

# APLIKÁCIA MODELOVANIA A SIMULÁCIE VO VÝCVIKU LETECKÝCH ŠPECIALISTOV

## APPLICATION MODELING AND SIMULATION IN TRAINING AIRCRAFT SPECIALIST

Petr Vavroš<sup>1</sup>, Rudolf Volner<sup>2</sup>

---

*Anotácia: Článok popisuje postup úvodného riešenia tvorby nového simulátorového systému pre lietadlá L-410 UVP s prihliadnutím na potrebné zmeny v technicko-technologickom riešení simulátorového systému.*

*Kľúčové slová: modelovanie, letecký simulátor, výcvik*

*Summary: This paper describes one example of the creation of new solutions simulator system for aircraft L-410 UVV taking into account the necessary changes in technical and technological solutions simulator system.*

*Key words: modeling, flight simulator, training.*

### ÚVOD

Počítačová simulácia bola vyvinutá ruka v ruke s rýchlym rastom počítačov. Prvé veľké nasadenie bolo v Manhattanskom projekte v druhej svetovej vojne na procesný model jadrového výbuchu. Jednalo sa o simuláciu 12 ťažkých gúl pomocou algoritmu Monte Carlo. Počítačová simulácia sa často používa ako doplnok alebo náhrada pre modelovanie systémov. Existuje mnoho rôznych druhov počítačových simulácií. Spoločným rysom, ktoré všetky zdieľajú, je pokus generovať vzorku reprezentatívnych scenárov pre model v ktorom kompletný zoznam všetkých možných stavov modelu by bol neprístupný alebo nemožný. Počítačové modely boli pôvodne používané ako doplnok k ďalšej argumentácii, ale ich použitie sa neskôr stalo pomerne rozšírené.

Simulácia je často používaná pri výcviku civilných a vojenských zamestnancov. K tomu zvyčajne dochádza v prípade, že je príliš drahé, alebo príliš nebezpečné, aby študenti používali skutočné zariadenia v reálnom svete. Získavajú sa cenné skúsenosti v „bezpečnom“ virtuálnom prostredí. Výhodou sú tiež chyby, ktoré tento systém pri tréningu v bezpečnostno-kritických systémoch umožňuje. Je tu však predsa len rozdiel medzi simuláciou používanou pre výcvik a inštruktážne simulácie.

Tréningová simulácia obvykle patrí do jednej z troch kategórií:

- „live“ simulácia (kde skutoční ľudia využívajú simulované (či „falošné“) zariadenie v reálnom svete),
- „virtuálna“ simulácia (kde skutoční ľudia využijú simulované vybavenie v simulovanom

---

<sup>1</sup> Bc. Petr Vavroš, LETS FLY s.r.o., International Airport Ostrava, 742 51 Mošnov 403

<sup>2</sup> Prof. Ing. Rudolf Volner, Ph.D., LETS FLY s.r.o., International Airport Ostrava, 742 51 Mošnov 403,  
E-mail: rudolf.volner@letsfly.cz

svete, alebo virtuálnom prostredí),

- „konštruktívna“ simulácia (simulácia, kde ľudia používajú simulované vybavenie v simulovanom prostredí). Konštruktívna simulácia je často označovaná ako „vojnová“, pretože je podobná strategickým vojnovým hrám, v ktorých hráči velia armádam vojakov a vojnovým strojom, ktorými môžeme pohybovať po hracej ploche.

## 1. ALGORITMIZÁCIA SIMULAČNÝCH MODELOV

I keď vývoj simulačných prostriedkov postúpil tak ďaleko, že v mnohých prípadoch nevyžaduje od používateľa znalosti programovania, všetky moderné simulačné nástroje majú časť, v ktorej je možné i doplnenie modelu o vlastné naprogramované časti vyjadrujúce jeho špecifické vlastnosti.

Pri programovaní simulačných modelov ide o riešenie problémov:

- Zachytenie štruktúry modelu,
- Zachytenie dynamických vlastností modelu,
- Popis stochastických prvkov (generovanie veličín),
- Zber údajov z činnosti programu,
- Navrhovanie a vyhodnocovanie experimentov s modelom,
- Spracovanie a výstup výsledkov,
- Kontrolné a monitorovacie funkcie.

