

Soudobá lidská činnost téměř ve všech oblastech je už jen stěží představitelná bez široké technické podpory v podobě různých systémů a zařízení. Přes technické a technologické trendy ve vývoji těchto systémů, jsou mnohé z nich určeny pro dlouhodobější používání. Ty také mají větší či menší nároky na údržbu za účelem zachování funkčnosti. Tady má své pevné místo diagnostika.

Diagnostika je v obecném pojetí nauka o určování, resp. rozpoznávání stavů objektu. Pojem diagnostika je odvozen z řeckého slova „diagnosis“, které znamená určování či rozpoznávání.

Další základní pojmy

Základní pojmy vycházejí z ČSN 01 01 02 „Názvosloví spolehlivosti v technice“ a z normy „Názvosloví technické diagnostiky“ (vydané Domem techniky ČVTS Praha, září 1976).

Výrobek – předmět (prvek nebo soustava) určený k plnění předepsaných funkcí.

Prvek – samostatně uvažovaná část výrobku.

Soustava (systém) – souhrn několika prvků určený k plnění předepsaných funkcí.

Objekt, zařízení – výrobek, který je předmětem technické diagnostiky.

Parametr – veličina, která udává fyzikální, ekonomickou nebo provozní vlastnost.

Porucha – jev spočívající v ukončení schopnosti výrobku plnit požadovanou funkci.

Závada – stav výrobku, zjištěný obsluhujícím personálem a vyžadující údržbu nebo kontrolu. Nezabraňuje předurčené funkci výrobku ani ji neomezuje, avšak nezaručuje spolehlivý bezporuchový provoz na delší časové období.

Vada – odchylka vlastností výrobku od požadavku stanoveného technickou dokumentací, která však nemá vliv na schopnost výrobku vykonávat požadovanou funkci.

Kontrola – obecný pojem charakterizující činnost (nebo souhrn činností) obsluhy zkoumaného objektu, zaměřenou na zjištění skutečné hodnoty charakteristických parametrů tohoto objektu a vyhodnocení zjištěných údajů srovnáním s požadavky, stanovenými příslušnými podmínkami.

Příznak (symptom) – pozorovatelná změna parametrů výrobku při jeho činnosti, zjistitelná smyslovými orgány bez použití zvláštních měřících metod.

Údržba – činnost konaná za účelem udržení výrobku v bezporuchovém a bezzávadovém stavu po dobu stanovenou technickými podmínkami.

Oprava – činnost prováděná po výskytu poruchy za účelem navrácení výrobku do bezporuchového stavu, spočívající ve vyhledání a odstranění poruchy.

V číslicových systémech rozlišujeme pojem *poruchy* a *chyby*.

Chyba – je nesouhlas mezi správnou a skutečnou hodnotou změřenou na výstupu. Chyba je důsledkem poruchy. Každá porucha nemusí vést ke vzniku chyby. Potom mluvíme o **podstatné poruše**, která způsobí chybu nebo nefunkčnost zařízení a **nepodstatné (latentní)**

poruše, která chybu ve sledovaném okamžiku nezpůsobí, ale může zvětšit pravděpodobnost vzniku následného poruchového stavu.

Pozn.: Název latentní porucha vychází ze skutečnosti, že porucha se může projevit až v okamžiku, kdy porouchaná součást zařízení má vykonat svou funkci. U číslicových systémů je zcela běžné, že některé konstrukční prvky jsou využívány pouze při realizaci určitých funkcí (např. instrukcí nebo tvaru dat) a tudíž se mohou projevit až během realizace této funkce.

Provozoschopný stav – stav, při kterém výrobek v daném okamžiku plní nebo je schopen plnit požadovanou funkci, tj. ve výrobku se nenachází porucha.

Pozn.: I tento stav může být bezzávadový nebo závadový!

Závadový stav – je stav, při němž se v kontrolovaném výrobku nachází závada.

Tyto dva stavy můžeme z hlediska funkčnosti zařízení považovat za mezní. Skutečný stav techniky nebo zařízení se proto bude reálně pohybovat mezi těmito dvěma režimy a bude ovlivňován tzv. charakterem poruchy.

Poruchy můžeme rozlišovat podle několika hledisek:

□ Času:

- a) náhlé – které vznikají v důsledku prudké změny (skokem) hodnot jednoho nebo několika parametrů výrobku a nemohou být předvídaný předchozí prohlídkou, zkouškou nebo měřením;
- b) postupné – které mohou být zjištěny nebo předvídaný předchozí prohlídkou, zkouškou nebo průběžným monitorováním stavu, protože vznikají v důsledku postupné změny hodnot jednoho nebo několika parametrů výrobku;
- c) občasné – které trvají po omezenou dobu. Po určité době výrobek opět dosáhne bezporuchového stavu bez vnějšího zásahu. Občasné poruchy se mohou opakovat.

