
Recenzovaný článek

Výběr zbraňových systémů s využitím konstruktivní simulace jako podpory rozhodování

Weapon System Acquisition Process Utilizing Design Simulation as Decision Support

Jan Drozd, Josef Procházka

Abstrakt: Výběr optimálních zbraňových systémů je pro obranu státu klíčový. Tradiční empirické metody jen těžko postihují komplexnost moderní války. Článek zkoumá potenciál konstruktivní simulace pro informované rozhodování v této oblasti. Simulace taktických operací s komplexními proměnnými, jako je terén, akce nepřítele a interoperabilita systémů, poskytuje cenné informace o efektivitě zbraní. To umožňuje optimalizovat akvizice v souladu se strategickými cíli. Designová simulace umožňuje zkoumat faktory těžko testovatelné v reálu, srovnávat konfigurace výzbroje, analyzovat taktiku nepřítele a optimalizovat složení a nasazení jednotek, čímž šetří náklady a čas. Simulace umožňuje bezpečně zkoumat i rizikové scénáře. Využití konstruktivní simulace pro výběr zbraní přináší nesporné výhody z hlediska efektivity, bezpečnosti a informovanosti, čímž posiluje obranyschopnost a připravenost na budoucí výzvy.

Abstract: The selection of optimal weapon systems is crucial for national defense. Traditional empirical methods struggle to address the complexities of modern warfare. This article explores the potential of constructive simulation for informed decision-making in this domain. Simulating tactical operations with complex variables, such as terrain, enemy actions, and system interoperability, provides valuable insights into weapon effectiveness. This enables the optimization of acquisitions in line with strategic goals. Design simulation allows for the exploration of factors difficult to test comparison of armament configurations, analysis of enemy tactics, and optimization of unit composition and deployment, saving costs and time. Simulation enables the safe exploration of even high-risk scenarios.

Klíčová slova: akvizice; bojová činnost; konstruktivní simulace; operační efektivita; zbraňový systém.

Keywords: Acquisition; Combat Activity; Constructive Simulation; Operational Efficiency; Weapon System.

ÚVOD

Moderní válka se stává stále komplexnějším prostředím, charakterizovaným rapidním technologickým pokrokem, asymetrickými hrozbami a nepředvídatelnými geopolitickými posuny. V tomto dynamickém prostředí se ukazuje jako klíčové pro zajištění národní bezpečnosti a strategické převahy disponovat těmi nejefektivnějšími zbraňovými systémy. Výběr optimální kombinace zbraní a technologií však představuje pro obranné plánovače nelehký úkol.

Tradičně se výběr zbraňových systémů opíral o kombinaci polních testů, expertních analýz a statických modelů. Tyto metody, ač v minulosti plnily svou úlohu, s rostoucí komplexitou bojiště začínají narážet na své limity. Polní testy, ačkoliv poskytují cenné informace o fungování zbraňových systémů v reálném prostředí, jsou nákladné, časově náročné a omezené z hlediska počtu testovaných scénářů. Expertní analýzy, ač užitečné pro interpretaci dat a formulaci hypotéz, jsou do značné míry subjektivní a mohou být zkresleny osobními preferencemi. A konečně statické modely, založené na předem definovaných parametrech a algoritmech, nedokážou zachytit dynamiku a komplexní interakce moderního bojiště. [1]

Právě v tomto kontextu se konstruktivní simulace profiluje jako slibná alternativa, která má potenciál transformovat proces výběru zbraňových systémů. Konstruktivní simulace, využívající pokročilé matematické modely a algoritmy, umožňuje vytvářet realistické virtuální prostředí, ve kterých je možné testovat a hodnotit různé zbraňové systémy a taktické postupy v široké škále operačních scénářů (taktických činností).

Na rozdíl od statických modelů zohledňuje konstruktivní simulace dynamiku bojiště a interakce mezi jednotlivými aktéry, ať už se jedná o vojenské jednotky, zbraňové platformy nebo prvky infrastruktury. Díky své flexibilitě a adaptabilitě dovoluje simulace testovat různé konfigurace zbraní, zkoumat dopady změn v taktice nepřítele a analyzovat efektivitu různých strategií a doktrín v simulovaném prostředí, které se co nejvíce blíží reálným podmínkám.

V neposlední řadě pak konstruktivní simulace představuje i efektivnější a bezpečnější alternativu k polním testům. Simulace umožňuje testovat zbraňové systémy a taktiky bez nutnosti nasazení reálných jednotek a techniky, čímž se minimalizují rizika ztrát na životech a materiálu. Zároveň simulace umožňuje analyzovat i scénáře s vysokým rizikem, jako jsou konflikty s použitím zbraní hromadného ničení, které by v reálném prostředí nebylo možné bezpečně testovat. [2]

1 KONSTRUKTIVNÍ SIMULACE: ZÁKLADNÍ INFORMACE

Konstruktivní simulace představuje mocný nástroj pro analýzu a porozumění komplexním systémům, mezi něž moderní bojiště bezpochyby patří. Na rozdíl od analytických modelů, které se spoléhají na zjednodušené matematické rovnice, konstruktivní simulace pracuje s reprezentacemi jednotlivých entit (agentů) v systému a jejich vzájemných

interakcí. To umožňuje modelovat dynamiku systému v čase a zkoumat emergentní chování, jež by bylo z analytických modelů obtížně odvoditelné. [3]

V kontextu vojenských simulací představují entity například jednotlivé vojáky, vozidla, letadla, ale i logistické uzly, komunikační systémy a další prvky vojenské infrastruktury. Každá entita má své vlastní atributy (např. palebnou sílu, balistickou ochranu, rychlost, dosah senzorů) a řídí se sadou pravidel a algoritmů, jež definují jeho chování v reakci na změny prostředí a akce ostatních entit.