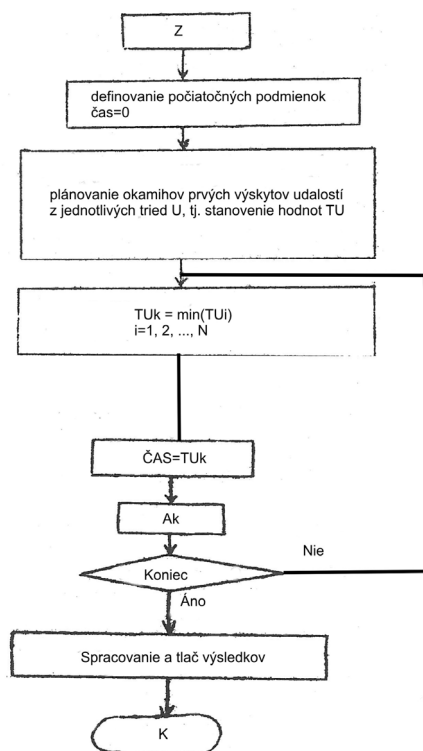
V závislosti na zvolenom prostriedku môže časť z týchto úloh odpadnúť.

V diskretnej simulácii sa stavy modelu menia len v diskretných okamihoch, tj. v okamihoch výskytov určitých udalostí. S ohľadom na to, že sa stav modelu medzi týmito okamihmi nemení, je možné meniť simulačný čas po krokoch, ktorých dĺžka je daná intervalom medzi výskytmi po sebe nasledujúcich udalostí. Pritom môžeme použiť nasledovné možnosti:

- definovať zmeny stavu modelu, ktoré nastávajú pri výskyte každej udalosti,
- popísať aktivity, v ktorých účinkujú prvky modelu,
- popísať procesy, cez ktoré prechádzajú prvky modelu.

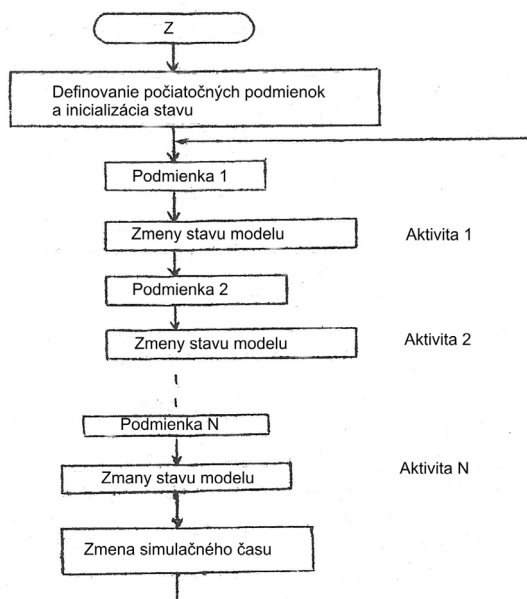
Najčastejšie sú definované:

- Algoritmy orientované na udalosti – obr.1,
- Algoritmy orientované na aktivity – obr.2 - Vzhľadom na to, že pri každej zmene simulačného času je potrebné testovať podmienky pre všetky aktivity, je tento prístup z hľadiska rýchlosti výpočtov väčšinou zdĺhavejší. Táto koncepcia je výhodná pri výskyte udalostí podmienených splnením určitých podmienok.



Zdroj (1)

Obr. 1 - Algoritmus simulácie orientovanej na udalosti



Zdroj (1)

Obr. 2 - Princíp algoritmov založených na aktivitách

- *Algoritmy orientované na procesy* - Algoritmy využívajúce procesy čiastočne kombinujú výhody predchádzajúcich dvoch prístupov. Dynamika modelu sa popisuje prechodom dynamických prvkov modelu sieťou určitých procesov.

## 1.1 Systémový prístup

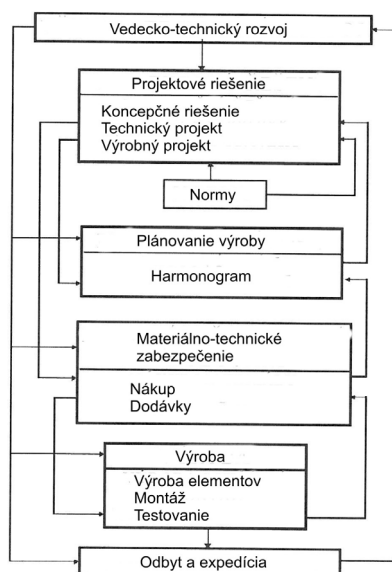
Vnútorne vlastnosti systému sú určované procesnými a relačnými vlastnosťami jeho komponentov, parametrami štruktúry ich organizačného usporiadania (hmotovými, energetickými a informačnými väzbami medzi modulmi technického systému), spôsobmi riadenia vývoja procesných vlastností jednotlivých modulov i priebehu väzieb medzi nimi pri rešpektovaní kauzality vplyvu vnútorných vlastností technického systému na dynamiku jeho správania sa, prejavujúce sa v zmenách jeho vonkajších vlastností.