□ Rozsahu:

- a) lokální – způsobené jedním prvkem;
- b) rozsáhlé – způsobené návaznou poruchou několika prvků vlivem např. přetížení nebo přepětí.

□ Druhu:

- a) elektrické,
- b) mechanické,
- c) softwarové.

Pro nás, jako uživatele (provozovatele) zařízení je nezbytné znát stav, ve kterém se daný technické zařízení nachází. Zjišťováním stavu technických zařízení se zabývají tři disciplíny:

- technická genetika,
- technická diagnostika,
- technická prognostika.

Technická genetika (z řeckého „*genezis*“ – vznik, tvoření) se používá při rozpoznávání havárií a jejich příčin, kdy se současný stav liší od původního technického stavu objektu před havárií. Úkolem technické genetiky je proto určení možných a pravděpodobných příčin, které vedly k současnému stavu vyšetřovaného objektu. (např. letecké havárie).

Technická diagnostika (z řeckého „*diagnosis*“ – rozpoznání, určení) se zabývá současným stavem technického objektu. Bývá definována jako souhrn teorií, metod a prostředků, určených pro organizaci racionálních postupů a prověrek technického stavu složitých objektů.

Technická prognostika (z řeckého „*prognosis*“ – předvídání) se zabývá úlohou určení doby bezporuchové činnosti prověřovaného objektu a stanovením optimální periody preventivní technické péče. V podstatě řeší úlohu možného nebo pravděpodobného vývoje prověřovaného objektu od jeho současného technického stavu (výsledkem je určení tzv. slabého článku řetězce závislostí).

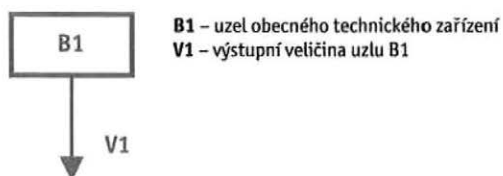
Právě touto problematikou se budeme zabývat blíže a ukážeme si možnost aplikovat teorii fuzzy množin v technické prognostice. K tomu ale musíme znát současný technický stav zařízení. O něm nám velmi kvalitní informace podají hodnoty výstupních veličin jednotlivých prvků celého systému. Abychom je mohli měřit a hodnotit, potřebujeme znát architekturu zkoumaného zařízení nebo systému. Ta bude definována:

- počtem a typy jednotlivých uzlů (bloků),
- vazbami mezi jednotlivými uzly

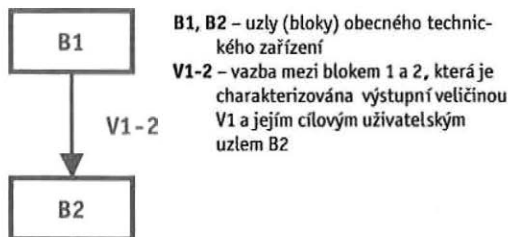
Proto budeme v dalším hovořit o tzv. závislostním diagramu nebo taky řetězci závislostí.

Každý systém se dá popsat několika způsoby. U technických zařízení je jeden z možných popisů pomocí tzv. elementárního uzlu (bloku) a jeho výstupní veličiny.

Pozn.: hodnotíme-li bezporuchovost bloku, musíme posuzovat jeho výstupní veličinu, protože ta je jedním z nejkvalitnějších ukazatelů technického stavu daného zařízení.



Obr. 1: Elementární uzel charakterizovaný výstupní veličinou



Obr. 2: Jednoduché zařízení se znázorněním závislostní vazby

Na obr. 1 vidíme příklad elementárního uzlu B1 s jeho charakteristickou výstupní veličinou V1.

Na obr. 2 už máme blokové schéma jednoduchého zařízení, které nám z diagnostického hlediska postačí k vysvětlení a pochopení pojmů závislost jednoho uzlu na předcházejícím. Dále zde zavádíme pojem vazba s označením, které využívá označení výstupního signálu daného uzlu – navíc s určením cílového uzlu, např. V1-2.

Takovýmto způsobem jsme schopni zkonstruovat závislostní diagram jakéhokoliv zařízení a vyšetřovat stav jednotlivých uzlů pomocí jejich výstupních signálů.