Simulace probíhá v definovaném virtuálním prostředí, které reprezentuje operační prostor s jeho geografickými charakteristikami, klimatickými podmínkami a dalšími relevantními faktory. V průběhu simulace se entity pohybují, interagují, bojují a plní zadané úkoly, přičemž systém zaznamenává veškerá data o jejich chování a výsledcích jejich akcí.

Samotná konstruktivní simulace obvykle zahrnuje několik fází zobrazení na schématu č. 1.

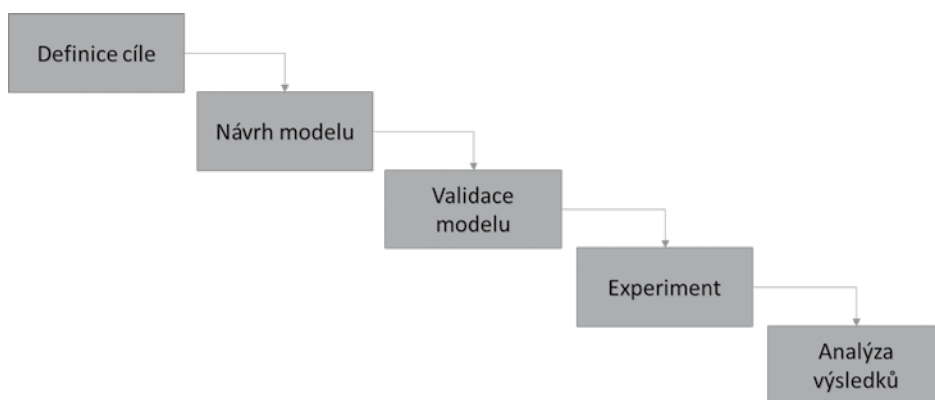


Schéma č.1: Fáze tvorby experimentálního ověřování operační efektivity

Definování cíle simulace: V první fázi je klíčové jasně formulovat otázky, na které má simulace odpovědět. Může se jednat o hodnocení efektivity nového typu zbraně, optimalizaci taktických procedur vojenských jednotek nebo analýzu dopadu změn v doktríně nepřítele. Tato fáze je významná, zejména z důvodu přesnosti dat, ze kterých se následně budou integrovat výsledky simulace samotné.

Návrh modelu: Na základě definovaného cíle se navrhne simulační model, který zahrnuje všechny relevantní entity, jejich atributy, pravidla chování a prostředí, v němž simulace probíhá. Model by měl být dostatečně komplexní, aby dokázal zachytit důležité aspekty studovaného jevu, zároveň však dostatečně jednoduchý, aby byla simulace proveditelná z hlediska výpočetního času a interpretace výsledků.

Kalibrace a validace modelu: Než začneme s vlastní simulací, je klíčové ověřit, zda model věrně odráží realitu a zda jsou výsledky simulací dostatečně přesné a spolehlivé pro jejich zamýšlené použití. V oblasti modelování a simulací se pro tento proces ujal termín VVA - Validation, Verification and Accreditation (Validace, Verifikace a Akreditace). [4]

Validace (Validation) se zaměřuje na ověření, zda model dostatečně přesně reprezentuje modelovaný systém a jeho chování v realitě. Jde o proces iterativní, který zahrnuje:

- Sběr dat: získávání dat z reálných systémů, historických záznamů, polních testů, dat již realizovaných simulací apod.
- Porovnání s modelem: systematické srovnávání výsledků simulace s reálnými daty (jsouli dostupné).
- Ladění modelu (Kalibrace): upravování parametrů modelu s cílem dosáhnout co nejlepší shody s realitou. V tomto případě je možné například při stanovování vah hodnotících kritérií testovat jednotlivá kritéria na jejich citlivost s využitím některých meto multikritériálního rozhodování (např. TOPSIS - Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution).

Verifikace (Verification) se oproti tomu zaměřuje na to, zda je model správně implementován z hlediska programového kódu a zda splňuje stanovené specifikace. Jinými slovy, verifikace ověřuje, zda „stavíme model správně“.

Akreditace (Accreditation) je formální proces schvalování, který určuje, zda je daný model a jeho výsledky vhodné pro zamýšlené použití. Akreditace se opírá o výsledky validace a verifikace a zohledňuje také aspekty jako je dokumentace modelu, kvalifikace tvůrců a uživatelů modelu a bezpečnostní hlediska. V kontextu konstruktivních simulací je VVA klíčová pro zajištění důvěryhodnosti a spolehlivosti výsledků simulací. Bez důkladné VVA hrozí riziko, že výsledky simulací budou zavádějící a povedou k chybným rozhodnutím. [5]

Provedení simulačních experimentů: Po kalibraci a validaci modelu se provádí série simulačních běhů s různými počátečními podmínkami a vstupními parametry. To umožňuje analyzovat, jak se systém chová v reakci na změny vnějšího prostředí a testovat různé scénáře a hypotézy. Vyspělé konstruktivní simulátory jsou schopny realizovat v rámci analytických modulů tisíce opakování jedné simulace a prezentovat výsledky v grafické podobě.

