

Verifikácia a validácia dynamických modelov

Verification and validation of dynamic models

Michal Eliáš, UIAM MTF STU, Trnava

Augustín Gese, UIAM MTF STU, Trnava

Abstract: In this contribution, an issue of verification and validation of dynamic models in the context of a project “Increasing of the Slovak Republic Energy Safety” (ITMS code: 26220220077) and its activity “A fuzzy logic utilization for diagnostic systems of nuclear power blocks” in order to research of safety increasing of energy transformation in reactor VVER-440 applying and life extending of significant components of the energy block, is presented. In process of verification and validation, a validation of conceptual and computer model, as well as data which were used to its creation, are necessary to include.

Key words: verification, validation, model

Abstrakt: V článku je prezentovaná problematika verifikácie a validácie modelov dynamických systémov v súvislosti s projektom „Zvyšovanie energetickej bezpečnosti SR“ (ITMS kód 26220220077) aktivity „Využitie fuzzy logiky pre diagnostické systémy blokov JE“ s cieľom aplikovať výskum zvyšovania bezpečnosti energetických premien reaktora VVER-440 a predlžovanie životnosti významných komponentov energetického bloku. Do procesu verifikácie a validácie je potrebné zahrnúť validáciu pojmového aj počítačového modelu, ako aj údaje z ktorých sa vychádza pri jeho tvorbe.

Kľúčové slová: verifikácia, validácia, model

1. Úvod

Článok sa zaoberá problematikou verifikácie a validácie modelov v súvislosti s projektom Zvyšovanie energetickej bezpečnosti SR aktivity Využitie fuzzy logiky pre diagnostické systémy blokov JE kde cieľom je:

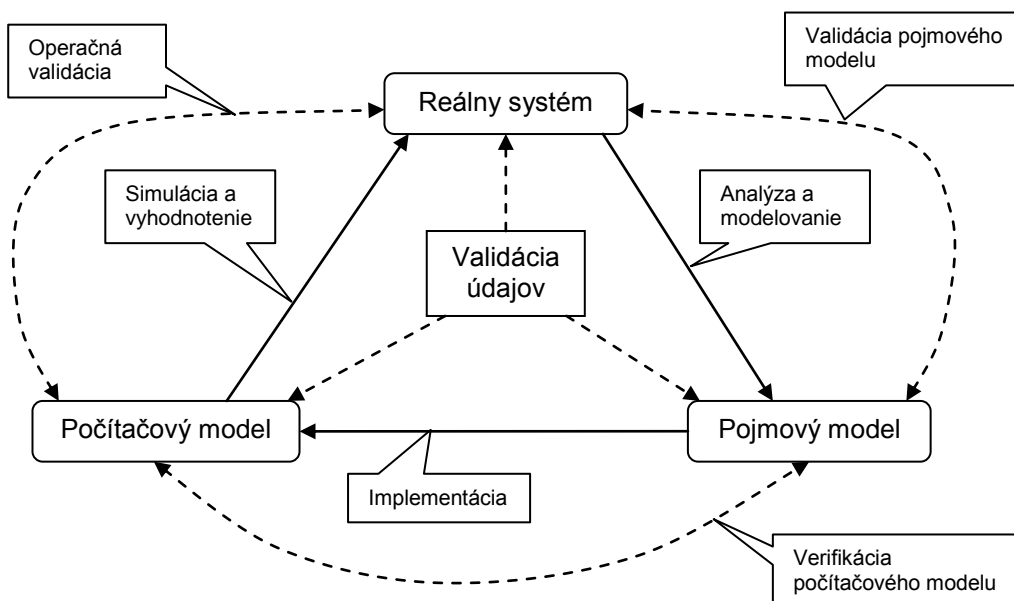
- a) Zvýšiť výpovednú schopnosť inštalovaných systémov prevádzkovej diagnostiky hlavných cirkulačných čerpadiel (SHCČ) v lokalitách JE Bohunice a JE Mochovce. Zlepšiť

podporu operátorov systémov pri klasifikácii stavu HCČ a rozšíriť systémy CSLBB pre 3. a 4. blok JE.

