněné. V některých případech, které budeme blíže diskutovat později, však může být výhodné pracovat i se soustavami nedobře navrženými („ill designed“). U nich nominální parametry, resp. nominální hodnoty nezávisle proměnných těmito požadavkům neodpovídají a výchozí návrh soustavy musíme proto považovat za nevyhovující.

souboru F_0 podle vztahu /15/ nebudou pro všechny v úvahu přicházející systémové parametry x_i a nezávisle proměnné p_j převyšovat danou mez ΔF , kde

$$\Delta F = \Delta F_k \quad /15/$$

a

ΔF_k jsou dovolené meze odchylek pro k -tou systémovou funkci. (T4)

Tuto větu lze symbolicky zapsat jako

$$\{F_k\}_K^T - \{F_{k0}\}_K^T \leq \{\Delta F_k\}_K^T \quad /16/$$

Zde je pochopitelně nutno podotknout, že znaménko $-$ ve vztahu /16/ má obecně význam vzdálenosti mezi relevantními hodnotami F a F_0 v K -rozměrném prostoru, měřené ve vhodné metrice a že prostý algebraický smysl mu lze přisuzovat pouze tehdy, kdy funkce F a F_0 nabývají pouze skalárních hodnot.

Vraťme se nyní ke vztahu /10/, vyjadřujícímu závislost souboru systémových funkcí F na parametrech x_i systému S a na nezávisle proměnných p_j . Při rozborech praktických příkladů různých systémů musíme uvažovat následující hlavní případy:

- Zajímáme se o výtěžnost při výrobě jistého systému, tj. o poměr dobrých výrobků, charakterizovaných platností vztahu /16/, k celkovému počtu vyrobených realizací tohoto systému;
- Zajímáme se o provozní (někdy též funkční) spolehlivost systému, tj. o to, jak uvažovaný systém za provozu odolný vůči působení některých vnějších vlivů;
- Zajímáme se o provozní životnost systému, tj. o to, s jakou pravděpodobností bude uvažovaný systém za jistých standardních provozních podmínek po stanovenou dobu zachovávat podle vztahu /16/ stanovenou míru (úroveň) základních funkčních vlastností.
- Zajímáme se o tzv. provozní bezpečnost systému, tj. o to, s jakou pravděpodobností bude uvažovaný systém schopen vykonávat požadované funkce, aniž by ohrozil své okolí.

Adjektiva provozní a funkční bývají často zaměňována.

Případy b) a c) mohou někdy splývat.

K případu d) je třeba podotknout, že pojem bezpečnosti a spolehlivosti je často směřován. Za bezpečné jsou mnohde považovány takové systémy, které se při selhání své funkce, tj. při porušení své provozní spolehlivosti uvedou do klidu. To se týká

zvláště četných systémů pro řízení a zabezpečení dopravy. Taková interpretace kritéria bezpečnosti je však poněkud omezená a do jisté míry i krátkozraká, protože často pak na místo selhavšího a do klidu podle tohoto kritéria uvedeného řídicího a zabezpečovacího systému nastoupí, byť dočasně, systém jiný, náhradní. Ten pak je většinou jednodušší a méně výkonný i méně spolehlivý, než systém, který jím byl nahrazen. V krajním případě je to až ruční řízení prováděné člověkem přímo. Selhání takového ručního řízení (tzv. „muže s červeným praporkem“) může pak být dosti pravděpodobné a může mít zcela fatální následky. Proto se u moderních zabezpečovacích systémů nutně kladou požadavky nejen na jejich provozní bezpečnost, ale nemenší měrou též na jejich funkční spolehlivost („bez spolehlivosti není bezpečnosti“). Oba pojmy, spolehlivost i bezpečnost, tedy nejsou v žádném případě totožné, jsou však ve vzájemné těsné vazbě a jeden nelze nahrazovat druhým

Uvažujme nyní jistý systém S, pro jehož nominální návrh použijeme označení S_0 a který je v prostoru systémových parametrů $\{X\}$ reprezentován vektorem X_0 .

Předpokládejme, že analyzujeme podmínky opakované, sériové nebo až hromadné⁶² výroby takového systému, a že ten je realizován celkem v M kusech.

Předpokládejme dále, že návrh systému S_0 byl proveden dobře, takže platí $X_0 \in R_A$, kde R_A je množina všech bodů v prostoru $\{X\}$, kde platí vztah /16/. Tato množina tvoří jistou část prostoru $\{X\}$, kterou budeme nazývat oblast přijatelnosti (region of acceptability).

Je zřejmé, že kdyby pro všechny uvažované realizace M systému S ležely body X_m , $m = 1, 2, 3, \dots, M$ jejich počáteční stav⁶³ charakterizující uvnitř R_A , docílili bychom dokonalou výrobu se 100 % ní a priorní výtěžností, tj. s nulovým podílem výrobních zmetků. Bohužel, v praxi dochází k takové situaci jen zcela výjimečně. Téměř vždy musíme počítat s tím, že vektory X_m , charakterizující parametry skutečných realizací se jistým způsobem odchylují od X_0 a že platí

$$X_m = X_0 \pm \Delta X_m, \quad /17/$$

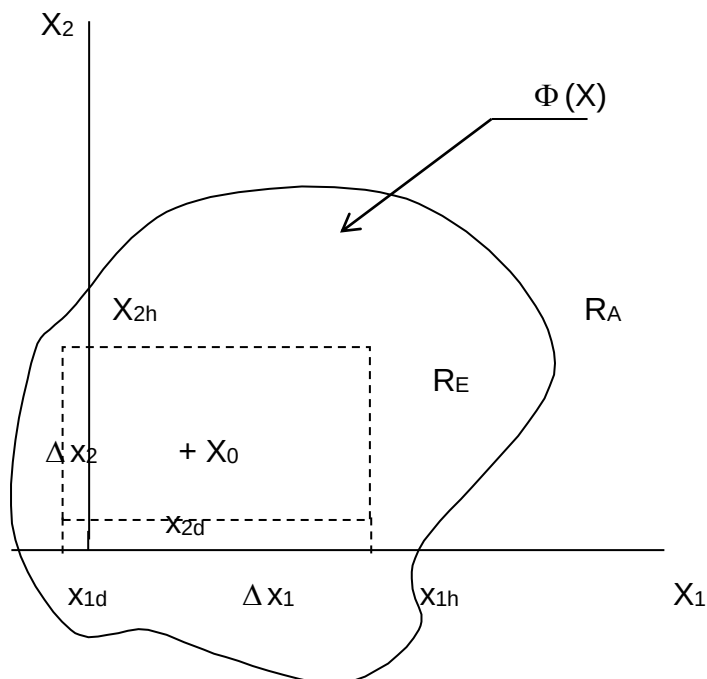
kde ΔX_m jsou tzv. dovolené odchylky skutečných hodnot parametrů X_m od jejich požadované nominální hodnoty X_0 . Interval dovolených odchylek ΔX_m ovšem nemusí být souměrný vzhledem k nominálním hodnotám X_{0m} , nicméně v dalším bez újmy na

⁶² Mezi pojmy opakované, sériové a hromadné výroby budeme činit především kvantitativní rozdíl.