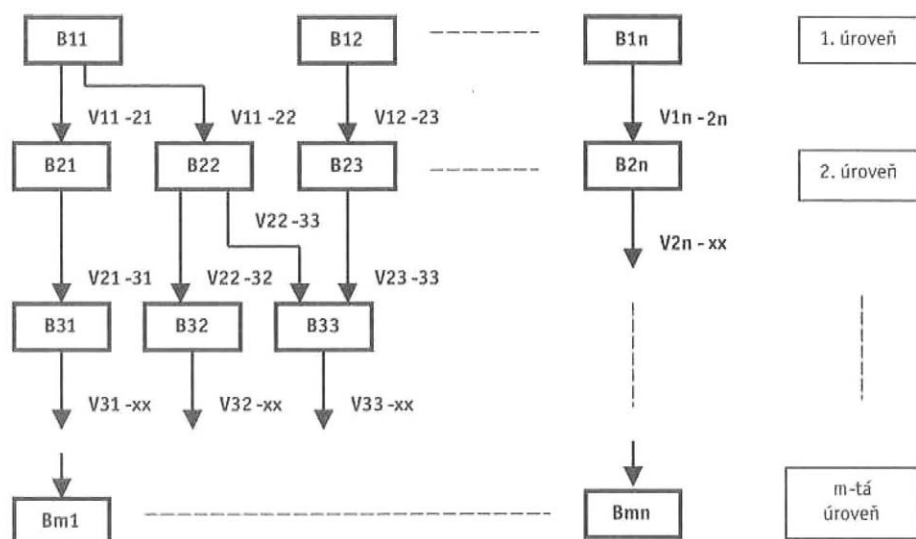
Obecně můžeme tvrdit, že je-li vstup do bloku B2 správný a uzel se prezen-

tuje vadnou výstupní veličinou V2, je vadný blok B2. Může však nastat i taková situace, kdy je výstupní veličina správná, ovšem na vstup návazného uzlu se dostává s chybou – závada je v přenosové trase (kabeláž, špatné přenosové podmínky, atd.)

Na obr. 3 vidíme obecný popis závislosti v zařízení. Vazby mezi jednotlivými uzly jsou jednoznačně definované a nemusí mít jen směr „dolů“. Díky tomuto jednoznačnému popisu jsme schopni pro dané zařízení vytvářet databáze uzlů a jejich vzájemných vazeb.

Pak už je jen otázkou diagnostického programu a naměřených hodnot, který uzel je vadný v případě poruchy, nebo které části zařízení nebudou fungovat, jestliže vyvoláme poruchu v určitém uzlu.

Takovéto zařízení je volně rozšiřitelné a doplnitelné o libovolný uzel samozřejmě s vazbou. Vazba je v obecném modelu definována jako určitá hodnota výstupní veličiny, která slouží jako vstupní signál dalšího – závislého uzlu.



Obr. 3: Závislostní diagram obecného zařízení

Můžeme samozřejmě polemizovat o tom, jakou může mít hodnotu. Je to přesně stanovená logická hodnota (0;1), nebo nominální hodnota s možným intervalem tolerance ($10 \pm 5\%$), nebo dokonce těžko dopředu stanovitelný průběh s neznámou amplitudou či jinými parametry? Možností je několik a závisí na konkrétním typu a účelu daného uzlu. Nás však bude z hlediska technické prognostiky nejvíce zajímat otázka, zda naměřená hodnota výstupní veličiny vyhovuje kritériu bezporuchového provozu uzlu, nebo bude přispívat k možnému vzniku poruchy u dále závislých uzlů, a když ano tak jakou měrou. K tomuto posuzování je možno použít tzv. matematický aparát fuzzy množin, už úspěšně aplikovaný v některých jiných rozhodovacích úlohách, které je nutno řešit za podmínek zatížených neurčitostí.

Demonstrační příklad:

Předpokládáme existenci technického zařízení, které se skládá z třech základních bloků tzv. 1. úrovně. V rámci preventivní diagnostické prohlídky máme za úkol přijmout účelné rozhodnutí z následně uvedených :

- provést opravu (výměnu) bloku [1],
- ponechat blok ve stávajícím stavu.

Na každém z bloků 1. úrovně je provedeno měření v souladu s diagnostickým postupem a toto měření je porovnáno s požadovaným stavem.