## 1.2 Klasifikácia technických systémov

Vznik nového technického systému je väčšinou výsledkom určitého inovačného procesu, jadrom realizácie ktorého je projektové riešenie systému. Vytvorenie nového technického systému je tak iniciované výsledkami činností pracovníkov výrobnjej organizácie, ktoré sú ovplyvňované pôsobením jej technického manažmentu. Či už sú zdroje podnetov pre vznik inovácie akékoľvek, východiskom pre začatie projektového riešenia technického systému sú výsledky činností vedeckotechnických útvarov, v ktorých sú zohľadnené požiadavky na zabezpečenie vonkajších vlastností systému, ktoré predstavujú podnety pre vznik takých vnútorných vlastností systému, ktorých pôsobením je zabezpečená konkurencieschopnosť výrobku v priebehu celého jeho životného cyklu.

Základným prvkom návrhu nového simulátorového systému je stanovenie si základných požiadaviek na praktické použitie konečného riešenia. V našom prípade je predstava vyriešenia nového panoramatického simulátorového systému lietadla L410 UVP –E20 v stacionárnom prevedení, pri zachovaní maximálne nožnej vierohodnosti simulátorového systému pri porovnaní so skutočným lietadlom.

Technické parametre sú potom jednoznačne definované parametrami príslušného typu a verzie lietadla, čo sa dá v prípade použitého riešenia aplikovať v závislosti na použitých elektronických prvkoch.



Zdroj (1)

Obr. 3 - Schéma informačných väzieb medzi činnosťami výrobnjej organizácie pri vzniku nového technického systému



Zdroj (1)

Obr. 4 - Schéma implementácie procesného riadenia organizácie

## 2. LETECKÉ SIMULÁCIE

Letecké simulátory (FSTD) sú používané k výcviku pilotov na zemi. V porovnaní s výcvikom v skutočnom lietadle, umožňuje simulačný tréning nacvičenie rôznych manévrov alebo situácií, ktoré sú pre nácvik v lietadle nepraktické (alebo dokonca nebezpečné), pri ktorých pilot a inštruktor zostanú v relatívne nízko rizikovom prostredí na zemi. Napr. zlyhanie elektrických systémov, zlyhanie prístrojov, zlyhanie hydraulických systémov alebo dokonca zlyhanie kontroly letu môžu byť nasimulované bez ohrozenia pilota alebo lietadla.

Inštruktori dokonca môžu žiakov vystaviť pri tréningu viacerým úlohám naraz v takom časovom rozsahu, ktorý v lietadle väčšinou nie je možný. Napr. ovládanie niekoľkých prístrojov v skutočnom lietadle môže vyžadovať veľa času pre rôzne polohovanie lietadla, zatiaľ čo na simulátore, v okamihu keď je jeden prístup ukončený, môže inštruktor ihneď simulované lietadlo nastaviť do ideálnej (alebo menej ideálnej) pozície, z ktorej môže začať ďalší tréning.

Letecká simulácia tiež poskytuje ekonomickú výhodu oproti tréningu v naozajstnom lietadle. Keď vezmeme do úvahy palivo, údržbu a poistenie, je prevádzka FSTD výrazne lacnejšia než prevádzka skutočného simulovaného lietadla. Pre veľké transportné lietadlá môžu byť prevádzkové náklady tréningu niekoľkonásobne nižšie u FSTD ako u skutočného lietadla.

Niektorí ľudia, ktorí používajú simulačný softvér, predovšetkým softvér leteckých simulácií, si vyrábajú svoj vlastný simulátor doma. Niektorí ľudia si, aby svoj simulátor urobili realistickejšim, kupujú použité karty a zbernice, ktoré používajú rovnaký softvér ako pôvodný stroj. Aj keď to zahŕňa riešenie mnohých problémov spojených s prispôbením hardvéru a softvéru, a problém toho, že stovky kariet je možné zapojiť do mnohých rôznych zberníc, mnoho ľudí si stále stojí za tým, že za to vyriešenie týchto problémov stojí. Niektorí to s realistikosťou myslia tak vážne, že si dokonca kupujú skutočné lietadlové časti, ako napr. kompletná predná časť odpísaného lietadla, na lietadlových šrotoviskách.