Analýza výsledků a interpretace: Analýza výsledků a jejich interpretace představuje kritickou fází celého simulačního procesu. Konstruktivní simulace obvykle generují rozsáhlé a komplexní datové sady, které samy o sobě neposkytují srozumitelné odpovědi na původní otázky. Je proto nutné je analyzovat a interpretovat s ohledem na předem definovaný cíl simulace. K tomu slouží široká škála statistických metod, vizualizačních technik a dalších nástrojů pro analýzu dat. Například, pro porovnání efektivity zbraňových systémů lze využít statistické testy hypotéz, které prokáží, zda jsou pozorované rozdíly ve výsledcích statisticky významné. Vizualizace dat, jako jsou grafy a heatmapy, zase pomohou identifikovat trendy, vzory a anomálie v datech, které by jinak mohly zůstat skryté. Vzhledem k stochastickému charakteru konstruktivních simulací, které pracují s náhodnými prvky, je pro relevantní statistické vyhodnocení nezbytné provést více simulačních běhů. Jediný běh by neposkytl dostatečně robustní data a mohl by vést k zavádějícím závěrům. Počet potřebných běhů se liší dle komplexity modelu a požadované přesnosti výsledků. Pro jednoduché modely může postačovat několik desítek běhů, zatímco u komplexních modelů s mnoha parametry mohou být nutné stovky až tisíce simulací. Pro stanovení minimálního počtu běhů je vhodné provést předběžnou analýzu a sledovat, jak se výsledky stabilizují s rostoucím počtem simulací. Cílem této fáze je extrahovat z komplexních dat relevantní informace a formulovat srozumitelné a podložené závěry, které poslouží k informovanému rozhodování. [6]

V oblasti vojenských simulací se konstruktivní simulace uplatňuje v širokém spektru aplikací, od taktického plánování až po strategické analýzy. Mezi typické příklady patří:

1. Hodnocení efektivity zbraňových systémů: Simulace umožňuje porovnávat různé konfigurace zbraní, analyzovat jejich výkonnost v různých operačních scénářích a identifikovat optimální kombinace zbraní pro konkrétní typy taktických činností.
2. Vývoj a testování taktických postupů: Pomocí simulace je možné testovat různé varianty vedení bojové činnosti, manévrování a nasazení jednotek v simulovaném prostředí a identifikovat nejefektivnější postupy pro dosažení stanovených cílů.
3. Analýza zranitelnosti: Simulace se používá k identifikaci slabých míst vojenských systémů, infrastruktury a logistických řetězců, což umožňuje implementovat protipatření a zvýšit odolnost vůči útokům protivníka.
4. Výcvik a vzdělávání: Konstruktivní simulace se stává nedílnou součástí moderního vojenského výcviku, neboť umožňuje procvičovat rozhodovací procesy, koordinaci jednotek a reakce na krizové situace v bezpečném a kontrolovaném prostředí. V podmínkách AČR je právě výcvikové použití konstruktivní simulace nejběžnější.

Využití konstruktivní simulace pro výběr zbraňových systémů tak představuje inovativní a efektivní přístup, který umožňuje lépe porozumět komplexitě moderního bojiště a optimalizovat obranné plánování. [7]

Ačkoliv článek doposud představil základní principy a výhody konstruktivních simulací, je na místě prozkoumat jejich reálné využití a porovnat současný stav v AČR a NATO. Zatímco v AČR se tato oblast teprve rozvíjí, NATO a jeho členské státy využívají konstruktivní simulace v mnohem širší míře a na sofistikovanější úrovni.

V rámci AČR se konstruktivní simulace v současnosti využívají především pro výcvik a vzdělávání. Pro podporu akvizic a plánování sil se v AČR konstruktivní simulace teprve postupně implementují. Armáda v současnosti investuje do rozvoje Skupina simulačních a trenažérových technologií a simulačních nástrojů jako takových, nicméně jejich využití pro akvizice a analýzu schopností je stále v rané fázi.

Naproti tomu NATO disponuje rozvinutou sítí simulačních center a sofistikovaných nástrojů pro konstruktivní simulace, které se využívají pro širokou škálu účelů od plánování a analýzy operací, přes výcvik a experimentální ověřování, až po podporu akvizic a rozvoj vojenských schopností. Zřejmě nevýznamnějším centrem je NATO Modelling & Simulation Centre of Excellence v Římě. V rámci tohoto centra je využívána celá škála simulačních nástrojů. Jedním z klíčových nástrojů je JCATS (Joint Conflict and Tactical Simulation), který umožňuje modelovat bojové operace na různých úrovních a v různých operačních prostředích. JCATS je využíván jak pro plánování reálných operací, tak pro výcvik velitelů a štábů. Nicméně i zde je jeho využití pro realizaci akvizic omezené. [8]

Rozdíl v úrovni implementace a využití konstruktivních simulací mezi AČR a NATO je dán jednak historickými okolnostmi, ale také rozdílnými finančními možnostmi a strategickým zaměřením. AČR, po svém vstupu do NATO, procházela a stále prochází transformací z armády založené na hmotném boji na moderní sílu schopnou vést operace v různorodých prostředích. Tato transformace s sebou přináší i nutnost implementovat

nové technologie a metody, včetně konstruktivních simulací, pro efektivní plánování, výcvik a akvizice. [9]

Kromě výše zmíněných příkladů implementace konstruktivních simulací v AČR a NATO je vhodné zmínit i jejich aktivní využití v akademickém prostředí. Univerzita obrany v Brně, jakožto hlavní vzdělávací instituce pro přípravu budoucích důstojníků a expertů pro Armádu ČR, systematicky využívá nástroj konstruktivní simulace MASA SWORD primárně k experimentální činnosti. Vzhledem k tomu, že uvedený simulační nástroj disponuje analytickým modulem, jehož jeden grafický výstup je na obrázku č.1, tak umožňuje uživatelům z řad akademických pracovníků ověřovat hypotézy v rámci širokého spektra specializací. [10], [11]

Lze očekávat, že v blízké budoucnosti dojde v AČR k dalšímu rozvoji v oblasti konstruktivních simulací a jejich využití se stane běžnou součástí vojenských procesů na všech úrovních. Investice do simulačních nástrojů a vzdělávání odborníků v této oblasti jsou proto klíčové pro udržení krok s vývojem moderního bojiště a zajištění obranyschopnosti státu.