⁶³ Tím rozumíme stav, v němž se uvažované systémy nalézají na začátku svého funkčního života, resp. užívání.

obecnosti následujících úvah budeme uvažovat především takové situace, kdy platí vztah /17/.

Množina všech v úvahu přicházejících hodnot vektoru X pak vyplní jistou část prostoru $\{X\}$, kterou budeme označovat jako oblast odchylek R_E . Na Obr.č. 17 je tato oblast naznačena pro $N=2$. Hodnoty vektoru X odpovídající jednotlivým realizacím uvažované soustavy jsou v prostoru $\{X\}$ rozloženy s hustotou pravděpodobnosti $\Phi(X)$.



Obr.č. 17 Oblast přijatelnosti R_A a oblast odchylek R_E pro $N=2$.

Při vlastním návrhu příslušného systému hledáme obvykle jednak vhodnou topologickou strukturu systému, jednak polohu tzv. nominálního vektoru X_0 tak, aby bylo co nejlépe splněno některé optimalizační kritérium.

Tím může být:

- dosažení co nejvyšší výrobní výtěžnosti, tj. snaha, aby $Y \rightarrow 1$,
- dosažení co nejnižší výrobní ceny,
- dosažení co nejvyšší provozní spolehlivosti, resp. co nejdelší délky života uvažovaného systému.

Ve všech případech k tomu pochopitelně přistupuje základní požadavek, aby uvažovaný systém vykazoval požadované funkční vlastnosti, tj. aby $F \rightarrow F_0$.

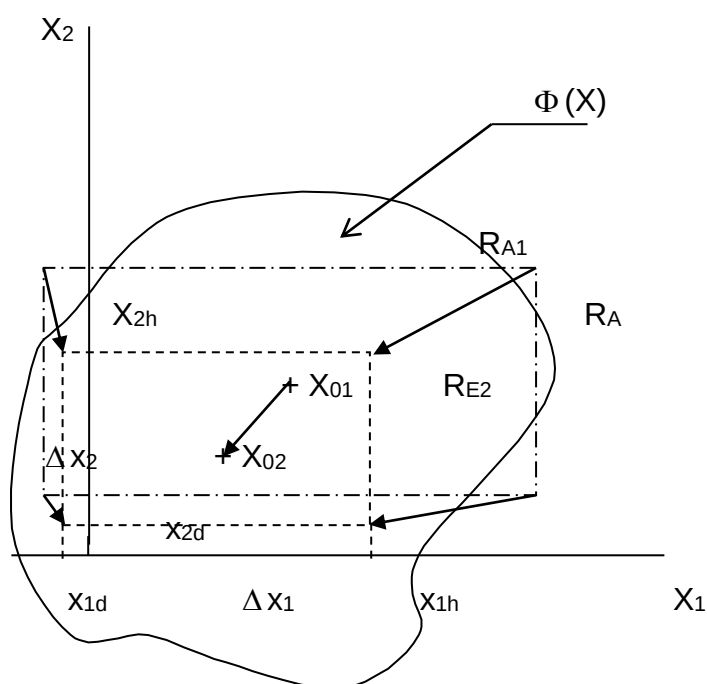
Jednotlivá tato kritéria ovšem nejsou nezávislá a obvykle se uplatňují kombinovaně.

V dalším textu se nejprve zmíníme o kritériu maximální výrobní výtěžnosti. Pak si všimneme otázek souvisejících s minimalizací výrobní ceny.

Všimněme si nyní blíže problematiky návrhu řešení systému vzhledem ke kritériu maximální výrobní výtěžnosti.

Na Obr.č. 18 je naznačena jedna z možných situací. Oblast dovolených odchylek R_{E1} zde očividně přesahuje vně oblasti R_A tak, že dochází k výrobě zmetků a výrobní výtěžnosti $Y < 1$ (a to bez ohledu na to, jaké je rozložení hustoty pravděpodobnosti $\Phi(X)$ výskytu hodnot vektoru parametrů X uvnitř oblasti R_{E1}).

Nejsme-li s takovou situací spokojeni, můžeme např. odpovídajícím způsobem zmenšit rozměry oblasti R_{E1} , tak, až se právě vejde dovnitř oblasti R_A . To je na obr. 4 naznačeno příkladem oblasti R_{E2} . Současně zde ovšem vidíme, že taková snaha může vést k potřebě modifikovat původní polohu nominálního návrhu, zde např. z polohy X_{01} do polohy X_{02} .



Obr.č. 18 K návrhu systému vzhledem k maximální výrobní výtěžnosti.

Jak jsme již naznačili, ne vždy nám jde jen o to, abychom vyráběli pokud možno beze zmetků, tj. bez výrobního odpadu. Velmi často je hlavním optimalizačním kritériem výrobní cena, a to ať již vztažená k ceně jednotlivého výrobku, nebo k celému výrobnímu objemu.

9.3 Spolehlivost

9.3.1 Úvod

Obecná definice spolehlivosti je v aplikaci na definici systému identifikovatelná v kterékoliv složce rozvinuté (extended) definice systému:

ve spolehlivosti výběru prvků do množiny prvků A , ve spolehlivosti funkcí prvků A/F , ve spolehlivosti relací R , ve spolehlivosti naplnění druhových vlastností GK i spolehlivosti uplatnění identity systému I . Nazveme takto systémově interpretovanou spolehlivost spolehlivostí totální.

Příkladem aplikace totální spolehlivosti na heterogenní systém jako základ hybridního systému je spolehlivost elektronického systému s jeho tradiční strukturou funkčních bloků, reprezentujících (pod)systémy s vlastními GK , jejichž homogenizace podporuje i hybridního elektronického systému.

Veškeré reálné systémy se sestávají z vzájemného propojení jednotlivých funkčních bloků (dále též jen FB), kterých v jistém systému může být M . Výjimku tvoří elementární systém, sestávající se pouze z jednoho funkčního bloku, $M=1$.

Sám pojem funkčního bloku nebývá přesněji vymezen, obvykle se pod tímto označením rozumí taková část systému, která je schopna vykazovat samostatně jisté účelné funkce a která je také obvykle technologicky kompaktní. Pro účely této studie takové vymezení postačí.