História leteckých simulátorov sa začala písať tesne pred 1. svetovou vojnou, kedy

jednoduché konštrukcie pripomínajúce lietadlá v tej dobe simulovali svojimi balančnými vlastnosťami letu lietadla. Slúžili teda len k upevneniu motorických návykov pilota na pohyb vo vzduchu, ktorý v tej dobe bol pre človeka nový a nezvyčajný.

S veľmi dynamickým rozvojom leteckej techniky rástli aj požiadavky na funkcie, ktorými letecké simulátory pracujú. Počas 2. svetovej vojny vyvstala potreba pripravovať pilotov na nočnú navigáciu podľa hviezd. K tomuto účelu bol vytvorený Celestial Navigation Trainer, čo bolo zariadenie, ktoré pilotovi simulovalo výhľad z kokpitu na pomyselnú nočnú oblohu vytvorenú pohyblivými svetelnými bodmi predstavujúcimi hviezdy. Tento pomerne zložitý simulátor mal pomáhať pilotom osvojiť si prácu so sextantom pri určovaní polohy pri nočných letoch za nepriateľské línie. Týmto vývojom sme postupne dospeli až k dnešnej podobe takzvaných Full Flight Simulator, ktoré sú úplnými kópiami kokpitov svojich reálnych predlôh. Tento typ simulátora dokáže verne napodobniť výhľad pilota von z lietadla, všetky funkcie avionických a ovládacích systémov letúna aj lineárne zrýchlenie pôsobiace na posádku za letu.

### 3. MOŽNOSTI MODERNIZÁCIE SIMULÁTORA TL-410 UVP

Súčasný stav simulátora je až na drobné úpravy pôvodný. Dnešné moderné simulátory sú schopné predovšetkým ďaleko vernejšej vizualizácie vonkajšieho prostredia, než akú ponúka model krajiny s letiskom a kamera na pohyblivom ráme. Ďalším aspektom, kde tento simulátor zaostáva, je avionické vybavenie kabíny, ktorá je osadená zastaranými typy analógových prístrojov ruskej výroby. Hlavnou úlohou pri riešení nového simulátorového systému teda bude vytvorenie digitálneho modelu vonkajšieho prostredia, vytvorenie digitálneho letového modelu, vytvorenie variabilného pilotného prostredia, vytvorenie digitálneho inštruktórskeho pracoviska a na prenos dátových informácií. Najväčším problémom sa javí potreba zachovania čo najväčšej reálnosti prostredia kokpitu vo vzťahu k danému typu lietadla a k požiadavkám na certifikáciu daného typu lietadla.