2 APLIKACE KONSTRUKTIVNÍ SIMULACE PŘI VÝBĚRU ZBRAŇOVÝCH SYSTÉMŮ

Výběr vhodných zbraňových systémů představuje pro ozbrojené síly klíčové strategické rozhodnutí s dalekosáhlými dopady na obranyschopnost a bezpečnost státu. Vzhledem k vysokým finančním nákladům, dlouhodobým závazkům a neustále se vyvíjejícímu charakteru hrozeb je nezbytné volit systémy, které dokáží efektivně plnit své úkoly i v budoucnu. Tradiční metody hodnocení, založené na analýze technických specifikací a omezených testech v reálném prostředí, již v tomto komplexním prostředí nedokáží poskytnout dostatečně přesný a spolehlivý obraz o skutečné výkonnosti systémů.

2.1. Algoritmus hodnocení efektivity zbraňového systému

Efektivní vedení taktických činností je v moderním operačním prostředí závislé na mnoha faktorech, přičemž jednou z klíčových rolí hraje vhodně zvolený a integrovaný zbraňový systém. Hodnocení efektivity takového systému je komplexní proces, který vyžaduje zohlednění široké škály parametrů a aspektů, od technických specifikací až po lidský faktor a prostředí nasazení. [7]

V první řadě je nutné si jednoznačně stanovit cíle hodnocení. Lze konstatovat, že primárním cílem hodnocení efektivity zbraňového systému je poskytnout relevantní a objektivní data pro rozhodovací procesy. To zahrnuje:

- Porovnání různých zbraňových systémů z hlediska jejich vhodnosti pro danou taktickou úlohu.
- Identifikace silných a slabých stránek daného systému v kontextu specifického operačního prostředí.

- Optimalizaci taktiky a postupů s cílem maximalizovat efektivitu nasazení zbraňového systému.

Druhým významným krokem v rámci hodnocení efektivit zbraňového systému je výběr vhodné metody. Pro hodnocení efektivit zbraňových systémů se využívá kombinace různých metod, které zahrnují:

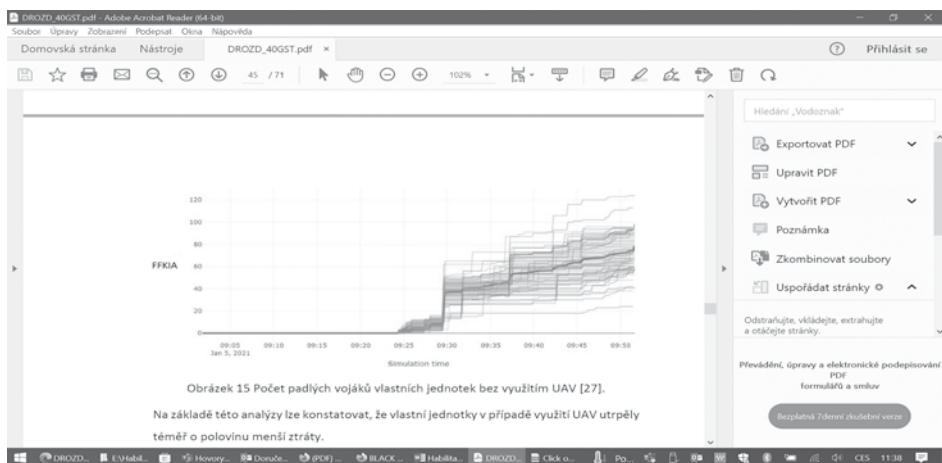
- Analytické modely: Matematické a statistické modely umožňují simulovat a analyzovat chování zbraňového systému v různých scénářích.
- Počítačové simulace: Virtuální prostředí a simulace poskytují kontrolované prostředí pro testování a hodnocení zbraňového systému v komplexních taktických situacích.
- Živé cvičení: Reálná cvičení s reálnými nebo simulovanými zbraňovými systémy umožňují ověřit teoretické předpoklady a získat cenná data o chování systému a jeho interakci s lidským faktorem.

Třetím a krokem při přípravě hodnocení efektivnosti zbraňového systému je stanovení parametrů tohoto systému, na základě kterých bude systém, případně výstupní data simulátoru hodnoceny a následně interpretovány. Lze konstatovat, že tento krok je jeden z nejvýznamnějších. Přesnost a význam hodnocení efektivnosti zbraňových systémů při vedená jednotlivých taktických činností je přímo závislá na vstupech a současně na stanovení hodnotících parametrů.