Postup přijetí rozhodnutí:

1. Měření

K objasnění pojmů a symbolů v tabulce:

Fuzzy hodnocení $F(H)$, $F(HR)$, $F(D)$ jsou v souladu s teorií fuzzy množin bezrozměrná. Mohou nabývat hodnot v intervalu $(0,1)$ a vyjadřují subjektivní míru přesvědčení experta na posuzovanou skutečnost.

Čím více se hodnocení blíží hodnotě 1, tím větší míra přesvědčení experta.

$F(H)$ [/] vyjadřuje míru přesvědčení technika o tom, že hodnocený blok 1. úrovně (dále jen blok) odpovídá na základě provedeného měření požadavku na bezporuchový a bezzávadový provoz. Hodnota míry pře-

svědčení je dána tzv. funkcí příslušnosti, která vyjadřuje subjektivní hodnocení technika a odráží v sobě jednak požadavek na zařízení, jednak zkušenost experta. Níže je uveden postup stanovení hodnoty $F(H)$ pro všechna měření v tabulce.

$F(HR)$ [/] vyjadřuje míru přesvědčení technika o tom, že hodnocený blok 1. úrovně (dále jen blok) neodpovídá na základě provedeného měření požadavku na bezporuchový a bezzávadový provoz. Vlastní hodnocení je subjektivním vyjádřením hrozby, že na bloku může nastat závada. Hodnota míry přesvědčení je dána následujícím vztahem:

$$F(HR) = 1 - F(H) \quad [1] \quad (1)$$

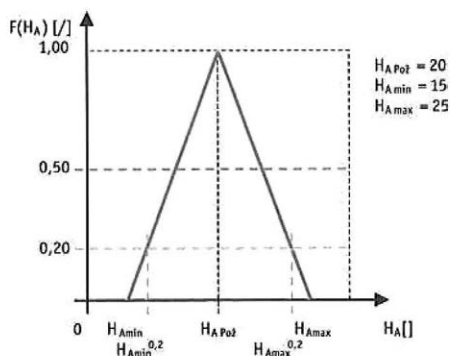
$F(D)$ [/] vyjadřuje důležitost bloku v celém systému hodnoceného zařízení. Stanovení $F(D)$ se může odvíjet s ohledem na posuzované zařízení od celé řady vstupních informací, např.:

- statistické sledování – jsou bloky poruchové více a bloky poruchové méně. Tato skutečnost je dána tzv. křivkou závad, použitou technologií výroby bloku a ostatními vlivy na provoz; hodnota $F(D)$ potom může vyjadřovat subjektivní předpoklad o tom, že v náročných podmínkách existuje reálný předpoklad vzniku závady na základě statistického sledování poruchovosti;

Tabulka naměřených hodnot a základních fuzzy hodnocení před opravou [2]		Blok 1. úrovně		
		A	B	C
Požadovaná hodnota [3]		20	2	0,5
Rozměr měřené hodnoty		[4]	[V]	[5]
Skutečně naměřená hodnota		16	90	0,5
Fuzzy hodnocení	$F(H)$ [/]	0,2	0,5	0,8
	$F(HR)$ [/]	0,8	0,5	0,2
	$F(D)$ [/]	0,5	0,7	0,4

Tab. 1: Tabulka naměřených hodnot bloků 1. úrovně a základních fuzzy hodnocení před opravou

- význam bloku – jsou bloky jejichž případné špatné hodnocení vadí více nebo méně. Obecně můžeme říct, že některé bloky jsou natolik důležité (nosné) pro činnost celého zařízení, že jejich byť provozuschopný, ale závadový stav znamená nefunkčnost celého zařízení; hodnota $F(D)$ potom může vyjadřovat subjektivní míru přesvědčení o tom, že případná ztráta funkčnosti bloku ochromí činnost celého systému výrazně, např. vzhledem k nemožnosti rychlé opravy, nedostatku náhradních dílů apod. Čím vyšší hodnota $F(D)$, tím horší možnost pro realizaci opravy.



