

Systemy wspomaganie dowodzenia w procesie planowania działań operacyjnych: problemy modelowania, projektowania i integracji

R. ANTKIEWICZ, A. NAJGEBAUER, D. PIERZCHAŁA, Z. TARAPATA
e-mail: rantkiewicz@wat.edu.pl

Instytut Systemów Informatycznych
Wydział Cybernetyki, Wojskowa Akademia Techniczna
ul. Gen. S. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa

W artykule przedstawione zostały problemy modelowania, projektowania i integracji systemów wspomaganie dowodzenia. Omówione zostały w szczególności zagadnienia teleinformatycznej platformy integracji rozproszonych systemów dowodzenia oraz wymiany danych w rozproszonej symulacji działań bojowych, metody wspomaganie dowodzenia w procesie planowania działań operacyjnych, metody tworzenia i udostępniania jednolitego obrazu pola walki. Pracę kończy opis przykładowego systemu wspomaganie decyzji na potrzeby zautomatyzowanych systemów dowodzenia SZ RP oraz wnioski wynikające z przeprowadzonej analizy dotyczące w szczególności sieciocentrycznych aspektów w systemach wspomaganie decyzji na potrzeby zautomatyzowanych systemów dowodzenia.

Keywords: wspomaganie dowodzenia, systemy wspomaganie decyzji, modelowanie i symulacja działań bojowych, systemy rozproszone, sztuczna inteligencja, badania operacyjne

1. Wprowadzenie

Do sprawnego funkcjonowania współczesnych sił zbrojnych niezbędne jest efektywne wykorzystanie informatycznego wspomaganie procesów decyzyjnych. W siłach zbrojnych w większości państw funkcjonuje duża liczba zautomatyzowanych systemów dowodzenia. Jednak powszechnym zjawiskiem jest różnorodność tych systemów (różni producenci i technologie) skutkująca, ograniczonymi możliwościami współpracy tych systemów, polegającej na automatycznej wymianie dokumentów, współdzieleniu danych czy zapewnieniu możliwości pracy grupowej dla geograficznie rozproszonych użytkowników. Systemy te w większości oferują usługi gromadzenia danych o wojskach własnych i przeciwnika oraz udostępniania ich w postaci tekstowej i graficznej. Zauważalne braki dotyczą elementów wspomaganie decyzji, wykorzystujących formalne metody wspomaganie decyzji. Na rozproszony system dowodzenia możemy patrzeć z dwóch perspektyw: organizacyjnej oraz technologicznej. Pierwsza perspektywa dotyczy struktury systemu dowodzenia, na którą składają się dwie podstawowe grupy elementów: stanowiska dowodzenia oraz elementy sieci łączności. Druga perspektywa dotyczy zautomatyzowanych systemów dowodzenia, które

funkcjonują na różnych szczeblach dowodzenia, w różnych rodzajach wojsk. W Siłach Zbrojnych RP funkcjonuje wiele zautomatyzowanych systemów dowodzenia i wspomaganie szkolenia wojsk, jak np.: Szafran, Kolorado, Złocień (wojska lądowe) oraz Dunaj, Podbiał, ICC (siły powietrzne) a także Łeba, MCCIS, Siwosz (marynarka wojenna).

Projektowanie rozproszonych systemów informatycznych, działających przy ostrych ograniczeniach czasowych oraz rosnących potrzebach w zakresie przesyłania i przetwarzania danych a także w trudnych warunkach środowiskowych, wynikających z konieczności działania na polu walki, względnie częstego rozwijania/zwijania oraz przemieszczania stanowisk dowodzenia i sieci łączności, w warunkach oddziaływania ogniowego i radio-elektronicznego, jest złożonym problemem inżynierskim [3], [4]. Wyniki etapu projektowania, jeszcze przed rozpoczęciem jego implementacji, powinny przejść fazę oceny jakości przyjętych rozwiązań, w tym niezawodności i efektywności. Stosuje się w tym celu analityczne i symulacyjne metody oceny wskaźników niezawodności i efektywności, wykorzystując badania operacyjne, w tym: teorię niezawodności i eksploatacji, teorię masowej obsługi, teorię grafów i sieci, optymalizację wielokryterialną, teorię gier oraz symulację komputerową.