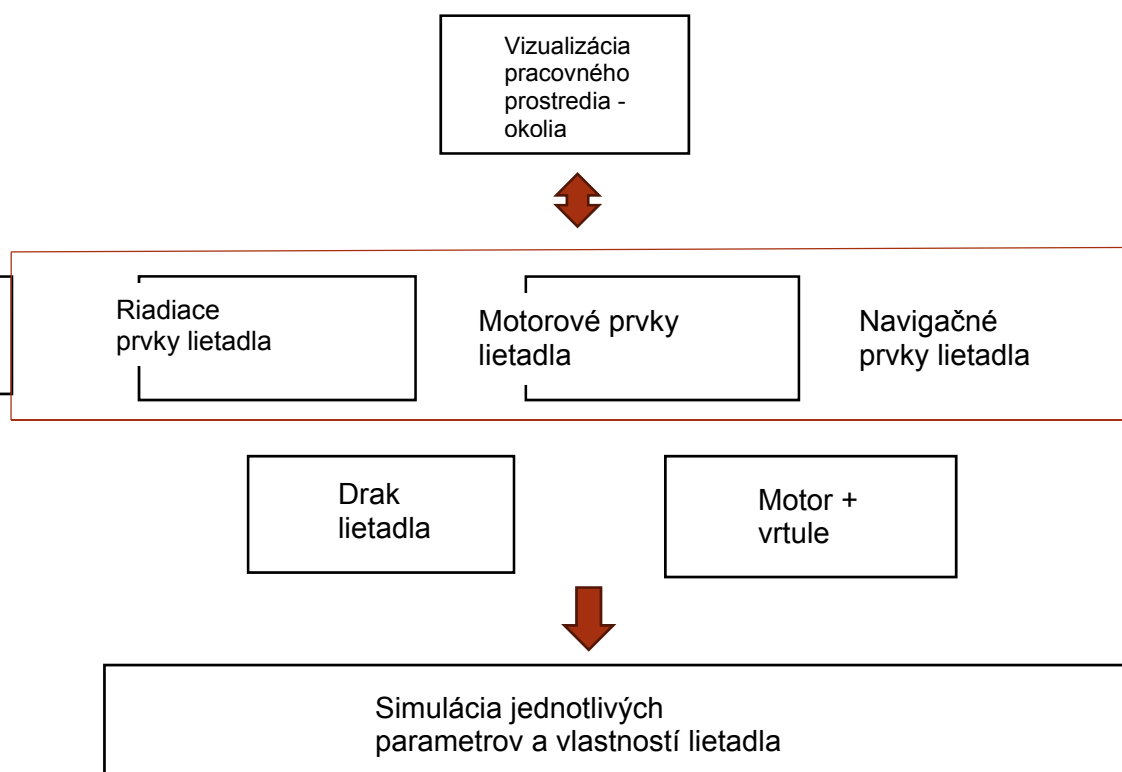
Prvá verzia, zameraná na overenie predpokladaných vlastností sa zaoberá vytváraním simulácie lietadla LET L - 410 UVP pre platformu Microsoft Flight Simulator 2004. Simulátor pracuje na výkonnom osobnom počítači s tromi grafickými výstupmi. Na ovládanie slúžia tzv. barany s pákou plynu, nastavenie vrtúľ, zmesi a pedále smerového riadenia s brzdami. Táto zostava sa nazvala „malý simulátor“.

Na tomto zariadení si študenti môžu osvojiť základné postupy pilotáže a manévrovanie s lietadlami. Ďalej si tu privykajú na základné rozloženie prístrojov v kabíne, ktoré má u väčšiny letúnov veľmi podobnú štruktúru.

Simulátor je vďaka svojim trom zobrazovacím jednotkám vhodný aj pre nácvik porovnávej navigácie pri letaní VFR. Používa sa ale aj pre nácvik lietania podľa prístrojov.

Editácia základných letových charakteristík lietadiel v simulátore FS 2004 sa vykonáva v súbore aircraft.cfg, umiestneného v každej zložke daného modelu lietadla. Tento súbor je možné editovať v poznámkovom bloku. Štruktúra editovaných parametrov je prehľadne rozdelená do sekcií s nadpismi v hranatých zátvorkách. Jednotlivé veličiny sú vždy zapísané na jednom riadku, v tvare editovana\_velicina = hodnota.

Parametre boli použité z letovej príručky typu L - 410 UVP a prevádzkovej príručky pre simulátor TL - 410 UVP. Niektoré veličiny neboli z príručiek dostupné, preto boli navrhnuté tak, aby pocit z chovania letúna za letu bol čo najvernejší. Letový model testoval a konzultoval bývalý držiteľ typovej kvalifikácie na L - 410 UVP.