Obr. 4: Průběh $F(H)$ pro blok A

Pro účely demonstračního příkladu jsou hodnoty $F(H_A)$ dány výše znázorněnou funkcí příslušnosti „zvonovitého tvaru“. Hodnota $H_A = 20$ vyjadřuje očekávaný výsledek měření, kterému odpovídá maximální míra přesvědčení technika – $F(H_A) = 1$, o tom, že blok nevyžaduje žádnou opravu, je zcela bez závad a nepředpokládáme u něj hrozbu vzniku závady v následujícím období. Hodnoty H_{Amin} a H_{Amax} jsou hodnotami mezními. Mohou být stanoveny odbornými předpisy jako hodnoty, při jejichž zjištění je nutno provést opravu bloku, případně některé z jeho částí. Těmto hodnotám odpovídá, v souladu s výše

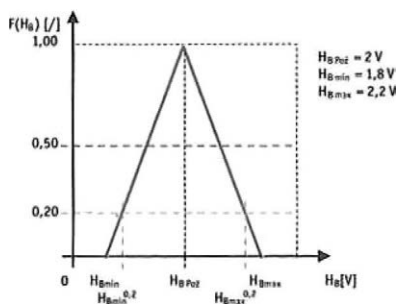
zobrazenou funkcí, nulová míra přesvědčení o tom, že blok nevyžaduje žádnou opravu, je zcela bez závad a nepředpokládáme u něj hrozbu vzniku závady v následujícím období. To, že do měření a hodnocení měření zavádíme subjektivní přístup není na škodu věci. Funkce příslušnosti vychází z odborných norem a předpisů. Odpovídá však na otázku jak hodnotit blok, který sice nevykazuje požadovanou hodnotu H_{Apoz} , avšak ještě neustále splňuje normu – sice s menší mírou přesvědčení o tom, že nevzniká nebezpečí hrozby závady, avšak ještě pořád v akceptovatelném rozsahu. Projevem subjektivity hodnotícího technika může být i stanovení požadované míry přesvědčení $F(H_A)$, např. 0,2; 0,4 apod., která zpřísní podmínky pro měření s cíle preventivně předejít závadě na bloku, který sice odpovídá technické normě, ale vykazuje tak nízkou hodnotu $F(H_A)$, že raději provedeme opravu ihned s cílem zabezpečit odpovídající funkčnost v nastávajícím období. Pro takový závěr máme plné oprávnění s ohledem na předpokládané či plánované vysoké zatížení v bojové činnosti, kdy výpadek bloku může přinést podstatně větší ztráty, včetně ztrát na životech vojáků.

Pomocí výše uvedené funkce tedy neodpovídáme pouze na otázku v normě – ano či ne, nýbrž i na otázku jak a s jakou mírou přesvědčení o bezzávadovém a bezporuchovém provozu.

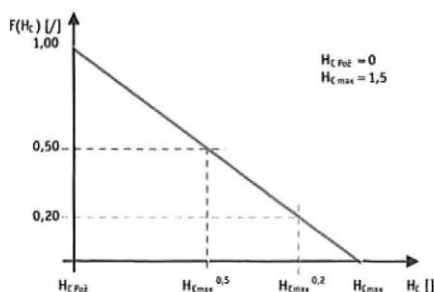
Obdobně lze objasnit i postup stanovení hodnot $F(H)$ pro bloky B a C. Možné průběhy funkcí příslušnosti pro účel demonstračního příkladu jsou uvedeny níže.

2. Stanovení hodnot $F(H)$ pro jednotlivé bloky A, B, C

Všem dále uvedeným funkcím příslušnosti odpovídají následující vztahy pro výpočet hodnot $F(H_A)$, $F(H_B)$, $F(H_C)$.



Obr. 5: Průběh $F(H)$ pro blok B



Obr. 6: Průběh $F(H)$ pro blok C

$$F(H_A) = \begin{cases} 0 & \text{pro } H_A \leq H_{Amin}; \\ \frac{1}{5}(H_A - 15) & \text{pro } H_{Amin} < H_A \leq H_{APo\dot{z}}; \\ 1 - \frac{1}{5}(H_A - 20) & \text{pro } H_{APo\dot{z}} \leq H_A < H_{Amax}; \\ 0 & \text{pro } H_A \geq H_{Amax} \end{cases}, \quad (2)$$

Výpočet H_{Amin} a H_{Amax} pro předem stanovený požadavek $F(H_A)_{Po\dot{z}}$ vychází z vztahu 2 a je následující:

$$\begin{aligned} H_{Amin} &= 5 \cdot F(H_A)_{Po\dot{z}} + 15 \\ H_{Amax} &= 5 \cdot [5 - F(H_A)_{Po\dot{z}}] \end{aligned} \quad (3)$$

$$F(H_B) = \begin{cases} 0 & \text{pro } H_B \leq H_{Bmin}; \\ \frac{1}{0,2}(H_B - 1,8) & \text{pro } H_{Bmin} < H_B \leq H_{B Po\dot{z}}; \\ 1 - \frac{1}{0,2}(H_B - 2) & \text{pro } H_{B Po\dot{z}} \leq H_B < H_{Bmax}; \\ 0 & \text{pro } H_B \geq H_{Bmax} \end{cases}, \quad (4)$$