W dalszej części opracowania omówione zostaną aktualne kierunki badań związanych z modelowaniem, projektowaniem i integracją systemów wspomagania dowodzenia. Przedstawione zostaną zagadnienia związane z teleinformatyczną platformą integracji systemów rozproszonych oraz wymiany danych w rozproszonej symulacji działań bojowych (punkt 2). Zaprezentowane będą możliwości zastosowania metod badań operacyjnych oraz modeli i metod sztucznej inteligencji dla potrzeb wspomagania dowodzenia we współczesnych operacjach militarnych (punkt 3). Istotnym składnikiem osiągania zdolności sieciocentrycznej przez system dowodzenia jest możliwość udostępniania jednolitego obrazu pola walki. Przedsięwzięcia konieczne do realizacji, w związku z udostępnianiem tej usługi, będą prezentowane w rozdziale 4. Na koniec omówiony zostanie przykład systemu wspomagania decyzji dla zautomatyzowanych systemów dowodzenia (punkt 5).

2. Teleinformatyczna platforma integracji rozproszonych systemów dowodzenia oraz wymiany danych w rozproszonej symulacji działań bojowych

W celu efektywnego wykorzystania usług rozproszonych systemów dowodzenia konieczna jest ich integracja (w różnych płaszczyznach). Nie jest to zadanie proste z powodu różnych architektur i interfejsów wejścia-wyjścia, poprzez które są „widziane” i „widzą” inne systemy. W systemach dowodzenia funkcjonuje wiele sposobów i protokołów/interfejsów wymiany danych: Link (dla systemów czasu rzeczywistego), HLA/RTI (dla systemów symulacyjnych), MIP (dla systemów baz danych), ADatP3 (dla sformalizowanych dokumentów bojowych). Jednym z podejść do integracji systemów jest architektura zorientowana usługowa (ang. Service-Oriented Architecture - SOA). W przypadku rozproszonych systemów dowodzenia o różnych architekturach, udostępniających dane na różnym poziomie szczegółowości i w różnych formatach, badanie efektywności rozwiązań zgodnych z SOA, jest istotnym zadaniem prowadzonym zarówno w Polsce (m.in. na Wydziale Cybernetyki WAT), jak i na świecie. Jedną z pierwszych prób integracji danych pozyskiwanych ze zautomatyzowanych systemów dowodzenia funkcjonujących w SZ RP jest prototyp opracowanego na Wydziale

Cybernetyki WAT systemu GURU (Zautomatyzowane Narzędzia Wspomagania Decyzji). Uzupełnia on zautomatyzowane systemy dowodzenia - KOLORADO, SZAFRAN, ŁEBA/MCCIS, PODBIAŁ, DUNAJ (obiekt CRR-20) oraz system symulacyjny ZŁOCIEN o procedury decyzyjne oparte na systemach eksperckich oraz metodach optymalizacji (patrz punkt 5).

Integracja zautomatyzowanych systemów dowodzenia powinna zapewnić efektywne formy współdziałania sztabowego. Za podstawowy cel integracji uznaje się możliwość automatycznej wymiany i zobrazowania dokumentów rozkazodawczych, w dalszej kolejności współpracę nad tworzeniem nowych planów działań i rozkazów operacyjnych czy w końcu tworzenie i udostępnianie według potrzeb i uprawnień jednolitego zobrazowania operacyjnego. Integracja zautomatyzowanych systemów dowodzenia powinna ostatecznie zapewnić skuteczny proces dowodzenia operacjami połączonymi. Tym samym uznaje się za konieczną budowę operacyjnej bazy danych na potrzeby systemów dowodzenia w celu gromadzenia spójnej informacji o położeniu wojsk, umożliwieniu śledzenia pododdziałów (pojedynczego okrętu, platformy lądowej lub powietrznej) oraz monitorowaniu stanu personelu, środków i materiałów.