Frekvence užívání pojmu FB se zrychlila od sedmdesátých let s rozvojem mikroelektroniky, pro kterou lze tento pojem považovat za typický. Veškeré mikroelektronické integrované obvody jsou vlastně funkčními bloky. Potřeby mikroelektroniky systémů stimulovaly též propracování teorie funkčních bloků a systémů z nich složených (viz např. [28]).

Pro syntézu systémů složených z jednotlivých FB jsou kardinálními otázkami:

- Jak interagují jednotlivé FB mezi sebou v různých topologiích jejich uspořádání a propojení ve struktuře celého uvažovaného systému?

- Jak závisí systémové funkce F celého systému na dílčích systémových funkcích F_m jednotlivých FB ($m=1\dots M$). Přitom musíme ovšem mít na zřeteli, že F i F_m mohou být celé soubory dílčích systémových funkcí, tedy $F=\{F_k\}_{k=1\dots K}$, $F_m=\{F_{mk}\}_{k=1\dots K, m=1\dots M}$?
- Jaká je souvztažnost mezi funkční spolehlivostí jednotlivých FB a funkční spolehlivostí celého systému?

Zde se budeme zabývat třetí z uvedených otázek.

Uvažujme systém skládající se z jistého počtu M funkčních bloků FB_m , $m=1\dots M$.

Každý z nich realizuje jistý dílčí soubor systémových funkcí F_m . Ve vzájemné interakci jednotlivých FB_m je z těchto dílčích systémových funkcí vytvářena výsledná systémová funkce F .

Na styku jednotlivých FB_m v systému působících dochází přitom velmi často k potřebě překladu vzájemně předávané informace – jednotlivé FB mohou pracovat s rozličnými abecedami i rozličnými gramatikami.

Styk mezi jednotlivými FB zprostředkují rozhraní IF (interface, synapse). Pro činnost a vlastnosti celého systému mají kritický význam.

Se zřetelem k sortimentu FB a rozhraní v systému působících můžeme rozlišovat:

- systémy homogenní, v nichž působí pouze identické FB_m a identické IF_m .
- systémy s homogenními FB_m a rozdílnými IF_m ,
- systémy heterogenní s rozdílnými FB_m i IF_m .

Mohli bychom sice uvažovat též o systémech v nichž sice působí rozličné FB_m , avšak v nichž jsou identická rozhraní, to však je alternativa dosti hypotetická.

Funkce jakéhokoliv systému se vztahují k základním kategoriím

- hmoty (dále též jen H)
- energie (dále též jen E)
- informace (dále též jen I)
- a k jejich vzájemným vztahům

V seminářích Teorie informace (viz [24]) byl zaveden pojem informačního výkonu (dále též jen IV), jako množství I , které projde danou oblastí (funkčním blokem či jejich uskupením) za jednotku času (viz [25]),

což bylo uvedeno jako paralela k výkonu energetickému, resp. hmotovému.

Přijmeme pracovní definici pojmu informace, jak ji zavedl [26]:

Informace I jsou taková data D, která příjemce je schopen využít ke splnění svých cílů nebo která vedou ke změně cílů jeho chování.

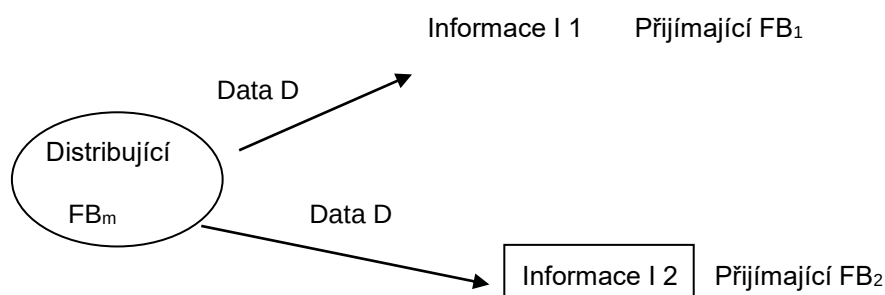
Takto chápaný pojem I je nutně subjektivní a je zřejmé, že z téže množiny dat D mohou různí příjemci vytěžit různá množství informace, resp. informace různé kvality.

Budeme-li se zabývat obecnými systémy, složenými z jednotlivých, ať již stejných či rozličných FB_m , nahradíme ve výše uvedené pracovní definici pojem příjemce pojmem přijímajícího funkčního bloku – je však zřejmé, že adjektivum přijímající, resp vysílající FB se uplatní v souladu se způsobem přenosu informace I (či energie E, či hmoty H) mezi jednotlivými FB_m .

Podobně jako energii E, je třeba i informaci I přisuzovat nejen kvantitativní, ale též kvalitativní charakteristiky. Bylo by možno připustit, že jistá data mohou být dvěma různými je přijímajícími FB interpretována jako zcela opačné informace a tedy že by mohlo dojít též k dílčí či plné negaci informace.

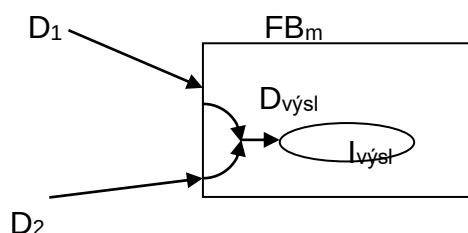
Zabývejme se situací u FB_m vysílajícího data. Jak jsme již diskutovali v [27] může jít o případ skutečného pouhého vysílání dat, bez zřetele na to, jaké informace z nich přijímající FB_m vytěží nebo o případ, kdy ve vysílajícím FB_m jsou tato data záměrně upravena tak, aby z nich přijímající FB mohl vytěžit pouze jistou informaci. To může být jak v případě adresného, tak neadresného vysílání (obecná distribuce dat, broadcasting).

V [27] jsme též připustili případ, kdy do jistých obecně šířených dat D bude jejich distributor vkládat záměrně taková uspořádání, která jistou skupinu přijímajících FB_m povedou k vytěžení jiné informace než jakou z nich může vytěžit jiná skupina FB (viz Obr.č. 19).

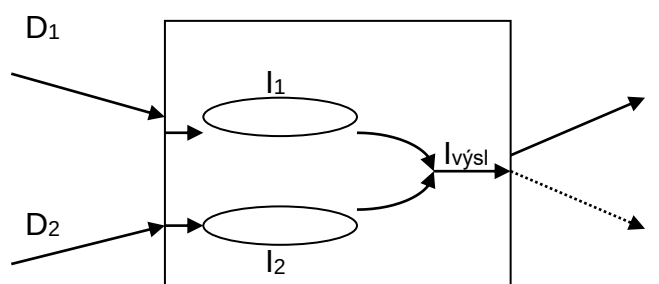


Obr.č. 19

Alternativou této situace je případ, kdy na tentýž přijímající FB mohou působit dva či více FB_m , vysílajících data. Pak dojde u téhož přijímajícího FB k interakci dvou toků dat, z nichž se těží informace. Může dojít k interakci již mezi toky dat (viz Obr.č. 20) ale též k interakci mezi informacemi, z nich vytěženými (viz Obr.č. 21).