- b) Inovovať systémy diagnostiky voľných častí v primárnom okruhu reaktora s cieľom zvýšiť ich presnosť a spoľahlivosť pri detekcii a identifikácii voľných častí. Inovovať systém diagnostiky anomálnych situácií chemických režimov primárneho a sekundárneho okruhu reaktora s cieľom zvýšiť presnosť a spoľahlivosť systému ako podporného prostriedku pre rozhodovanie operátora na základe doterajších prevádzkových skúseností. Navrhnuť a odskúšať spoľahlivú metodiku včasného odhalenia degradácie monitorov prietoku napájacej vody do PG, za VTO a pary z PG s využitím techník výpočtovej inteligencie. Navrhnuť a odskúšať spoľahlivú metodiku včasného odhalenia vadných in-core detektorov (termočlánkov a samonapájacích detektorov) s využitím techník výpočtovej inteligencie pri spracovaní signálov v lineárnej i nelineárnej oblasti.
- c) Analyzovať možnosti počítačovej simulácie pri optimalizácii procesov diagnostiky a testovania zariadení a systémov JE počas uvádzania do prevádzky. Navrhnuť počítačový model pre simulovanie prechodových procesov blokov JE VVER 440 so zameraním na JE EMO34.

2. Verifikácia a validácia modelov

Problematiku verifikácie a validácie (VaV) modelu možno koncepčne (všeobecne) vyjadriť podľa obrázku 1.



Obrázok 1: Konceptia verifikácie a validácie (1)

Návrh modelu je metodicky rozdelený na dve fázy: a) pojmový (konceptuálny) model, b) počítačový model, ktorého štruktúra je určená použitým prostriedkom CAE.

Formy opisu pojmového modelu (konceptuálneho) sú nasledovné:

- Verbálne (komunikácia),
- Schematicky (grafickými prostriedkami),
- Vývojovým diagramom,
- Matematicky (Petriho siete, Markovove procesy, teória automatov, diferenciálne rovnice a pod.).

Pre účely VaV modelu je potrebný počítačový model. Metódy transformácie konceptuálneho modelu do počítačového modelu, čiže implementácia, sú nasledovné:

- Univerzálny programovací jazyk,
- Rozšírenie existujúcich CAE – simulačných prostriedkov o subsystemy podporujúce tvorbu globálnych modelov pre príslušnú oblasť technológie,
- Aplikácia problémovo orientovaných simulačných jazykov a prostredí.

2.1. Definícia pojmov

Validácia modelu spočíva v overení kvality (zhody, presnosti) reprezentácie technologického systému (reálneho fyzikálneho systému) pre daný účel.

Verifikácia modelu spočíva v overení zhody počítačovej implementácie pojmového modelu.

Etapy (všeobecne) simulačného experimentu sú nasledovné:

- Formulácia a definícia počiatočných podmienok (štruktúra a hodnoty parametrov technológie, vstupné, stavové a výstupné veličiny) pre návrh pojmového modelu,
- Návrh metód spracovania a vyhodnotenia nameraných dát,
- Formulácia a definícia podmienok pre vykonanie meraní v príslušnej technológii,
- Vykonanie meraní,
- Spracovanie a vyhodnotenie nameraných dát (1).

2.2. Validácia pojmového (konceptuálneho) modelu.

Validácia pojmového (konceptuálneho) modelu pozostáva z nasledovných vyhodnotení:

- Splnenie predpokladov a platnosti teórie pri zostavovaní pojmového modelu – napr. linearita, štatistická nezávislosť meraných veličín, stacionárnosť a pod., a tiež použitých metód matematickej analýzy, štatistiky a pod.
- Posúdenie súvislostí medzi navrhovaným pojmovým modelom, technológiou a cieľom experimentu – štruktúra modelu, logické, matematické a príčinné vzťahy, primeraná úroveň abstrakcie/detailov,
- Aplikácia uvedených postupov aj na submodely/komponenty.