Mechanizmy integracji implementowane są wielowarstwowo: w warstwie wymiany meldunków, w warstwie zobrazowania aktualnej sytuacji na polu walki, w warstwie odpowiedzialnej za utrwalanie i przechowywanie danych oraz w warstwie wymiany danych. Zapewnia to elektroniczną wymianę dokumentów rozkazodawczych i zobrazowanie wybranych treści tych dokumentów, co powinno być możliwe zarówno w pionie (od podwładnego do przełożonego i odwrotnie), jak i w poziomie (między równorzędnymi sztabami, między sztabami różnych rodzajów wojsk). Do tego celu proponuje się wykorzystać standardy ADatP3 i APP6A.

ADatP-3, jako standard określający strukturę komunikatów stosowanych w siłach zbrojnych NATO, jest powszechnie przyjęty i na chwilę obecną jest jedynym formatem, który może posłużyć do wymiany dokumentów rozkazodawczych w zintegrowanym zautomatyzowanym systemie dowodzenia. Określa formaty komunikatów wraz ze specyfikacją zdań składowych, z uwzględnieniem kolejności ich występowania i co najważniejsze z jednoznaczną terminologią.

Standard APP6A wprowadza wspólne symbole operacyjne, zasady ich kreślenia i obrazowania. Ustanawia jeden spójny system symboliki wojskowej dla wojsk lądowych, który powinien być używany w systemach dowodzenia posiadających funkcjonalność obrazowania sytuacji operacyjnej na podkładzie mapowym. Wojska lądowe dążą do wdrożenia tego standardu w innych rodzajach wojsk. Cel ten został już osiągnięty w wielu krajach NATO.

Program Military Interoperability Programme (MIP) jest próbą osiągnięcia wspólnej platformy komunikacyjnej oraz reprezentacji danych w heterogenicznych systemach dowodzenia współpracujących wojsk. Punktem centralnym jest model danych opracowywany w kolejnych wersjach standardu (nazywanych „baseline”). W MIP starano się uchwycić wszystkie informacje oraz zależności między nimi, które mogłyby być wymieniane przez systemy dowodzenia sprzymierzonych armii, dając w ten sposób pełny obraz pola walki oraz umożliwiając wymianę ustandaryzowanych danych między różnymi systemami operującymi w różnych interfejsach językowych. Ułatwić ma to w efekcie międzynarodową współpracę koalicjantów w zespołowym osiąganiu wspólnych celów.

Do migracji danych oraz ich translacji MIP wykorzystuje m.in. koncepcję architektury SOA. Systemy C2IS traktowane są przez MIP jako odmiana systemów dziedzicznych, a sama platforma MIP jako szyfrowana szyna danych, zawierająca kanoniczną formę przekazywanych danych w ramach przyjętego modelu „baseline”. Takie podejście pozwala na współdzielenie danych za pomocą standardowych interfejsów wymienionych w specyfikacji platformy, między różnymi systemami, na różnych szczeblach dowodzenia. Ważną cechą tej platformy jest jej nieinwazyjność w stosunku do systemów dziedzicznych (C2IS), które w celu komunikacji z innymi systemami muszą jedynie implementować odpowiedni interfejs.

Stworzony w programie MIP kanoniczny model danych (ang. Common Data Model) jest rozwijany i poprawiany iteracyjnie. Model ten opracowano na podstawie analizy wymagań na wymianę danych między koalicjantami oraz informacji, które muszą być przekazywane pomiędzy dowódcami różnego szczebla. Model kanoniczny miał do chwili obecnej cztery wersje. Aktualna wersja to JC3IEDM (Joint Command, Control and Consultation Information Exchange Data Model), która w NATO jako STANAG 5525 jest w procesie ratyfikacji. Wychodząc na przeciw nowym

technologiom, specyfikacja proponuje oprócz transfer danych na języku XML, wykorzystując ku temu odpowiednie transformaty XSD oparte na modelu danych zdefiniowanym w JC3IEDM. Szerzej na temat integracji systemów dowodzenia na platformie teleinformatycznej można przeczytać w [10].