Nabízí se celá škála parametrů, o jejichž výběru a současně i váze (významu důležitosti) musí být rozhodnuto před vlastní realizací experimentálního ověřování efektivnosti. Tento proces lze poměrně objektivně realizovat různými metodami vícekritériálního rozhodování panelu expertů. Na základě výstupů z toho procesu mohou být poměrně přesně stanoveny hodnotící kritéria stejně jako přiřazení míry důležitosti (váhy). [12]

Při hodnocení efektivit zbraňového systému je možné zohlednit následující parametry:

- Palebná síla: Dostřel, přesnost, ničivý účinek, rychlost palby.
- Mobilita: Rychlost, dojezd, průchodnost terénem, strategická mobilita.
- Ochrana: Odolnost vůči nepřátelské palbě, maskovací schopnosti, elektronická ochrana.
- Logistická náročnost: Spotřeba munice a paliva, údržba, opravy.
- Cena: Pořizovací a provozní náklady, dostupnost náhradních dílů.
- Účinnost: Měření pravděpodobnosti, že zbraňový systém zneškodní zamýšlené cíle za specifických podmínek (např. dostřel, terén, nepřátelská protipatření).
- Schopnost přežití: Analýza zranitelnosti zbraňového systému vůči nepřátelské palbě, elektronickému boji a dalším hrozbám. To umožňuje identifikovat konstrukční nedostatky a potenciální strategie zmírňování hrozeb.
- Efektivita: Určení, jak efektivně zbraňový systém přispívá k dosažení konkrétních cílů mise, s přihlédnutím k faktorům, jako je prioritizace cílů, pravidla střetnutí a posuzování vedlejších škod.



Obrázek č. 1: Příklad možného znázornění výsledku experimentu pro ověřování operační efektivity

Zdroj: Autor s využitím MASA SWORD

Obrázek 1 ilustruje typický výsledek experimentu v prostředí MASA SWORD zaměřený na ověřování operační efektivity zbraňových systémů. Na ose X je znázorněn čas (v minutách) od započetí simulace, zatímco osa Y reprezentuje počet padlých vojáků vlastních vojsk (FFKIA – Friendly Forces Killed in Action). Dané křivky pak zobrazují konkrétní výsledky všech realizovaných simulací (každá simulace je zobrazována jednou křivkou). Z průběhu křivek lze vyčíst dynamiku střetnutí a porovnat efektivitu obou bojujících stran v čase.

S efektivitou zbraňového systému významně souvisí i nezanedbatelný vliv operačního prostředí. I tyto aspekty mohou být v rámci konstruktivní simulace poměrně přesně reflektovány. Současně lze tyto faktory měnit a experimentálně ověřovat efektivnost zbraňového systému v měnících se podmínkách. [7]

Mezi tyto klíčové faktory patří:

- Terén: rovinatý, kopcovitý, zalesněný, urbanizovaný.
- Počasí: viditelnost, teplota, vítr, srážky.
- Elektromagnetické spektrum: rušení, detekce, elektronický boj.
- Přítomnost civilního obyvatelstva: minimalizace vedlejších škod.

Aspekty, které lze v rámci konstruktivní simulace modifikovat a které ovlivňují efektivnost zbraňových systémů jsou i aspekty související s lidským faktorem. Vyspělé simulační nástroje jsou schopny reflektovat i tyto aspekty, i když s různou mírou přesnosti. Nicméně to nesnižuje význam výstupů z experimentálního ověřování operační efektivnosti zbraňových systémů, a to zejména protože neexistuje jiný možná nástroj, jak tyto data získat. Lidský faktor, respektive aspekty vycházející z něho lze vhodně ověřit i v rámci reálného cvičení, jehož výstupy mohou vhodně doplnit výstupy simulačního nástroje. Je

však pochopitelné, že reálné cvičení může probíhat pouze v omezené míře, nikoli v míře odpovídající reálné situaci.

Do hodnocení efektivnosti zbraňového systému je tedy nutné zahrnout:

- výcvik a zkušenosti obsluhy zbraňového systému (tento faktor je poměrně přesně možné simulovat v rámci konstruktivní simulace),
- morálku a motivaci vojáků,
- interoperabilitu s ostatními jednotkami a zbraňovými systémy.

V moderním operačním prostředí je klíčová integrace zbraňového systému do systému velení, řízení, komunikace, počítačů, zpravodajství, sledování a průzkumu. Zejména pak v případě, kdy zbraňové systémy uvažované v rámci akvizičního procesu mají vhodně doplňovat ostatní systémy jimiž jsou jednotky již vybaveny. Tato integrace umožňuje:

- sdílení informací o cílech a situaci na bojišti v reálném čase,
- koordinaci palebné podpory s ostatními jednotkami,
- zvýšení přesnosti a efektivity palby.

Výstupem procesu hodnocení efektivnosti zbraňového systému by měly být:

- kvantitativní data o výkonu zbraňového systému v různých scénářích,
- kvalitativní hodnocení silných a slabých stránek zbraňového systému,
- doporučení pro taktiku, výcvik a optimalizaci nasazení zbraňového systému.

Je důležité si uvědomit, že i sebelepší proces hodnocení efektivnosti zbraňového systému má svá omezení:

- Neúplné informace: Ne všechny faktory ovlivňující efektivitu lze přesně kvantifikovat a modelovat.
- Dynamické prostředí: Operační prostředí se neustále mění, což může ovlivnit platnost výsledků hodnocení.
- Subjektivní vlivy: Hodnocení může být ovlivněno subjektivními faktory, jako jsou preference a zkušenosti hodnotitelů.

2.2. Optimalizace struktury a rozmístění sil

Vzhledem k široké škále zbraňových systémů a jejich charakteristik je nezbytné přistupovat k vhodné variantě vedení taktické činnosti a organizace úkolového uskupení s ohledem na specifika zbraňového systému testovaného v konstruktivní simulaci, individuálně a s důrazem na maximální relevanci simulovaného prostředí a dosažení vytyčených cílů testování.