Obr.č. 20



Obr.č. 21

Protože jsme již učinili předpoklad, že informace nemá jen svou kvantitativní, ale též kvalitativní charakteristiku, je třeba se z tohoto hlediska zamyslet nad procesem interakce informací. Ten nemusí být jen superpozicí, ale může být podstatně složitější povahy. Lze např. připustit negaci dílčích informací či stimulování vzniku (vytěžení) jisté informace informací jinou.

Kdybychom byli schopni přesněji informaci charakterizovat co do její kvantity i kvality, mohli bychom uvažovat o algebře operací, kterými mohou informace navzájem interagovat.

Jednotlivé FB_m se mohou stýkat po dvojicích či vícenásobně. Na styku dvou a více FB_m působí vždy příslušné rozhraní (interface, synapse), v němž dochází k překladu informace z abecedy a gramatiky FB vysílajícího do abecedy a gramatiky FB přijímajícího.

Je zřejmé, že spolehlivost funkce celého systému závisí nejen na spolehlivosti funkce jednotlivých dílčích FB_m , z nichž se skládá, ale též na spolehlivosti funkce, tedy především na spolehlivosti překladů, uskutečňovaných na všech rozhraních, jejich prostřednictvím jednotlivé FB_m interagují.

Rozhraní mohou však kromě překladu uskutečňovat ještě jiné funkce, zejména paměťové, mohou zpožďovat přenos jistých informací o určitý časový interval, mohou realizovat prahové funkce a může v nich též docházet ke kombinaci různých informací.

9.3.2 Interakce funkčních bloků v homogenních systémech

Uvažujme nyní nejprve systém složený pouze ze zcela shodných FB_m , tedy pouze z FB_m jediného typu. Takový systém můžeme považovat za homogenní a to bez ohledu na to, jakým způsobem jsou jednotlivé FB_m v něm působící navzájem propojeny.

Je sice pravda, že v reálných situacích se přísně vzato homogenní systémy téměř nevyskytují, v řadě případů však můžeme přijmout dosti únosné licence o homogenitě modelů, jimiž se snažíme vlastnosti reálných systémů aproximovat.

Funkční vlastnosti celého uvažovaného systému i jednotlivých FB_m , ze kterých je složen, jsou vyjádřeny soubory systémových funkcí F_m . Ty závisí obecně na struktuře systému St , resp. na vnitřní struktuře St_{FB_m} jednotlivých FB_m , na souboru systémových parametrů $X = \{x_i\}$, $i=1\dots N$ a na vektoru nezávisle proměnných $P = \{p_j\}$, $j=1\dots J$.

Jednotlivé složky p_j vektoru nezávisle proměnných P mohou mít různý fyzikální význam, vždy však je v reálných případech mezi nimi zahrnut čas $p=t$, který probíhá nevratně bez možnosti našeho ovlivnění jeho průběhu.

Uvažujme nyní obecný dynamický systém, u něhož budeme brát v úvahu jeho chování za působení nezávisle proměnných.

Vydeme z toho, že spolehlivost celého systému je interpretována jako pravděpodobnost, že celý soubor F jeho uvažovaných systémových funkcí F_k se v daných intervalech ΔP nezávisle proměnných P nebude odchylovat od požadovaných hodnot F_0 o více než dovolené odchylky systémových vlastností ΔF (příčemž intervaly

ΔP i dovolené odchylky ΔF musíme chápat jako vzdálenosti ve případně vícerozměrných prostorech $\{P\}$, resp. $\{F\}$, měřené vhodnými metrikami).

Takto chápanou spolehlivost je možné též reprezentovat pravděpodobností, že pro dané ΔP nevybočí trajektorie $\Psi(P)$ - tzv. čára života - life curve - vektoru parametrů X uvažovaného systému z hranic tzv. oblasti přijatelnosti R_A .

Ponechme nyní stranou problematiku metod pro vyšetřování R_A a předpokládejme, že jsme je, alespoň v jisté části prostoru X a s jistou neurčitostí schopni stanovit.

Zjednodušme dále naše úvahy tím, že budeme uvažovat pouze časově závislý dynamický systém, tj. případ $P = t$.

V obecné teorii spolehlivosti systémů je pak vyjadřováno tvrzení, že pro dostatečně velké t musí u reálného, tedy uzavřeného systému nakonec vždy každá trajektorie $\Psi(t)$ vybočit z hranic R_A . Mohou sice nastat případy, kdy časová závislost $x_i(t)$ některých parametrů systému probíhá tak, že po předchozím vybočení z hranic oblasti přijatelnosti R_A se na jistou dobu vektor X může vrátit dovnitř R_A , jestliže však $t \rightarrow \infty$, platí, že bez dostatečných dodávek hmoty H , energie E a informace I zvenčí se vektor X dovnitř R_A nemůže vrátit.

Abychom tedy dosáhli toho, že vektor $X(t)$ se bude pohybovat uvnitř R_A po neomezenou dobu, museli bychom mít k dispozici neomezené zdroje hmoty H , energie E a informací I , tedy celý neomezený vesmír.

Toto tvrzení sice koresponduje s veškerými dosavadními zkušenostmi lidstva, jeho exaktní důkaz však není znám.

Průběh výsledné trajektorie $\Psi(t)$ vektoru $X(t)$, reprezentující vývoj celého systému je ovšem ovlivněn dílčími průběhy trajektorií $\Psi_m(t)$ jednotlivých FB_m . Ty nemusí být ovšem vždy navzájem shodné (a to ani u homogenních systémů) a mohou se od sebe lišit též časy $t_{m \text{ krit}}$, v nichž čáry života jednotlivých FB_m překročí hranice svých oblastí přijatelnosti. Jednotlivé časy $t_{m \text{ krit}}$ se mohou lišit i od času t_{krit} , v němž trajektorie $\Psi(t)$ celého systému překročí hranici R_A .

Budeme dále chápat životnost systému jako pravděpodobnost, že po jistou dobu t_p bude jeho čára života $\Psi(t)$ probíhat pouze uvnitř příslušné oblasti přijatelnosti R_A . Tuto životnost lze též vyjádřit pravděpodobnou dobou života (life-time) L_t .

Skutečnost, že i v jistém homogenním systému mohou mít jednotlivé FB_m jej tvořící různé hodnoty L_{tm} souvisí se známým přístupem k tzv. čerpání životnosti jednotlivých

komponent složitého systému, který je často uplatňován u náročných zařízení (např. u energetických systémů a jaderných elektráren). Při takové analýze jsou stanoveny hodnoty L_{zm} nejvýznačnějších komponent a v průběhu provozu celého systému se pečlivě sleduje, jaká rezerva v hodnotách jednotlivých L_{tm} ještě zbývá tak, aby bylo zavčas možno provést nápravná opatření, tj. buď korekci parametrů příslušné komponenty, nebo pokud to není možné pak její výměnu.