Sprzętowo-programowa platforma wymiany danych w rozproszonej symulacji działań bojowych powinna charakteryzować się otwartością architektury, umożliwiając jej maksymalną użyteczność i elastyczność. Współczesne rozwiązania w zakresie sieci komputerowych dają duże możliwości tworzenia rozproszonych architektur systemów symulacyjnych, w których występować mogą stanowiska symulacji konstruktywnej, symulacji wizualnej oraz rzeczywiste symulatory lub trenazery. Komunikację pomiędzy elementami środowiska symulacyjnego zapewnić mogą różne mechanizmy, spośród których wymienić należy RPC, DCE, CORBA, RMI, WebServices, HLA. Większość obecnie konstruowanych symulatorów posiada architekturę wielowarstwową, w której wyróżnia się warstwę pośredniczącą (ang. middleware). Jest to uzasadnione heterogenicznością źródeł danych, różnymi językami i środowiskami programowania, długim planowanym okresem użytkowania systemu, koniecznością zapewnienia skalowalności i rekonfigurowalności, dużym jednoczesnym obciążeniem systemu przez użytkowników. Warstwa pośrednia integruje sprzęt, systemy operacyjne i aplikacje oraz izoluje warstwę użytkową od sieciowej, w tym szczegółów związanych z fizyczną organizacją sieci (adresy węzłów, nazwy domen, itd.). Użytkownik posiada dostęp tylko do elementów funkcjonalnych, bez wglądu do technicznej organizacji sieci. Z każdym mechanizmem związane są charakterystyczne protokoły, np. w warstwie prezentacji technologia DCOM wykorzystuje komponenty ActiveX a RPC (ang. Remote Procedure Call) jest podstawą komunikacji w standardach CORBA oraz HLA. CORBA i HLA umożliwiają dostosowanie istniejących aplikacji poprzez interfejsy w różnych językach programowania. Cechy tej nie posiada jednak RMI, będące rozwiązaniem opartym w pełni na Java. W odniesieniu do protokołów komunikacyjnych niskiego poziomu CORBA definiuje własny protokół IIOP, RMI wykorzystuje TCP/IP, natomiast HLA nie narzuca w definicji standardu ograniczeń, pozostawiając tę własność do określenia producentom implementacji HLA. Wszystkie trzy rozwiązania umożliwiają

zarządzanie obiektami, ale tylko HLA posiada usługi zarządzania czasem symulacyjnym. Zatem podstawowe standardy „przemysłowe” warstwy pośredniej (np. CORBA) są jednak niewystarczające. Od prawie dziesięciu lat obligatoryjnym standardem warstwy pośredniej adresowanym dla systemów symulacji rozproszonej jest High Level Architecture (w wersji wojskowej DoD HLA 1.3 oraz w wersji cywilnej IEEE 1516). Został opracowany w postaci czterech zasadniczych dokumentów:

- HLA Framework and Rules – IEEE 1516;
- HLA Federate Interface Specification – IEEE 1516.1;
- HLA Object Model Template (OMT) – IEEE 1516.2;
- Recommended Practice for High Level Architecture Federation Development and Execution Process (FEDEP) – IEEE 1516.3-2003.

Szerzej na temat integracji systemów modelowania i symulacji działań bojowych różnych rodzajów SZ RP oraz działań połączonych można przeczytać w [13].