Výpočet H_{Bmin} a H_{Bmax} pro předem stanovený požadavek $F(H_B)_{Po\dot{z}}$ vychází z vztahu 4 a je následující:

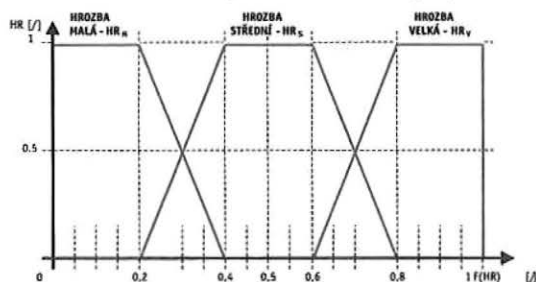
$$\begin{aligned} H_{Bmin} &= 0,2 \cdot F(H_B)_{Po\dot{z}} + 1,8 & [V] \\ H_{Bmax} &= 0,2 \cdot [1 - F(H_B)_{Po\dot{z}}] + 2 & [V] \end{aligned} \quad (5)$$

$$F(H_C) = \begin{cases} 1 - \frac{1}{1,5} \cdot H_C & \text{pro } H_{C Po\dot{z}} \leq H_C < H_{Cmax}; \\ 0 & \text{pro } H_C \geq H_{Cmax} \end{cases}, \quad (6)$$

Výpočet H_{Cmax} pro předem stanovený požadavek $F(H_C)_{Po\dot{z}}$ vychází z vztahu 6 a je následující:

$$H_{Cmax} = 1,5 \cdot [1 - F(H_C)_{Po\dot{z}}] \quad (7)$$

3. Stanovení hrozeb vzniku závady v závislosti na $F(HR)$

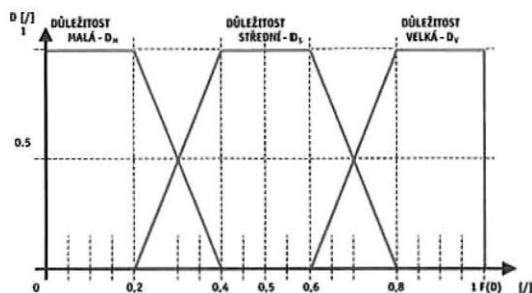


$$HR_M = \begin{cases} 1 & \text{pro } F(HR) < 0,2 \\ \frac{0,2 - F(HR)}{0,4 - 0,2} & \text{pro } 0,2 \leq F(HR) \leq 0,4 \\ 0 & \text{pro } F(HR) > 0,4 \end{cases} \quad (8)$$

$$HR_S = \begin{cases} 0 & \text{pro } F(HR) < 0,2 \\ \frac{F(HR) - 0,2}{0,4 - 0,2} & \text{pro } 0,2 \leq F(HR) \leq 0,4 \\ 1 & \text{pro } 0,4 < F(HR) < 0,6 \\ \frac{0,8 - F(HR)}{0,8 - 0,6} & \text{pro } 0,6 \leq F(HR) \leq 0,8 \\ 0 & \text{pro } F(HR) > 0,8 \end{cases} \quad (9)$$

$$HR_V = \begin{cases} 0 & \text{pro } F(HR) < 0,6 \\ \frac{F(HR) - 0,6}{0,8 - 0,6} & \text{pro } 0,6 \leq F(HR) \leq 0,8 \\ 1 & \text{pro } F(HR) > 0,8 \end{cases} \quad (10)$$

4. Stanovení důležitosti bloků v závislosti na $F(D)$



$$D_M = \begin{cases} 1 & \text{pro } F(D) < 0,2 \\ \frac{0,2 - F(D)}{0,4 - 0,2} & \text{pro } 0,2 \leq F(D) \leq 0,4 \\ 0 & \text{pro } F(D) > 0,4 \end{cases} \quad (11)$$

$$D_s = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & \text{pro } F(D) < 0,2 \\ \frac{F(D)-0,2}{0,4-0,2} & \text{pro } 0,2 \leq F(D) \leq 0,4 \\ 1 & \text{pro } 0,4 < F(D) < 0,6 \\ \frac{0,8-F(D)}{0,8-0,6} & \text{pro } 0,6 \leq F(D) \leq 0,8 \\ 0 & \text{pro } F(D) > 0,8 \end{array} \right\} \quad (12)$$

$$D_v = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & \text{pro } F(D) < 0,6 \\ \frac{F(D)-0,6}{0,8-0,6} & \text{pro } 0,6 \leq F(D) \leq 0,8 \\ 1 & \text{pro } F(D) > 0,8 \end{array} \right\} \quad (13)$$