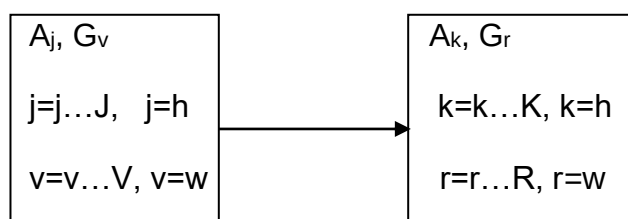
9.3.3 Funkce rozhraní

V každém systému působí však kromě jistého množství FB_m ještě celá řada rozhraní. Tato rozhraní (interface, synapse) se podílejí na přenosu a překladu informací mezi jednotlivými FB_m tvořícími uvažovaný systém. U homogenního systému jsou jednotlivé FB_m identické. Rozhraní nemusí však být nutně vždy identická a tím spíše nemusí být identické ani jejich funkce. Tím se ovšem spolehlivostní analýza homogenního systému s nehomogenní skladbou rozhraní komplikuje a blíží podmínkám za nichž je třeba provádět analýzu spolehlivosti systémů hybridních.

Jednotlivé FB_m působící v libovolném systému předávají své výstupní informace jiným s nimi spolupracujícím FB_m v jisté abecedě A_m a s jistou gramatikou G_m . Tyto FB_m , které informace od s nimi spolupracujících funkčních bloků přebírají, mohou však rozumět informacím buď pouze ve své vlastní abecedě a pouze se svou vlastní gramatikou.

Obecně mohou ovšem nastat případy, kdy některé FB_m jsou schopny vysílat informace v několika různých abecedách a s několika různými gramatikami, a naopak kdy některé FB_m mají podobné multijazykové schopnosti pro příjem.

Pro správnou funkci interakce mezi jednotlivými FB_m je tedy nutno, aby alespoň jedna dvojice abeced a gramatik, kterými disponují navzájem komunikující FB_m si odpovídala, tj. aby příslušné FB_m byly schopny vzájemné komunikace, aby si rozuměly (viz Obr.č. 22).



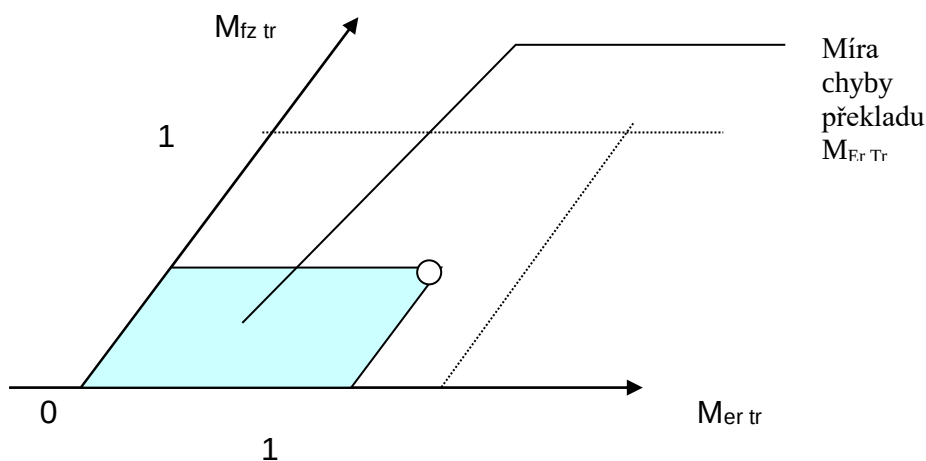
Obr.č. 22

Pokud tomu tak není, je zapotřebí, aby informace byla na styku takových dvou či více vzájemné komunikace neschopných FB_m přeložena z jedné abecedy a gramatiky do druhé.

Nezbytný překlad, který je podmínkou úspěšné spolupráce je uskutečňován právě rozhraními. Spolehlivá, rychlá a efektivní překladatelská činnost rozhraní je proto pro funkci celého systému neméně důležitá, než funkce FB_m samých.

Každý překlad Tr_j , uskutečňovaný rozhráním je realizován s jistým časovým zpožděním (doba překladu t_{tr}) a s jistou nepřesností. V této nepřesnosti mohou být zahrnuty jednak chyby překladu $ErTr_j$ a jednak neúplnosti překladu $FzTr_j$.

Chyby překladu $ErTr_j$ představují nesprávně přeložené části původní informace. Mírou chybovosti překladu $M_{Er\ tr}$ je poměr špatně přeložených slov k jejich celkovému počtu. Podobně mírou neúplnosti překladu $M_{fz\ tr}$ je poměr nepřeložených slov původní informace k jejich celkovému počtu. Obě tyto míry jsou čísla v intervalu $<0,1>$, viz Obr.č. 23. Celková míra chyby překladu $M_{Er\ Tr}$ je pak součinem míry chybovosti překladu $M_{Er\ tr}$ a míry neúplnosti překladu $M_{fz\ tr}$.



Obr.č. 23

V ploše $\{M_{Er\ tr}, M_{fz\ tr}\}$ se pak při provádění překladů, uskutečňovaných jednotlivými rozhraními mohou vyskytovat body reprezentující spolehlivost (a kvalitu) jednotlivých překladů s hustotou pravděpodobnosti $\Phi_{tr\ m}(t)$, která může být pro ten který FB_m odlišná.

Celkovou spolehlivost překladu je pak možno charakterizovat integrálním výrazem

$$\prod_{m=1}^M \int_G \Phi_{trm} dt$$

kde G je celková doba, po níž činnost rozhraní sledujeme.

Doba T_p , potřebná na překlad v jednotlivých rozhraních se promítá do celkové reakční doby RT uvažovaného systému. Je zřejmé, že čím delší posloupnost překladů je při zpracování jistého cyklu vnitřní výměny informací v daném systému nutno uskutečnit, tím bude RT větší a celý systém bude reagovat pomaleji. Z toho důvodu mohou homogenní systémy být principiálně schopné rychlejší reakce, než systémy hybridní, byť jinak stejně strukturované.

9.3.4 Interakce funkčních bloků v hybridních systémech

Hybridní systémy jsou nejčastějším typem reálných systémů. Skládají se z dílčích FB_m různé povahy a vlastností, které interagují prostřednictvím různých rozhraní IF_m . V každém z těchto rozhraní se uskutečňuje překlad informace z abecedy a gramatiky, v nichž z vysílajícího FB_m vystupuje do abecedy a gramatiky, v níž je ji přijímající FB_m schopen přijmout. Je zřejmé, že čím je rozdíl obou abeced a gramatik větší, tím mohou být větší nároky na překlad, tím větší může být doba potřebná k jeho provedení a tím větší může být též nebezpečí vzniku chyb, nepřesností a neúplností překladu.