Zdroj: autori

Obr. 5 - Simulačný model lietadla

### 3.1 Externý model

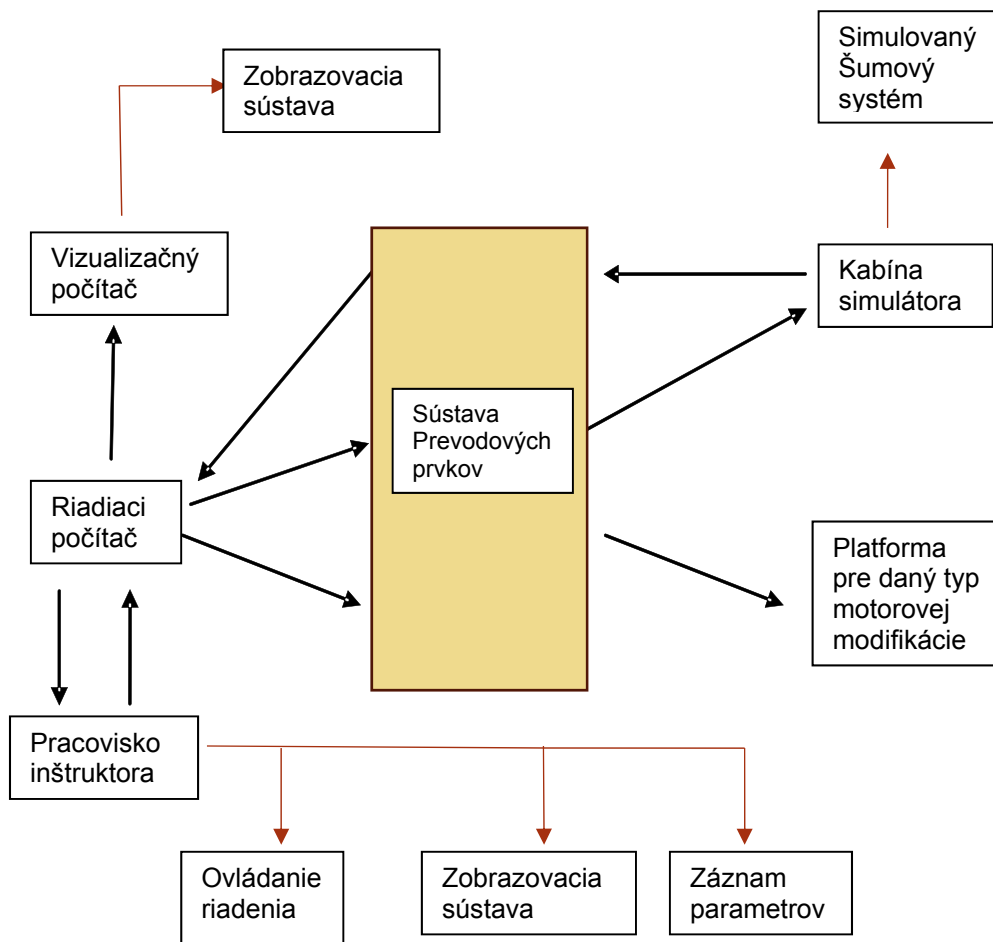
Externý 3D model tvorí sieť maximálne 80.000 polygónov. Táto sieť je potom obalená textúrami. Pre tvorbu a textúrovanie modelov objektov do Microsoft Flight Simulator slúži 3D modelačný softvér G-MAX. Tento softvér je zadarmo, voľne k stiahnutiu. Vzhľadom k náročnosti modelovania tak zložitých tvarov, aké má lietadlo, bol pre digitálnu verziu TL - 410 použitý model L - 410 UVP-E, vytvorený tímom CVA Design. Tento model je tiež zadarmo na stiahnutie a jeho autor súhlasí s jeho modifikáciami a použitím do iných projektov, okrem komerčného použitia.

### 3.2 Tvorba kokpitu

Microsoft Flight Simulator 2004 vie zobrazovať kokpit v režime 2-D a virtuálnom 3-D režime. Tvorbu umožňuje program FS panel štúdio, ktorý je voľne dostupný na stiahnutie z internetu.

Vytvorenú simuláciu je možné distribuovať na akomkoľvek pamäťovom médiu, veľkosť inštalácie je približne 30 MB. Pre inštaláciu postačí extrahovať obsah súboru TL410UVP.zip do adresára „Aircraft“ v hlavnom adresári inštalácie programu Microsoft Flight Simulator 2004. Po následnom spustení FS2004 bude tento model lietadla k dispozícii v menu výberu lietadiel. Ďalej je možné spustiť simulátor tak, aby bolo priamo nastavené toto lietadlo, s vypnutými motormi na

centrálnej ploche na letisku v Ostrave. To možno realizovať dvojklikom na ikonu L410UVP.exe umiestnenú na ploche počítača.



Zdroj: autori

Obr. 6 - Príklad zapojenia simulátorového systému



Zdroj: (2)

Obr. 7 - Upravená bitmapa pozadia panela





Zdroj: (2)

Obr. 8 - Pohľad na virtuálny 3-D kokpit

## ZÁVER

Ďalší vývoj riešenia simulátorového systému je nasmerovaný na aplikovanie získaných vedomostí do novo navrhovaného simulátorového systému lietadla L410 UVP – E20, ktorý sa realizuje v rámci aplikovaného výskumu a ktorého výsledkom bude certifikovaný simulátorový systém použiteľný vo výcviku pilotov. Základným problémom sa javí skĺbenie predstavy mobilného systému s požiadavkou maximálnej vernosti simulátorového systému s reálnymi lietadlovými systémami. Riešenie je niekoľko, asi najjednoduchším sa javí modulárny simulátorový systém, umožňujúci využitie všetkých protichodných požiadaviek, ktoré sú na takýto systém kladené.