2.3. Validácia počítačového modelu.

Validácia počítačového modelu pozostáva z nasledovných vyhodnotení:

- Adekvátnej presnosti odozvy modelu – z hľadiska priebehu stavových a výstupných veličín, a citlivosti na zmeny parametrov.
- Validácia výstupov počítačového modelu – porovnanie zhody (kritériom môže byť minimum kvadrátov) s existujúcimi meraniami v technológii, a so štruktúrne a technologicky podobnými systémami.
- Porovnanie výsledkov s teóriou.
- Porovnanie výsledkov s názormi expertov.

Pri tejto validácii sa môžu vyskytnúť problémy spojené s neadekvátnosťou pojmového modelu, s nesprávnou implementáciou, a s nehodnovnými resp. neplatnými nameranými dátami.

2.4. Validácia údajov

Validácia údajov pozostáva z vyhodnotenia správnosti podkladov (údajov) pre návrh, implementáciu a testovanie modelu. Ďalej pozostáva z podkladov pre vykonanie experimentov z hľadiska voľby typov vstupných veličín, hodnôt parametrov, typov stavových a výstupných veličín, a tiež z predpokladov a pravidiel pre opis charakteristík meraných veličín.

2.5. Verifikácia počítačového modelu.

Pri verifikácii počítačového modulu využívame:

- Preventívnu verifikáciu, ktorej cieľom je minimalizácia možných chýb, a ktorá zahŕňa: verifikáciu dokumentácie (kódu a predpokladov), nezávislú inšpekciu kódu, štruktúrované, modulové, objektovo-orientované programovanie, používanie verifikovaných knižníc, CASE – prostriedkov, postupné pridávanie detailov.
- Verifikácia s oceňovaním, ktorá hodnotí program po kódovaní, kam patrí: trasovanie, animácia (vizuálne overovanie správnej operácie), vykonávanie programov pri zjednodušených podmienkach, vykonávanie programu pre meniace sa podmienky, porovnávanie výsledkov s ručným výpočtom, analýza výsledkov vzhľadom na reálny systém (expertná analýza).

2.6. Validáčné techniky

Vhodnosť výberu techniky závisí od oblasti aplikácie. Exaktný prístup k výberu nie je možné stanoviť. Taktiež je prakticky nemožné algoritmizovať jednotlivé techniky. K validačným technikám patrí: animácia, porovnávanie výsledkov s inými modelmi (napr. nameraných), degeneračné testy, validácia udalostí, testy za extrémnych podmienok, preukázateľná validita (face validity), validácia hodnôt premenných a parametrov, validácia historickými dátami, interná validita, operačná grafika, citlivostná analýza, tracing.

2.7. Schematické usporiadanie verifikácie a validácie modelu.

Vo všeobecnosti je možné charakteristiky dynamického modelu technologického procesu verifikovať a validovať z nameraných dát v schéme podľa metodiky uvedenej v článkoch (3), (4), (5), (6).

Pre praktické aplikácie (vyhodnocovanie dynamických charakteristík technologických subsystémov, návrh regulátorov, vypracovávanie zložitejších štruktúr modelov a pod.) je potrebné verifikáciu a validáciu modelov zabezpečiť nasledovným postupom (2):

- Nadefinovať technologickú schému vybraného subsystému bloku jadrovej elektrárne s definovaním prevádzkového režimu (hodnoty technologických veličín), označenia technologických subsystémov a označenia technologických veličín.
- Definovať metodiku experimentu v technologickom režime