3. Metody wspomagania dowodzenia w procesie planowania działań operacyjnych

Systemy wspomagania decyzji (ang. Decision Support Systems (DSS)) odgrywają wielką rolę w zaawansowanych technicznie armiach różnych krajów, usprawniając m.in. procesy związane z planowaniem działań wojennych [8]. Plany i decyzje podjęte z pomocą eksperckich systemów wspomagania decyzji zwiększają możliwości rozważenia większej liczby rozwiązań możliwych do zastosowania. Metody sztucznej inteligencji, w tym systemy eksperckie i sieci neuronowe, znajdują liczne zastosowania w różnych armiach. Zadania realizowane przez wojskowe systemy wykorzystujące techniki sztucznej inteligencji są następujące:

- interpretacja (analiza różnego rodzaju danych napływających z pola walki), w tym rozpoznanie sytuacji decyzyjnych (często polegające na identyfikacji wzorców);
- diagnozowanie (poszukiwanie defektów, nieprawidłowych działań w różnych systemach);
- monitorowanie (ciągła obserwacja i interpretacja sygnałów pochodzących

z obserwowanych obiektów w rzeczywistym czasie);

- predykcja (przewidywanie biegu wydarzeń w oparciu o modelowanie zjawisk);
- planowanie (wypracowywanie czynności potrzebnych do osiągnięcia określonych celów);
- projektowanie (działań, struktur, urządzeń);
- robotyzacja pola walki (wykorzystanie robotów do szczególnie niebezpiecznych zadań, np. rozminowanie pól minowych, dezaktywacja terenu skażonego).

W ramach modelowania działań bojowych i wspomagania dowodzenia można wyróżnić następujące obszary militarnych zastosowań badań operacyjnych i metod sztucznej inteligencji [1], [8]:

- modele walki;
- modele szczebla taktycznego – modele pojedynków i walk grupowych;
- modele szczebla operacyjno-taktycznego i operacyjnego – modele masowe;
- metody wspomagania dowodzenia;
- zadania optymalizacji decyzji i algorytmy ich rozwiązywania;
- informatyczne systemy wspomagania decyzji (w tym systemy eksperckie).

Dodatkowymi kryteriami pozwalającymi przeprowadzić klasyfikację zastosowań badań operacyjnych i sztucznej inteligencji są:

- rodzaje sił zbrojnych,
- rodzaje działań wojsk,
- operacje wojenne,
- operacje pokojowe,
- udział w zwalczaniu skutków klęsk żywiołowych.

Omówienie metod wspomagania dowodzenia w tradycyjnych działaniach militarnych, na których opierają się również działania połączone, wymaga odwołania się do określenia procesu dowodzenia. Wyróżnia się różne fazy cyklu decyzyjnego: ustalanie położenia, planowanie, stawianie zadań, kontrola. Zarówno w fazie ustalania położenia, jak i w fazie planowania, wykorzystuje się metody badań operacyjnych oraz techniki sztucznej inteligencji. Przy ustalaniu położenia szczególnie analiza możliwości wykrycia celów pociąga za sobą potrzebę optymalizacji użycia środków rozpoznawczych oraz zastosowania technik rozpoznawania wzorców w procesie klasyfikacji terenu i możliwości jego pokonywania.

PLANOWANIE

- Ocena sytuacji (*etapy*)
 - Analiza zadania (*Czynności*)
 - Sprecyzowanie zadania własnego;*
 - Określenie myśli przewodniej - celu działania;*
 - Określenie kryteriów do porównania wariantów działania;
 - Wytyczne do pracy sztabu;
 - Ocena czynników wpływających na wykonanie zdania;*
 - Ocena otoczenia;
 - Ocena przeciwnika;
 - Wypracowanie wariantów działań przeciwnika;*
 - Ocena wojsk własnych;
 - Opracowanie wariantów działania;*
 - Rozważenie wariantów działania;*
 - Porównanie wariantów działania;*
 - Decyzja i zamiar dowódcy;
 - Opracowanie planu operacji.