S náročností překladu roste ve většině případů též doba, potřebná pro jeho provedení a tím se pochopitelně prodlužuje reakční čas RT celého systému. Tento reakční čas se skládá z úhrnu reakčních časů jednotlivých dílčích FB_m a reakčních časů příslušných rozhraní a to podél celé informační cesty, podél níž v systému probíhá příjem, zpracování a přenos informace. Čím je tato cesta delší a komplikovanější, tím je větší i RT . Hodnota RT je jedním z nejdůležitějších parametrů pro posuzování kvality systému. Systémy s příliš velkými hodnotami RT mají menší naději na úspěch ve srovnání se systémy, které sice mají shodné funkční vlastnosti, ale reagují rychleji.

Aby jistý systém mohl mít požadované funkční vlastnosti F , je třeba aby se na jejich vytváření podílel jistý počet dílčích FB_m . Syntéza celého souboru F pozůstává z určení informační cesty a jednotlivých v ní působících FB_m , realizujících dílčí systémové funkce F_m . Čím větší budou rozdíly mezi jednotlivými FB_m , tím větší budou pravděpodobně též rozdíly mezi jejich výstupními a vstupními abecedami a gramatikami a tím náročnější bude i příslušný překlad. Doba jeho zpracování v rozhraní bude tedy pravděpodobně též delší. Z hlediska minimalizace RT by tedy bylo nejvýhodnější konstruovat celý systém jako homogenní, tak aby nároky na překlad v rozhraních byly minimální.

Homogenními systémy však je obtížné vytvořit složitější systémové funkce, nemají-li být jednotlivé dílčí FB_m příliš složité a tím pravděpodobně též méně funkčně spolehlivé.

Při uskutečňování překladu záleží nejen na tom, jaké jsou rozdíly mezi vstupní a výstupní abecedou, ale též na tom, po jakých úsecích bude příslušná informace překládána a předávána z výstupního FB_m na FB_m vstupní. Překlad po malých úsecích (až po bitech) může být rychlejší a jeho spolehlivost může být vyšší, potíže však mohou být se skladbou výsledné informace.

Lze soudit, že mezi těmito všemi hledisky existují jisté kompromisy, představující přiblížení se k optimu podle toho či onoho kritéria.

Analogii lze hledat v biologických informačních systémech. Vyspělé biologické informační systémy - mozky savců a zejména primátů realizují velmi složité systémové funkce: skládají se z velmi vysokého počtu dílčích funkčních bloků (neuronů). Ty jsou různých druhů a pracují s komplikovanými informačními cestami, většinou s mnoha vysoce paralelními úseky. Nicméně počet druhů neuronů je velmi malý ve srovnání s jejich celkovým počtem (tento poměr je asi 1: 10^9). Rozhraní (synapse) nejsou sice jednotná, avšak pracují též pouze s jistým nevelkým počtem druhů přenašečů dílčích informací – transmitérů (mediátorů), které přenášejí dílčí informace poměrně značné velikosti (to se děje v tzv. chemických synapsích – ty ve vyspělých biologických informačních systémech převažují). Reakční doba takového rozhraní může být však dosti značná.

Kromě toho jsou však v takovém vyspělém informačním systému v některých dílčích informačních cestách použita v menší míře též rozhraní, pracující s elementárními přenašeči na bázi iontů, přenášejícími informace po bitech (tzv. elektrické synapse). Zde pravděpodobně není třeba překladu či je jen velmi jednoduchý a reakční doba rozhraní je minimální. To je zřejmě především v takových informačních cestách, kde je třeba velmi krátkého reakčního času a nejsou zvláštní nároky na složitost systémových funkcí. Soudí se mj., že taková koncepce řešení syntézy celého informačního systému převládá např. v mozcích ryb.

Výraznou předností takových informačních systémů, složených z vysokého počtu dílčích FB je značná spolehlivost a odolnost proti poruchám. Ta je ovšem realizována nejen vyšší funkční spolehlivostí jednoduchých FB_m samých, ale jejich vzájemnou zastupitelností v složitých, navzájem zálohovaných dílčích informačních cestách a možností adaptivně měnit jejich propojení (je známo, že v průběhu celého života a to i ve velmi vysokém věku se u zdravého člověka synaptická propojení neuronových sítí

v jeho mozku neustále mění a vyvíjejí a to i tehdy, jestliže celkový počet disponibilních neuronů klesá – ať již stárnutím či úrazem).

Jiný způsob řešení informačního systému představují mozky hmyzu. Ty jsou sestaveny jen z poměrně malého počtu dílčích FB_m , avšak poměrně složitých, tedy z malého počtu složitých neuronů (např. u písečné blechy se uvádí počet jen 5 až 10 tisíc). Lze však soudit, že interakce mezi nimi jsou poměrně jednoduché, tedy použité abecedy i gramatiky se u jednotlivých FB_m nebudou příliš lišit a překlady informací mezi těmito složitými neurony nebudou zvláště náročné. Lze však též soudit, že v případě takového řešení informačního systému existují jisté meze dosažitelných možností co do složitosti výsledné realizované systémové funkce F a že to možná bude jednou z příčin, proč hmyz nedosahuje vyšších úrovní inteligence. Pokud jde o spolehlivost, je zřejmé, že při výrazně menším počtu použitých FB_m musí mít jakékoliv vyřazení dílčího FB_m mnohem větší vliv.

Všechny dílčí systémové funkce jednotlivých FB_m i funkce rozhraní jsou závislé jak na parametrech x_i příslušného funkčního bloku či rozhraní, tak na nezávisle proměnných. Parametry samy se vlivem nezávisle proměnných též mění. Velmi nás tedy zajímají příslušné citlivosti $S^F_X = \{S^{Fk_{xi}}\}$, resp. $S^F_X = \{S^{Fm_{xi}}\}$, resp. $S^F_P = \{S^{Fk_{pj}}\}$, resp. $S^F_P = \{S^{Fm_{pj}}\}$. Jejich složky můžeme uspořádat do 4 matic citlivostí a jejich rozбором nalézt takové dílčí funkční bloky a takové dílčí systémové funkce, které jsou změnou parametrů, resp. nezávisle proměnných ovlivněny nejvíce či naopak ty, které jsou vůči takovým změnám dostatečně vzdorné.

Lze se domnívat, že mezi komponentami těchto matic citlivostí mohou platit podobné vztahy, jaké byly již před drahnou dobou dokázány S.K. Mitrou pro lineární elektrické obvody (Mitrova věta o tzv. invarianci citlivostí – viz např. [8]).