Primárním faktorem ovlivňujícím volbu varianty vedení taktické činnosti je charakter testovaného zbraňového systému. Pro systémy s vysokou mírou autonomie, jako jsou například autonomní drony, je vhodné simulovat prostředí s decentralizovaným vedením, kde klíčovou roli hraje schopnost systému samostatně reagovat na změny v operačním prostředí a kooperovat s ostatními prvky v rámci stanovených pravidel. Naopak, u systémů s nízkou mírou autonomie, jako jsou například ruční protitankové zbroje, je efektivnější simulovat prostředí s centralizovaným vedením, kde velitel určuje cíle a úkoly jednotlivým střelcům.

Dalším významným faktorem je operační doktrína, v jejímž rámci je zbraňový systém určen k použití. Například pro systémy určené k obranným operacím bude vhodné simulovat prostředí s důrazem na statickou obranu, koordinaci palebné podpory a vedení boje z opevněných pozic. Naopak, u systémů určených k útočným operacím je vhodné simulovat prostředí s důrazem na manévrové možnosti, rychlost přesunu a koordinaci palebné podpory v pohybu. [13]

S volbou varianty vedení taktické činnosti úzce souvisí i volba organizace úkolového uskupení. Zde je nutné zohlednit nejen charakter testovaného zbraňového systému, ale i jeho taktické určení a roli v rámci širšího operačního celku. Pro systémy určené k samostatnému nasazení, jako jsou například průzkumné drony, je vhodné simulovat prostředí s malými a flexibilními úkolovými uskupeními, která jsou schopna samostatně plnit úkoly v rozsáhlém operačním prostoru. Naopak, u systémů určených k nasazení v rámci větších jednotek, jako jsou například bojová vozidla pěchoty, je vhodné simulovat prostředí s většími a komplexnějšími úkolovými uskupeními, která jsou schopna vést koordinovaný boj s protivníkem.

V neposlední řadě je nutné při volbě varianty vedení taktické činnosti a organizace úkolového uskupení zohlednit i cíle, které si klademe simulací. Pokud je cílem testování optimalizace palebné síly testovaného zbraňového systému, bude vhodné simulovat prostředí s vysokou intenzitou boje a důrazem na palebné střetnutí. Naopak, pokud je cílem testování schopnost zbraňového systému spolupracovat s ostatními prvky v rámci komplexního operačního prostředí, bude vhodné simulovat prostředí s nižší intenzitou boje a důrazem na koordinaci a sdílení informací.

Správná volba varianty vedení taktické činnosti a organizace úkolového uskupení je klíčová pro dosažení relevantních výsledků v rámci konstruktivní simulace. Neexistuje zde univerzální řešení a každá simulace vyžaduje individuální přístup s důrazem na specifika testovaného zbraňového systému a cíle, které si simulací klademe.

V následující kapitole se zaměříme na konkrétní příklady volby varianty vedení taktické činnosti a organizace úkolového uskupení v rámci konstruktivní simulace vybraných zbraňových systémů. Tím ilustrujeme výše uvedené principy a demonstrujeme jejich praktickou aplikaci.

3 VÝHODY A VÝZVY KONSTRUKTIVNÍ SIMULACE

Konstruktivní simulace se stává nepostradatelným nástrojem pro hodnocení efektivity zbraňových systémů, a to zejména díky své schopnosti modelovat komplexní bojové situace a analyzovat chování systémů v různých operačních prostředích. Nicméně, i přes mnohé přednosti s sebou tato metoda nese i určité výzvy, které je nutné vzít v úvahu při interpretaci dosažených výsledků a jejich aplikaci v reálném světě. [14]

Mezi hlavní výhody konstruktivní simulace patří bezesporu její nákladová efektivita. Ve srovnání s reálnými zkouškami, které jsou finančně i časově náročné, umožňuje simulace provést srovnatelný rozsah testů s výrazně nižšími náklady. To platí zejména při testování komplexních zbraňových systémů a jejich integrace do širšího operačního prostředí, kde by reálné zkoušky byly prakticky neproveditelné.

Další nespornou výhodou je bezpečnost. Konstruktivní simulace umožňuje analyzovat chování zbraňových systémů i v extrémních podmínkách, a to bez rizika ohrožení lidských životů a poškození majetku. To je obzvláště důležité při testování nových technologií a konceptů, kde je riziko neočekávaného chování systému vysoké.

Flexibilita konstruktivní simulace umožňuje modelovat širokou škálu scénářů a operačních prostředí, a to i takových, které by v reálném světě bylo obtížné nebo nemožné zrealizovat. To umožňuje detailně analyzovat chování zbraňového systému v různých situacích a identifikovat jeho silné a slabé stránky. [15]

Přes uvedené výhody je nutné si uvědomit i určitá omezení konstruktivní simulace. Modely použité v simulaci jsou zjednodušením reality a nemohou nikdy plně postihnout komplexnost reálného světa. Proto je nutné k výsledkům simulace přistupovat s určitou mírou opatrnosti a interpretovat je s ohledem na použité zjednodušující předpoklady.

Dalším omezením je závislost na kvalitě vstupních dat. Výsledky simulace jsou pouze tak relevantní, jak relevantní jsou vstupní data, na kterých je simulace postavena. Nepřesná nebo neúplná data mohou vést ke zkreslení výsledků a chybnému vyhodnocení efektivity zbraňového systému.