5. Stanovení rizika „R“ poruchového provozu před opravou

Blok	HR	malá	střední	velká	Pro stanovení rizika „R“ má vliv
	D	M	S	V	
1	HR ₁	0	0	1	HR _{v1}
	D ₁	0	1	0	D _{s1}
2	HR ₂	0	1	0	HR _{s2}
	D ₂	0	0,5	0,5	D _{s2} , D _{v2}
3	HR ₃	1	0	0	HR _{M3}
	D ₃	0	1	0	D _{s3}

Tab. 2: Posouzení hrozeb závady a důležitosti bloků pro určení rizik

Inferenční pravidlo pro stanovení rizika poruchového provozu Blok 1 – před opravou		Slovní hodnocení možné hrozby vzniku závady		
		HR _M	HR _S	HR _V
Slovní hodnocení důležitosti hodnoceného bloku (funkční skupiny)	D _M	R _{VM}	R _M	R _S
	D _S	R _M	R _S	R _V
	D _V	R _S	R _V	R _{VV}

Tab. 3: Inferenční pravidlo pro stanovení rizika poruchového provozu bloku 1

$$R_{v1} = f[HR_{v1}; D_{s1}] = \max[0; (HR_{v1} + D_{s1} - 1)] = \max[0; 1] = 1$$

Inferenční pravidlo pro stanovení rizika poruchového provozu Blok 2 – před opravou		Slovní hodnocení možné hrozby vzniku závady		
		HR _M	HR _S	HR _V
Slovní hodnocení důležitosti hodnoceného bloku (funkční skupiny)	D _M	R _{VM}	R _M	R _S
	D _S	R _M	R _S	R _V
	D _V	R _S	R _V	R _{VV}

Tab. 4: Inferenční pravidlo pro stanovení rizika poruchového provozu bloku 2

$$R_{S2} = f[HR_{S2}; D_{S2}] = \max[0; (HR_{S2} + D_{S2} - 1)] = \max[0; 0,5] = 0,5$$

$$R_{V2} = f[HR_{S2}; D_{V2}] = \max[0; (HR_{S2} + D_{V2} - 1)] = \max[0; 0,5] = 0,5$$

Inferenční pravidlo pro stanovení rizika poruchového provozu Blok 3 – před opravou		Slovní hodnocení možné hrozby vzniku závady		
		HR _M	HR _S	HR _V
Slovní hodnocení důležitosti hodnoceného bloku (funkční skupiny)	D _M	R _{VM}	R _M	R _S
	D _S	R _M	R _S	R _V
	D _V	R _S	R _V	R _{VV}

Tab. 5: Inferenční pravidlo pro stanovení rizika poruchového provozu bloku 3

$$R_{M3} = f[HR_{M3}; D_{S3}] = \max[0; (HR_{M3} + D_{S3} - 1)] = \max[0; 1] = 1$$

6. Rozbor dosažených výsledků, závěry pro rozhodnutí:

Předpoklady:

- velmi vysoké riziko havárie u žádného bloku;
- vysoké riziko havárie u bloku 1 $R_{V1} = 1$;
- u bloku 2 $R_{V2} = 0,5$;
- střední riziko havárie u bloku 2 $R_{S2} = 0,5$;
- malé riziko havárie u bloku 3 $R_{M3} = 1$;
- velmi malé riziko havárie u žádného bloku.

Porovnáním předpokládaných rizik docházíme k závěru, že v zájmu zajištění vysoké spolehlivosti diagnostikovaného zařízení je účelné hovořit o výměně bloku 1, u kterého předpokládáme s vysokou mírou přesvědčení, $R_{V1} = 1$, vysoké riziko vzniku havárie. U druhého bloku jsme o vysokém riziku vzniku havárie přesvědčení v podstatně menší míře. Jsme na rozpacích jak vlastně riziko havárie hodnotit, zda-li jako střední či vysoké a vzhledem k hodnotám $R_{V2} = 0,5$ a $R_{S2} = 0,5$ se pohybujeme na hranici hodnocení mezi vysokým a středním rizikem. V každém případě předpokládáme lepší stav než u bloku prvního a výsledkem bude rozhodnutí, zatím výměnu bloku nerealizovat. U třetího bloku je situace ještě jasnější neboť s mírou přesvědčení $R_{M3} = 1$ usuzujeme na malé riziko vzniku havárie a blok ponecháme v původním stavu. Celý postup výpočtu je možno samozřejmě opakovat znovu po provedené opravě s cílem posoudit efekt či zisk realizovaného rozhodnutí.

