

Pravděpodobnostní analýza spolehlivosti v systému člověk – stroj (2)

2. Pravděpodobnostní odhad lidské spolehlivosti

Vytváření pravděpodobnostních odhadů lidské spolehlivosti HRA je založeno na komplexním hodnocení lidského jednání. Činnosti člověka v systému MMS je nutno důsledně analyzovat a rozčlenit do vyhodnotitelných elementárních kroků. Souhrnně lze konstatovat že pravděpodobnostní odhad lidské spolehlivosti HRA má za cíl kvantitativně analyzovat lidská jednání, identifikovat možné lidské chyby, identifikovat slabá místa systému, vytvářet předpoklady pro vhodná pomocná opatření, zvýšit spolehlivost a pohotovost technického systému identifikací možných chyb člověka.

2.1 Pravděpodobnost lidského selhání

Součástí spolehlivostní analýzy PSA systému MMS je stanovení pravděpodobnosti chybného provedení úlohy, kterou koná lidský operátor HEP (Human Error Probability) [5]. Tento požadavek je obzvláště silný, když se jedná o úlohu, jejíž neprovedení má za následek ztrátu bezpečné funkce systému. Pro určení pravděpodobnosti chybného provedení úlohy HEP je nutno ve sledovaném systému MMS přesně definovat případy a stavy lidského selhání. Například při nasazení vozu první pomoci je cílem záchrana života pacienta. Lze definovat dva případy selhání: nehoda vozidla během jízdy nebo pozdní příjezd vozidla do cíle určení. Vzhledem k výrazným odlišnostem v chování neživého technického systému a lidského operátora jsou časté případy, že pro hodnocení úlohu, do které je zapojen člověk, je nedostatek prokazatelných údajů a vhodných chybových statistik. V tomto případě lze zjišťovat pravděpodobnost poruchy v podobě lidské chyby nebo omylu pomocí prediktivních metod HRA [7].

2.2 Prediktivní kvantitativní metody HRA

Existuje řada metod pro pravděpodobnostní odhad lidské spolehlivosti HRA. V této kapitole jsou uvedeny pouze nejrozšířenější metody a jejich základní charakteristiky a specifické vlastnosti. Bližší informace nalezne čtenář v odborné literatuře, např. [7], [8]. Mezi nejznámější metody pravděpodobnostního odhadu lidské spolehlivosti HRA patří zejména:

- **THERP** (Technique for Human Error Rate Prediktion), jedná se o metodu predikce intenzity lidských chyb, která detailně a do hloubky popisuje a rozkládá sledovanou lidskou činnost (úlohu), pomocí výběru vhodných pravděpodobnostních odhadů HEP provádí základní vyhodnocování dílčích činností souvisejících s vykonávanou úlohou a na základě vytvořeného diagnostického modelu úlohy umožňuje časovou kvantifikaci, identifikuje ovlivňující faktory lidské spolehlivosti PSF a tím dává detailní přehled o slabých místech a možných selháních systému.
- **SLIM** (Susces Likelihood Index Metod), metoda pro odhad lidského selhání HEP v závislosti na ovlivňujících faktorech PSF, umožňuje kvantifikaci s flexibilními možnostmi výběru analyzované jednotky podle průběhu úlohy, určuje ovlivňující faktory PSF a jejich důležitost, hodnotí faktory PSF pomocí tzv. indexu přepočtu SLI (Susces Likelihood Index) a vytváří jejich transformaci na pravděpodobnostní stupnici pomocí minimálně dvou referenčních odhadů HEP.
- **HRC** (Human Cognitive Reliability), metoda pro kognitivní úlohy a speciální diagnózu rušivých vlivů, umožňuje kvantifikaci pravděpodobnostních odhadů HEP vzhledem k časovému hledisku, vytváří normované časové křivky HEP pro různé úrovně lidského chování založené na dovednostech, pravidlech vědomostech a myšlenkových procesech.

- **ESAT** (Expertensystem zur Aufgaben-Taxonomie), jedná se o expertní systém pro taxonomii úloh, umožňuje kvantifikaci libovolné úlohy s ohledem na ovlivňující faktory PSF ve formě spolehlivostní stupnice 1 – 10, funkční vztah mezi spolehlivostní stupnicí a faktory PSF je částečně založen na expertních odhadech a částečně na měření pracovních výkonů.

2.3 Parametry lidské spolehlivosti

Parametry a znaky lidské spolehlivosti jsou obdobné jako je tomu při výpočtech technické spolehlivosti zařízení. Nejčastěji je jako parametr pro kvantitativní určení spolehlivosti lidského chování používán odhad pravděpodobnosti lidské chyby HEP [6]. Jeho velikost je definována jako poměr počtu sledovaných chybných úkonů n k celkovému počtu N provedených úkonů, viz vztah (1):

$$HEP = \frac{n}{N} \quad (1)$$

Zcela analogicky jako u technických systémů, kde se vyhodnocuje pravděpodobnost poruchy $Q(t)$ a pravděpodobnost bezporuchového provozu $R(t)$, lze vypočítat i pravděpodobnost úspěšného provedení dané úlohy člověkem HSP (Human Success Probability), kterou člověk vykonává v MMS podle vztahu (2):

$$HSP = 1 - HEP \quad (2)$$

Ve srovnání s technikou se člověk vyznačuje nesrovnatelně větší variabilitou a komplexitou. Ve stejné situaci se člověk nechová vždy stejným způsobem a tedy stejnou funkci, úlohu nebo činnost může provádět různým způsobem, aniž by přitom snížil bezpečnostní riziko systému. Z tohoto důvodu se stává pravděpodobnostní odhad HEP obtížným. Pro vyhodnocování pravděpodobnosti lidských chyb HEP se používá velmi často logaritmické normální rozdělení $LN(\mu, \sigma^2)$, kde pro hustotu pravděpodobnosti $f(x)$ platí vztah (3)

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\ln x - \mu)}{2\sigma^2}\right] \quad (3)$$

V některých případech při znalosti mediánu M (prvek s pravděpodobností výskytu $P(x) = 0,5$ neboli 50.percentil) náhodné veličiny a koeficientu špičatosti K rozdělení ze využití vztahu (4), (5):

$$5.\text{percentil} = \frac{M_{HEP}}{K} \quad (4)$$

$$95.\text{percentil} = M_{HEP} \cdot K \quad (5)$$

kde výraz M_{HEP} představuje medián pravděpodobnosti lidské chyby HEP.

Mezi mediánem M_{HEP} a střední hodnotou μ normálního logaritmického rozložení platí vztah (6):

$$M_{HEP} = \frac{\mu_{HEP}}{e^{(\ln K)^2}} \cdot 5,411 \quad (6)$$

V případě, že nejsou známy koeficienty špičatosti K rozdělení sledované náhodné veličiny X , lze použít tabelované hodnoty z literárních dokumentů [8].

Pokračovanie v budúcom čísle.

Ing. Marie Havlíková

49

Vysoké učení technické v Brně
Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
Ústav automatizace a měřicí techniky
Kolejni 4, 612 00 Brno, ČR
Tel.: +420 5 41 14 11 62
Fax: +420 5 41 14 11 23
e-mail:havlika@feec.vutbr.cz