Konstruktivní simulace by proto neměla být chápána jako náhrada reálných zkoušek, ale spíše jako jejich doplněk. Zatímco reálné zkoušky (standardně reprezentované vojenskými zkouškami) slouží k ověření funkčnosti systému a jeho chování v reálném prostředí, konstruktivní simulace umožňuje provést komplexní analýzu efektivity systému a identifikovat jeho silné a slabé stránky v různých operačních prostředích.

Pro dosažení co nejrelevantnějších výsledků je nezbytné věnovat dostatečnou pozornost jak výběru a kalibraci modelů použitých v simulaci, tak i získávání a validaci vstupních dat. Dále je nutné interpretovat výsledky simulace s ohledem na použitá zjednodušení a srovnávat je s výsledky reálných zkoušek, pokud jsou k dispozici.

V neposlední řadě je důležité si uvědomit, že konstruktivní simulace je pouze nástrojem, který sám o sobě negarantuje dosažení správných závěrů. Klíčovou roli hraje i odborná úroveň analytiků, kteří simulují a interpretují výsledky, a jejich schopnost kriticky zhodnotit dosažené výsledky a uvědomit si limity použité metody.

V závěru lze konstatovat, že konstruktivní simulace představuje mocný nástroj pro hodnocení efektivity zbraňových systémů, který s sebou nese jak značné výhody, tak i určitá omezení. Klíčem k dosažení relevantních výsledků je zodpovědný přístup k modelování, sběru dat a interpretaci výsledků, a to s ohledem na specifika simulovaného systému a operačního prostředí.

ZÁVĚR

Tento článek je zaměřen na problematiku využití konstruktivní simulace v procesu akvizice zbraňových systémů. Článek popisuje a nastiňuje trendy a způsob možnosti aplikace konstruktivní simulace. Definuje jednotlivé fáze tvorby experimentálního ověřování operační efektivity zbraňových systémů, které je z hlediska budoucího použití klíčové.

Zásadním přínosem konstruktivní simulace je bezesporu její schopnost modelovat a analyzovat komplexní scénáře a operační prostředí s vysokou mírou fidelity. Díky tomu

je možné s minimálními náklady a nulovým rizikem prozkoumat a porovnat různé varianty řešení, identifikovat potenciální problémy a optimalizovat design a funkcionalitu zbraňových systémů ještě před jejich samotnou výrobou. Simulace tak umožňuje zefektivnit celý akviziční proces, zkrátit jeho délku a zásadně redukovat celkové náklady.

Důležitou roli hraje konstruktivní simulace i v oblasti interoperability. Možnost propojení simulačních modelů zbraní, senzorů a dalších systémů umožňuje testovat kompatibilitu a funkcionalitu v rámci komplexních bojových uskupení a aliančních operací. Simulace tak přispívá k posílení interoperability a koordinace mezi armádami a zefektivnění společných operací.

Přes nesporné výhody konstruktivní simulace je nutné si uvědomit i limity této metody. Klíčovým faktorem pro dosažení relevantních výsledků je kvalita vstupních dat a jejich validita. Modely jsou vždy pouze zjednodušeným obrazem reality a jejich prediktivní schopnost je omezená. Pro dosažení maximálního přínosu je nezbytné kombinovat simulační metody s dalšími nástroji a metodami, jako jsou například reálné testy a experimenty.

V neposlední řadě je třeba zmínit i rostoucí význam umělé inteligence a autonomních systémů v oblasti obrany a bezpečnosti. Konstruktivní simulace představuje ideální platformu pro výzkum, vývoj a testování těchto technologií v bezpečném a kontrolovaném prostředí.

Závěrem lze konstatovat, že konstruktivní simulace představuje v kontextu akvizice zbraňových systémů nepostradatelný nástroj s obrovským potenciálem. Její široká implementace do akvizičního procesu umožní zefektivnit a zlevnit vývoj a dodávky zbraňových systémů, zvýšit jejich efektivitu a interoperabilitu a v konečném důsledku přispět k posílení obranyschopnosti. Vzhledem k dynamickému vývoji v oblasti simulačních technologií a umělé inteligence lze očekávat, že role konstruktivní simulace v akvizičním procesu bude v budoucnu dále narůstat. Je tedy na místě, aby se problematika konstruktivní simulace stala pevnou součástí strategického plánování a rozhodování v oblasti obrany a bezpečnosti.

Text vznikl za podpory DZRO-FVL22-LANDOPS.

SEZNAM ZDROJŮ

[1] HODICKÝ, J; ÖZKAN, G; ÖZDEMİR, H; STODOLA, P; DROZD, J; BUCK, W. „*Analytic Hierarchy Process (AHP)-Based Aggregation Mechanism for Resilience Measurement: NATO Aggregated Resilience Decision Support Model*“. Entropy, 2020, **22**(9), 1037. ISSN 1099-4300. IF **2,524**. doi:10.3390/e22091037

[2] PABLO, A. L., SITKIN, S. B., & JEMISON, D. B. (1996). „*Acquisition Decision-Making Processes: The Central Role of Risk*“. Journal of Management, 22(5), 723-746. <https://doi.org/10.1177/014920639602200503>

[3] HODSON, DD; HILL RR. „*The art and science of live, virtual, and constructive simulation for test and analysis*“. The Journal of Defense Modeling and Simulation. 2014;11(2):77-89. doi:10.1177/1548512913506620

[4] OWEN, KR; CHAKRABORTY RK. „*Verification, validation, and accreditation for models and simulations in the Australian defence context*“: a review. The Journal of Defense Modeling and Simulation. 2024;21(2):205-227. doi:10.1177/15485129221134632