*Článok bol vypracovaný v rámci riešenia projektu TA04031376 „Výzkum/vývoj metodiky výcviku leteckých specialistů L410UVP-E20“. Projekt TA 04031376 je řešen s finanční podporou TA ČR.*

## POUŽITÁ LITERATÚRA

- (1) VOLNER, R. *Modelovanie a simulácia*, Verbum KU Ružomberok 2014, ISBN 978-80-561-0165-0, 209 str.
- (2) VAVROŠ, P. *Aplikační možnosti simulátoru TL-410*, BP, VŠB-TU Ostrava, 2012,
- (3) BANKS, J. *Principles of Simulation*, Handbook of simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice, 1998. John Wiley & Sons, Inc., New York. ISBN 0-471-13403-1. s. 547–570.
- (4) BAKER, D. W., STEVENS, C. D., BROOK, R. H. Regular source of ambulatory care and medical care utilization by patients presenting to a public hospital emergency department, *Journal of the American Medical Association*, 271, 1994, s. 1909–1912.
- (5) SHANNON, R. E. Introduction to Simulation, *Winter Simulation Conference*. In Swain, J. J., Goldsman, D., Crain, R. C. & Wilson, J. R., eds.: Proceedings of the 1992 Winter Simulation Conference, 1992, Arlington, Virginia, United States.

- (6) SHANNON, R. E. Introduction to the Art and Science of Simulation, *Winter Simulation Conference*. In Medeiros, D. J., Watson, E. F., Carson, J. S. 92 & Manivannan, M. S., eds.: Proceedings of the 1998 Winter Simulation
- (7) ALDRICH, C. *Learning by Doing: A Comprehensive Guide to Simulations, Computer Games, and Pedagogy in e-Learning and Other Educational Experiences*. San Francisco: Pfeifer — John Wiley & Sons.
- (8) FRIGG, R., HARTMANN, S. *Models in Science*. Entry in the Stanford Encyclopedia of Philosophy, 2007.
- (9) HARTMANN, S. *The World as a Process: Simulations in the Natural and Social Sciences*, in: R. Hegselmann et al. (eds.), *Modelling and Simulation in the Social Sciences from the Philosophy of Science Point of View*, Theory and Decision Library. Dordrecht: Kluwer 1996, 77–100.
- (10) SAUNDERS, D. The International Simulation and Gaming Research, *Yearbook, volume 8*. London: Kogan Page Limited, 2000.
- (11) SMITH, R. D. *Simulation Article, Encyclopedia of Computer Science*, Nature Publishing Group, ISBN 0-333-77879-0.
- (12) SMITH, R., D. *Simulation: The Engine Behind the Virtual World*, eMatter, December, 1999.
- (13) VOLNER, R. Virtual Aviation Data Networks - Dynamic Construction, *Transactions of the VŠB – Technical University of Ostrava, Mechanical Series, No. 2, 2010, vol. LVI, article No. 1803, pp. 217-223, ISSN 1210-0471 (Print), ISSN 1804-0993 (Online), ISSN-L 1210-0471*.
- (14) VOLNER, R. Utilization predictive simulation for detection reaction of driver, *Perner's Contacts - Elektronický odborný časopis*, pp. 413-419, 1/2011, ročník 6, Univerzita Pardubice, ISSN 1801 – 674X, str. 446.
- (15) VOLNER, R. Based Analysis Of Interaction Between Human Subject And Artificial System - Impacts Of Driver Attention Failures On Transport Reliability And Safety, *Perner's Contacts - Elektronický odborný časopis*, pp. 404-410, 3/2011, ročník 6, Univerzita Pardubice, ISSN 1801 – 674X, str. 410.
- (16) VOLNER, R. Aircraft Data Networks – Integrated System, *Perner's Contacts - Elektronický odborný časopis*, pp. 308-314, 5/2011, ročník 6, Univerzita Pardubice, ISSN 1801 – 674X, str. 314.
- (17) VOLNER, R. Engineering environment and avionics virtual prototyping, *Perner's Contacts - Elektronický odborný časopis*, pp. 152-158, 2/2012, ročník VII, Univerzita Pardubice, ISSN 1801 – 674X, str. 158