Hodnoty citlivostí jsou pochopitelně závislé též na hodnotách systémových parametrů samých, tedy mění se podle toho, pro kterou hodnotu vektoru $X = \{x_i\}$ v N -rozměrném prostoru X je vyšetřujeme.

U některých systémů mohou existovat takové oblasti tohoto prostoru, v nichž jsou některé z těchto citlivostí tak veliké, že postačí i jen velmi malá změna hodnot x_i k tomu, aby celý systém výrazně změnil své vlastnosti a přešel od více či méně stabilního chování k chování chaotickému. To se může stát např. při náhlém přechodu od laminárního proudění či obtékání profilu a proudění či obtékání turbulentnímu. Vyšetření mezních přechodových stavů je proto přes svou značnou náročnost mimořádně závažné.

9.3.5 Otevřené otázky

Problematika spolehlivosti interakce v homogenních a v heterogenních systémech je velmi široká a komplexní. V této zprávě jsou ukázány některé výchozí přístupy k ní. Ty bude pak účelné v další práci na projektu č. S 1124002 „Analýza spolehlivosti rozsáhlých hybridních technických a biologických systémů“ Programu podpory cíleného výzkumu a vývoje AV ČR postupně prohlubovat. Zvláštní pozornost si v této souvislosti zřejmě zaslouží analýza možných omezení platících pro složitost realizovaných systémových funkcí u homogenních a u jednotlivých druhů heterogenních systémů a jejich posouzení co do dosažitelné funkční spolehlivosti. Za pozornost též bude pravděpodobně stát možnost zvýšení celkové spolehlivosti systémů implantováním mechanismů pro v průběhu funkce proveditelné korekce některých systémových parametrů na bázi predikční diagnostiky u vybraných dílčích funkčních bloků uvažovaného systému.

10. INFRASTRUKTURA PROSTŘEDÍ (SYSTÉMU)

S pojmem infrastruktury se setkáváme vždy, kde je cílem (smyslem) identifikace objektu, funkcí na objektu, souboru objektů a jejich možné koexistence, spolupráce, a to ať na úrovni projektu takových objektů nebo analýzy efektů (výsledků procesů) takových objektů. Jde tedy o významný pojem, jehož existence a znalost jeho objektivními předpoklady.

Pokusme se pojem infrastruktury zavést přesněji, popř. pomocí metodik jej i přesněji definovat:

- infrastrukturou rozumíme vnější podmínky existence nebo procesů v prostředí definovaném jako heterogenní nebo multijazykové prostředí:
- existence nebo procesy prostředí jsou definovány jako funkce identifikovatelné na systému (funkce cílového chování nebo funkce zachování druhu - viz. úlohy s genetickým kódem systému)
- vnější podmínky jsou definovány jako pravidla stanovující obory argumentů funkcí procesů. Jsou jimi např. média, nosiče argumentů, normy, standardy, apod. Důsledkem vnějších podmínek je objektivní skutečnost, že funkce reprezentující procesy v prostředí nejsou nezávislou formou, ale jsou podmíněny pravidly, ovlivňujícími výsledky, efekty, výkony procesů (např. přeložitelnosti v MJP, homogenizace heterogenních dílčích postupů)
- pravidla jsou odvozena ze schopností (výkonnosti) nosičů podmínek (reprezentace vnějších podmínek)
- vnější podmínky existují nezávisle na prostředí analyzovaných procesů a jsou shrnutelné do tříd podmínek sociálních, právních, organizačních, technických (s možností dalšího zpřesnění struktur tříd)
- schopnosti nosičů jsou identifikovány jménem nosiče a přiřazenými atributy kapacity (výkonnosti), prostoru působnosti, spolehlivosti, životnosti
- identifikace nosičů je identifikací infrastruktury prezentovanou hodnotami, jejichž nabývají jména nosičů a atributy jejich schopnosti. Identifikující výrazy jsou jazykovými konstrukty (parametry) a jejich hodnoty (sémantika) jsou dále nedělitelným zobrazením infrastruktury
- hodnoty parametru nosičů infrastruktury jsou hodnotami infrastruktury.

Tato definice infrastruktury, konstatovaná podle metodiky BNF, je inženýrsky zvládnutelná, tj. konstruovatelná, analyzovatelná a ovladatelná

Stanovení hodnot parametrů nosičů infrastruktury je závislá na výběru nosičů, znalosti pravidel, měřitelnosti schopností a strategických záměrů analyzovatelného prostředí, volícího vnější podmínky. Využití těchto doplňujících složek infrastruktury je pragmatické, účelově orientované. Využijeme-li slovníku technik jazyka programování, pak hodnoty infrastruktury jsou importovanými hodnotami do procesů homogenizace heterogenních prostředí, resp. importovanými hodnotami do úloh přeložitelnosti v multijazykovém prostředí. Jako importované hodnoty argumentů funkcí homogenizace, přeložitelnosti, komunikace ovlivňují výsledky, výkony, hodnoty těchto procesů.

Tato definice infrastruktury nám umožní představit i prostor infrastruktury prostředí, přesněji prostor importu hodnot infrastruktury do procesů prostředí. Ilustrujme takový prostor formou tabulky (Tabulka 9).

úroveň importu infrastruktury (strategie) procesy prostředí (importující prostředí)	prostředí	pravidla	nosič	parametry	Hodnoty
homogenizace	1	2	3	4	5
přeložitelnost	6	7	6	9	10
komunikace	11	12	13	14	15

Tabulka 9

Tabulka nás informuje o 15 možných verzích, v nichž infrastruktura ovlivňuje výsledky (výkony) různorodých prostředí. Těchto 15 možných situací musí respektovat i soubor prostředků (metod a technik) zajišťujících, aby působení infrastruktury nevedlo ke konfliktu, k chaosu, k nepřijatelným výsledkům, výkonům. Tyto úlohy a jejich řešení přeneseme na úlohy homogenizace, resp. v obecném tvaru vzájemné přeložitelnosti v multijazykovém prostředí. Míra pokrytí tabulky je závislá na úrovni poznání nebo na úrovni strategie (záměru či možností strategie).

Předložme na tomto místě alespoň základní formu algoritmického řešení vlivu vnějších podmínek infrastruktury na procesy homogenizace, resp. přeložitelnosti v multijazykovém prostředí.

Pro tuto formu využijeme formu obecné logické funkce

If A (and – or B), then X else non X (and – or Y) or „feedback“ or only Y

kde **A,B** jsou různé úrovně importu (složky definice infrastruktury a jejich hodnoty)

X jsou funkce homogenizace (přeložitelnosti) komunikace a parametry, resp. hodnoty parametrů výkonu procesů homogenizace (přeložitelnosti), komunikace

Y nečekaný (nežádoucí) výkon

feed-back je „zpožděný“ výkon diagnostiky.