[5] HODICKÝ, J; PROCHÁZKA, J; PROCHÁZKA, D. „Automation in Experimentation with Constructive Simulation“. In: Modelling and Simulation for Autonomous Systems. Cham: Springer, 2019, s. 566-576. ISSN 0302-9743. ISBN 978-303014983-3. doi:10.1007/978-3-030-14984-0_42

[6] ROLENEC, O; VLKOVSKY, M; SEDLACEK, M. „The Use of Constructive Simulation in the Educational Process of Military Engineers,“ 2023 27th International Conference on Circuits, Systems, Communications and Computers (CSCC), Rhodes (Rodos) Island, Greece, 2023, pp. 1-7, doi: 10.1109/CSCC58962.2023.00024.

[7] DROZD, J; PROCHÁZKA, J. „Konstruktivní simulace: účinný nástroj hodnocení operační efektivnosti v procesu plánování schopnosti“. VOJENSKÉ ROZHLEDY-CZECH MILITARY REVIEW, 2022, 31(2), 54-70. ISSN 1210-3292. IF 0,100. doi:10.3849/2336-2995.31.2022.02.054-070

[8] HODICKÝ, J; PROCHÁZKA, D; PROCHÁZKA, J. (2019). „Automation in Experimentation with Constructive Simulation“. In: Mazal, J. (eds) Modelling and Simulation for Autonomous Systems. MESAS 2018. Lecture Notes in Computer Science(), vol 11472. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-14984-0_42

[9] PULLEN, J; GALVIN, K; BROOK, R. A. „Simulation in NATO federated mission networking.“ International command and control research and technology symposium, Southampton. 2020.

[10] RAK, L; NEUBAUER, J; HRDINKA, J; HRADSKÝ, L. „Simulation Technology in the training application of Cadets“. AD ALTA: Journal of Interdisciplinary Research, 2023, 13(1), 345-349. ISSN 1804-7890. IF 0,700.

[11] CIHLÁŘ, M; RAICHL, P; GABRLIK, P; JANOUŠEK, J; MACROŇ, P; ŽALUD, L; LAZNA, T; NOHEL, J; MICHENKA, K; ŠTEFEK, A. „Simulation of Autonomous Robotic System for Intelligence and Reconnaissance Operations“. In: 9th International Conference on Modelling and Simulation for Autonomous Systems, MESAS 2022. {neuvedeno}: Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, 2023, s. 64-73. ISSN 0302-9743. ISBN 978-3-031-31267-0. doi:10.1007/978-3-031-31268-7_4

[12] FERNÁNDEZ-VILLACAÑAS, M.A. M. (2021) „Beyond the use of simulators for the training of security and defence forces“: new challenges in modeling & simulation of emerging holistic systems for combat air forces, INTED2021 Proceedings, pp. 8528-8537.

[13] POWER, W; WYLIE, M; MELLEN, P; BODEGOM, P. „A Hybrid between Model-Based Systems Engineering and Agile Methodologies for Simulation of Complex Weapon Systems of Systems,“ 2021 IEEE Aerospace Conference (50100), Big Sky, MT, USA, 2021, pp. 1-15, doi: 10.1109/AERO50100.2021.9438152.

[14] FISHWICK, P. A; LEE, J. J; KIM, G. (1997). „Simulation Based Planning for Military Decision Making and Planning“. Phalanx, 30(1), 21-24. <http://www.jstor.org/stable/43959937>

[15] SWART, A. J; BUYS, A. J., „Simulation-Based Defence Acquisition in South Africa,“ PICMET ,08 - 2008 Portland International Conference on Management of Engineering & Technology, Cape Town, South Africa, 2008, pp. 2541-2548, doi: 10.1109/PICMET.2008.4599881.

Autoři:

Plk. gšt. Ing. Jan Drozd, Ph.D., narozen 1976. Děkan Fakulty vojenského leadershipu získal titul Ph.D. v oboru Vojenský management na Univerzitě obrany. Prošel různými pozicemi ve vojenských jednotkách. Během vojenské kariéry se zúčastnil mezinárodní operace MONUC v Demokratické republice Kongo (2007-2008), ISAF v Afghánistánu (2012) a MINUSCA ve Středoafričské republice (2015 - 2016). Ve své pedagogické činnosti se zaměřuje na předměty spojené s vojenským uměním. Ve své vědecké práci se zabývá zaváděním moderních technologií do taktických činností a jejich využitím v budoucích operacích.

ORCID: 0000-0003-3257-0473

Affiliation: University of Defence; Czech Republic

Doc. Ing. Josef Procházka, Ph.D., narozen 1966. V roce 1990 absolvoval Vojenskou akademii Antonína Zápotockého v Brně. Zastával základní a štábní vojenské funkce v oblasti logistiky. V letech 1999 a 2004 působil v zahraničních misích SFOR a EUFOR. V letech 2000 – 2007 působil na Ústavu strategických studií Univerzity obrany v Brně. Po odchodu do zálohy v roce 2007 se podílel na formulování obranné politiky a strategie ČR a působil na velitelství NATO v oblasti řízení obranných zdrojů. V současné době je ředitelem Centra bezpečnostních a vojenskostrategických studií Univerzity obrany v Brně. Přednáší a publikuje v oblasti obranné politiky, řízení obrany a obranného plánování, logistiky a vyzbrojování.

ORCID: 0000-0001-8180-397X

Affiliation: University of Defence; Czech Republic