- meranie ustáleného prevádzkového režimu,
- meranie dynamických charakteristík technologických subsystémov (časová odozva na zmenu vybranej technologickej veličiny),
- definovanie charakteru zmeny hodnoty veličiny (skoková zmena, zmena v tvare rampy, zmena v tvare píly a pod.).
- Technologické veličiny, charakterizujúce príslušný prevádzkový režim môžu byť aktívne (určené pre zásahy zvonku) – akčné a merané, alebo pasívne – len merané.
- Návrh štruktúry modelu (A)
 - definovanie fyzikálnych veličín – vstupné (sú merané), stavové (môžu byť merané aj namerané), poruchy a výstupné (sú merané).
 - definovanie modelov jednotlivých technologických podsystémov – lineárne, nelineárne, deterministické, stochastické, verbálne a pod.
- Zostavenie globálneho modelu navrhnutého experimentu (v príslušnom CAE – programe) a verifikácia logickej funkcie modelu
 - voľba hodnôt fyzikálnych parametrov modelov,
 - citlivostná analýza modelu (na zmenu hodnôt vstupných veličín, resp. na zmenu hodnôt parametrov a pod.).
- Vykonanie experimentu (merania) na bloku príslušnej JE a zostavenie databázy hodnôt nameraných veličín s využitím jednotného času v systéme riadenia bloku (C).
- Voľba porovnávacieho kritéria pre hodnoty výstupných veličín nameraných v technológii a modelu.
- Porovnanie zhody nameraných hodnôt veličín na meraných na bloku v príslušnom prevádzkovom režime s hodnotami získanými simuláciou na modeli (napr. minimom kvadrátov odchýlok) a vyhodnotenie získaných výsledkov. V prípade nezhody validácia hodnôt parametrov modelu resp. jeho štruktúry.
- Vyhodnotenie výsledkov procesu validácie zostaveného globálneho modelu s uvažovaním technologických podmienok, výsledkov modelovania, presnosti meraní a pod. (B)

- Podľa výsledkov vyhodnotenia iterovať proces validácie od bodu (A) po bod (B) s prípadným vynechaním bodu (C).

3. Záver

V článku je prezentovaná problematika verifikácie a validácie modelov dynamických systémov v súvislosti s projektom Zvyšovanie energetickej bezpečnosti SR aktivity Využitie fuzzy logiky pre diagnostické systémy blokov JE s cieľom aplikovať výskum zvyšovania bezpečnosti energetických premien reaktora VVER-440 a predlžovanie životnosti významných komponentov energetického bloku. Do procesu verifikácie a validácie je potrebné zahrnúť validáciu pojmového aj počítačového modelu, ako aj údaje z ktorých sa vychádza pri jeho tvorbe. Pri samotnej verifikácii a validácii je vhodné sa riadiť v článku uvedeným postupom.

4. Pod'akovanie / Acknowledgement



Európska únia
Európsky fond regionálneho rozvoja

This publication is the result of implementation of the project: “Increase of Power Safety of the Slovak Republic”(ITMS: 26220220077) supported by the Research & Development Operational Programme funded by the ERDF.



5. Zoznam bibliografických odkazov

- (1) RABE, M., SPIECKERMANN, S., WENZEL, S. *Verifikation und Validierung für die Simulation in Produktion und Logistik, Vorgehensmodelle und Techniken*. Springer, 2007. ISBN 978-3-540-35281-5.
- (2) KUNDRACIK, F. *Spracovanie experimentálnych dát*. Bratislava: Univerzita Komenského, 1999. ISBN 80-223-1327-0.
- (3) Gese, A., Mudrončík, D. *Požiadavky na tvorbu modelov technologických procesov*. In: Journal of Information Technologies, Trnava: UCM, 2013. ISSN 1337-7469.
- (4) Gese, A., Mudrončík, D. *Návrh metodiky verifikácie a validácie modelov technologických procesov*. In: Journal of Information Technologies, Trnava: UCM, 2013. ISSN 1337-7469.
- (5) Juhás, M., Juhásová, B. *Hodnotenie vlastností modelov*. In: Journal of Information Technologies, Trnava: UCM, 2013. ISSN 1337-7469.

- (6) Liška, V. *Chyby a neistoty meraní v procese snímania dát počas kampane z rôznych prevádzkových situácií v jadrových elektrárnach*. In: Journal of Information Technologies, Trnava: UCM, 2013. ISSN 1337-7469.

6. Adresa autora (-ov):

Michal Eliáš, Ing., PhD.
Materiálovotechnologická fakulta STU
Ústav aplikovanej informatiky, automatizácie
a matematiky
Hajdóczyho 1
917 24 Trnava
michal.elias@stuba.sk

Augustín Gese, Ing., CSc., host' prof.
Materiálovotechnologická fakulta STU
Ústav aplikovanej informatiky, automatizácie
a matematiky
Hajdóczyho 1
917 24 Trnava
augustin.gese@stuba.sk