Tabulka naměřených hodnot a základních fuzzy hodnocení po opravě		Blok 1. úrovně		
		A	B	C
Požadovaná hodnota		20	2	0,5
Rozměr měřené hodnoty		[]	[V]	[]
Skutečně naměřená hodnota		20	90	0,5
Fuzzy hodnocení	F(H) [/]	1,0	0,5	0,8
	F(HR) [/]	0,0	0,5	0,2
	F(D) [/]	0,5	0,7	0,4

Tab. 6: Tabulka naměřených hodnot bloků 1. úrovně a základních fuzzy hodnocení po opravě

Hodnocení hrozeb a důležitostí bloku 1 po opravě:

$$\begin{array}{lll} HR_{M1} = 1 & HR_{S1} = 0 & HR_{V1} = 0 \\ D_{M1} = 0 & D_{S1} = 1 & D_{V1} = 1 \end{array}$$

Inferenční pravidlo pro stanovení rizika poruchového provozu Blok 1– po opravě		Slovní hodnocení možné hrozby vzniku závady		
		HR_H	HR_S	HR_V
Slovní hodnocení důležitosti hodnoceného bloku (funkční skupiny)	D_H	R_{HH}	R_{HS}	R_{HV}
	D_S	R_{SH}	R_{SS}	R_{SV}
	D_V	R_{VH}	R_{VS}	R_{VV}

Tab. 7: Inferenční pravidlo pro stanovení rizika poruchového provozu bloku 1 po opravě

$$R_{M1} = f[HR_{M1}; D_{S1}] = \max[0; (HR_{M1} + D_{S1} - 1)] = \max[0; 1] = 1$$

Výsledkem provedené opravy je vysoká míra přesvědčení o malém riziku vzniku závady u prvního bloku.

Poznámky k textu:

- [1] Článek vzhledem ke svému rozsahu neřeší rozhodovací proces o tom, zda-li je výhodné a účelné provést opravu či výměnu tam, kde oprava z nějakého důvodu není vhodná.
- [2] Jedná se o zjištění původního stavu, a proto před opravou resp. před přijetím rozhodnutí o opravě.
- [3] Očekávaná hodnota např. v souladu se státní normou nebo pravidly bezpečnosti a ochrany zdraví při práci aj.
- [4] Příklad je pouze demonstrační, jednotky neuvedeny, závisí na měřené veličině.
- [5] Příklad je pouze demonstrační, jednotky neuvedeny, závisí na měřené veličině.

Použité zdroje:

- PANEŠ, V., SATORIA, J., SPAZIER, J. *Provozní spolehlivost strojů I*. Brno: Vysoká škola zemědělská, 1984. Skripta, 146 s.
- ŠTĚPÁNEK, M., ŠEBESTA, M. Využití fuzzy množin v rámci managementu rizik. In *Sborník Vojenské akademie v Brně: Řada C-D: Aplikované sociální a ekonomické vědy*, 1999, č. 3, s. 97-110.
- ŠTĚPÁNEK, M., ŠEBESTA, M. Management rizik v oblasti zabezpečování jakosti dodávek do AČR. In *Sborník Vojenské akademie v Brně: Řada C-D: Aplikované sociální a ekonomické vědy*, 1999, č. 1, s. 29-38.
- ŠLOUF, V. Využití matematického aparátu fuzzy množin v protivzdušné obraně a v úloze rozdělení cílů. (Dizertační práce) Brno: Vojenská akademie, Fakulta letectva a PVO, 2002, 114 s. Vedoucí práce plk. doc. Ing. Karel Urbánek, CSc.
- DUFKOVÁ, A. *Vlastnosti operací s fuzzy čísly při vícekritériálním porovnání variant rozhodnutí*. (Studentská vědecká odborná práce) Brno: Vojenská akademie, Fakulta letectva a PVO, 2002, 44 s. Vedoucí práce mjr. Ing. Vlastimil Šlouf.
- FOJTÍKOVÁ, E. *Algoritmizace vyhledání závady u ASV K-1M*. (Ročníková práce) Brno: Vojenská akademie, Fakulta letectva a PVO, 2002, 44 s. Vedoucí práce mjr. Ing. Dalibor Zvonek.