Vlastní realizace tohoto základního logického algoritmu využije standardních postupů inženýrské informatiky nad soubory a adresáři funkcí.

11. ZÁVĚRY

Díličí výzkumná zpráva k řešení úkolu zabývajícího se spolehlivostí hybridního systému dosáhla těchto výsledků:

- byl formován pokus o definitorickou charakteristiku hybridního systému na základě identifikace jazykových konstruktů zobrazujících různá prostředí, v němž je formován hybridní systém, a na základě výsledků teorie rozvíjející definici systému. Pak je hybridní systém definován homogenizací druhových charakteristik (genetických kódů) dílčích systémů s jedinou definicí identity hybridního systému
- byl vytvořen metodický rámec postupů jimiž lze dosáhnout homogenizace (identity) heterogenních systémů (systémů s různou druhovou charakteristikou). Znakem takových postupů je jejich algoritmizovatelnost
- s využitím teorie „mlhavých“ (fuzzy) množin byl vytvořen metodický základ pro určení nejistoty výsledků konstruovatelného hybridního systému. Východiskem je nástin klasifikace množin, do nichž lze přiřadit prvky hybridního systému jak s neurčitostí, tak s respektováním různých tříd objektů
- využití základních definic o spolehlivosti a o „spolehlivé“ životnosti částí v celku je navržen metodický rámec východisek hledání spolehlivé životnosti aktuálních hybridních systémů
- je konstatována obecná existence omezujících vnějších podmínek pro konstrukci a funkce hybridních systémů ve formě základní identifikace infrastruktury, v níž může být hybridní systém konstruován a v níž může realizovat předpokládané funkce

Na tento stav prací bude navazovat podrobnější algoritmizace dosažených výsledků a vymezení aplikačních možností.

Výsledky prací za první etapu jsou obsaženy v interní výzkumné zprávě jak v tištěné podobě, tak elektronické formě, dále byly parciálně publikovány v příspěvcích na konferencích:

- [11] Votruba Z., Moos P., Vlček J.: Information Power, I&IT Konference, Banská Bystrica, září 1999. Univerzita Mateja Béla
- [10] Votruba Z., Novák M.: System Theory Approach to the Hybrid System Lifetime Analysis and Prediction. CCSC'99 Multiconference, Athény 1999
- [29] Vlček J.: The system-theory results in environmental problems, 4th international conference on environmental impact assessment, Praha 2000

Pokračování prací v druhé etapě v roce 2001.

Zaměření prací v druhé etapě předpokládá prohloubení zavedených základních konceptů, pojmů a definic algoritmickým vybavením, a to v dostupné, převážně experimentální úrovni z důvodů rozsáhlosti úloh (tzv. prokletí dimenze systémových úloh) aplikačními příklady, ilustrujícími praktickou využitelnost získaných teoretických výsledků.

Současně se předpokládá rozšíření řešitelů o dva až tři účastníky doktorandského studia, příp. „nové“ doktory.

Literatura:

- [1] Vlček J.: Systémové inženýrství, vyd. ČVUT Praha 1999
- [2] Vlček J.: Doprava: vědně-metodologická východiska, Sborník kolokvia: Doprava, předmět vědeckého zkoumání, Praha 26. - 28. září 1996
- [3] Vlček J.: Nástín systémové teorie dopravy Konference ČVUT, FD 1999
- [4] Stonier T.: Information and the Internal Structure of the Universe, Springer 1990
- [5] Brandejský T., Moos P., Novák M., Vlček J., Votruba Z.: Soubor prací z Vlčkova semináře 1997-1999 (nepublikováno)
- [6] Klir G.J.: Facets of System Sciences, Plenum New York 1991.
- [7] Heidegger M.: Sein und Zeit Halle 1927.
- [8] Brillouin. L.: Science and Information Theory . Academic Press, New York 1956
- [9] Deutsch D.: The Fabric of Reality, Allen Lane Penguin Press N. York 1997
- [10] Votruba Z., Novák M.: System Theory Approach to the Hybrid System Lifetime Analysis and Prediction, CCSC'99 Multikonference, Athény 1999
- [11] Moos P. Vlček J. Votruba Z.: Information Power, Konference I&IT, Banská Bystrica Univerzita Mateja Béla, září 1999
- [12] Prigogine I., Stengers I.: Order out of Chaos, Bantam Books, Toronto, 1984.
- [13] Brandejský T., Moos P., Novák M., Vlček J., Votruba Z.: Soubor prací ze semináře teoretických základů informatiky 1997-1999 (v tisku)
- [14] Novák M.: Teorie tolerancí soustav, Academia Praha, 1987
- [15] Votruba Z. Moos P.: Information Power, Sborník konference CE&I v Herl'anech, říjen 1999.
- [16] Votruba Z.: Abecedy reality, příspěvek Vlčkova semináře, 30.12.1999 – 30.1.2000.
- [17] Votruba Z.: Gramatiky reality, pokračování, příspěvek Vlčkova semináře, 17.3. 2000.
- [18] Vlček J.: Objekt – automat – jazyk, příspěvek Vlčkova semináře, únor 2000
- [19] Vlček J.: Multijazykové prostředí, pokračování, příspěvek Vlčkova semináře, březen 2000,
- [20] Brandejský T.: Neurčité neurčitosti, příspěvek Vlčkova semináře, březen 2000,
- [21] Votruba Z.: Homogenizace heterogenního celku, habilitační přednáška, 31.3.2000.
- [22] Mac Donald S., Grebogi C., Ott E., Yorke J.A.: Fractal basin boundaries, Physica 17D, 1985, 125-183
- [23] Yorke J.A.: Nonlinear Dynamics and Chaos, J. Wiley, Chichester, 1986

- [24] semináře „ Teorie informatiky“, vedené Prof. Ing. Dr. J. Vlčkem, DrSc, ČVUT Praha, FD, 1999 až 2000
- [25] Votruba Z.: podkladové materiály k semináři „Teorie informatiky“, ČVUT FD ,15.3.1999
- [26] Brandejský T.: podkladové materiály k semináři „Teorie informatiky“, ČVUT FD, 30.3.1999
- [27] Novák M.: Spolehlivost informačních procesů, výzkumná zpráva LSS FD ČVUT č. LSS 69/66, Praha, 1999
- [28] Novák M.: Integrované funkční bloky, SNTL, Praha, 1977
- [29] Vlček J.:The system-theory results in environmental problems, 4th international conference on environmental impact assessment, Praha 2000
- [30] M. Mareš: Jistota nejistoty, Vesmír, vol. 75, No. 7, pp. 369-372, Praha, 1996