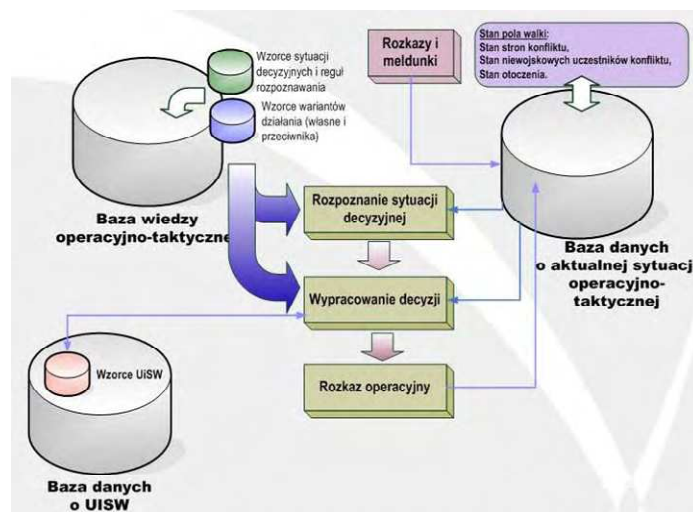
Sposób wykorzystania sił w działaniach połączonych jest w znacznej mierze zdeterminowany naturą działań wojennych, które są jednym z instrumentów polityki. W tej sytuacji zwycięstwo w wojnie współczesnej nie musi być mierzone wielkością zadanych strat, poniesionych ofiar, zwycięskimi czy przegranymi starciami lub też zajęтыми terenami. Miarą zwycięstwa jest obecnie stopień osiągnięcia politycznych celów wojny i charakter tego celu bardzo silnie wpływał będzie na wykorzystanie poszczególnych komponentów zadaniowych, a w tym i w działaniach połączonych. Strategia prowadzenia wojny, a przede wszystkim dokonany przez kierownictwo wybór elementów do atakowania oraz sposobu atakowania tych elementów mieć będzie decydujący wpływ na sposób

wykorzystania poszczególnych komponentów – rodzajów sił w działaniach połączonych.

Podejmowanie decyzji w operacji i walce jest problemem złożonym, wymagającym uwzględnienia dużej ilości danych przy istotnych ograniczeniach czasowych. Dla sprawnego zarządzania w sytuacjach konfliktowych, jakimi są sytuacje pola walki, niezbędne jest wykorzystanie technik informatycznych wspomagających podejmowanie decyzji. Na potrzeby szeroko rozumianego wspomaganie podejmowania decyzji w operacji i walce z wykorzystaniem narzędzi informatycznego wspomaganie niezbędne jest posiadanie sformalizowanych opisów modeli i metod wspomaganie decyzji [9], [10], [15], [16].

W literaturze związanej z wykorzystaniem modeli i metod badań operacyjnych oraz sztucznej inteligencji do modelowania procesów pola walki trudno doszukać się rozwiązań spektakularnych, gotowych do natychmiastowej implementacji. Często są to rozwiązania niepublikowane, o charakterze niejawnym. Dobrym źródłem informacji dotyczącym opisywanej problematyki są materiały z dwóch cyklicznych konferencji: krajowej “Automatyzacja dowodzenia” [11] oraz międzynarodowej „Military Communication and Information Systems Conference” (MCC, RCMCiS) [12].

W ramach prowadzonych na Wydziale Cybernetyki WAT prac zaproponowany został pewien schemat postępowania łączący techniki badań operacyjnych i sztucznej inteligencji do rozwiązywania realnych problemów decyzyjnych na polu walki. Został on zaprezentowany na Rysunku 1.



Rys. 1. Schemat wspomaganie decyzji w sytuacjach konfliktowych i kryzysowych

4. Metody tworzenia i udostępniania jednolitego obrazu pola walki w rozproszonych systemach dowodzenia

Współczesne systemy dowodzenia oraz systemy wspomaganie decyzji na polu walki muszą uwzględniać szeroki zakres funkcjonalności związanej ze zobrazowaniem aktualnej sytuacji na polu walki [6]. Rozwój technologii pozwolił na zwielokrotnienie źródeł danych, z których taki obraz może być zasilany. Można tu wymienić: sieci sensorów, zautomatyzowane systemy dowodzenia i ich bazy danych oraz sensory zintegrowane z systemami uzbrojenia. Biorąc pod uwagę te wymagania wprowadzono nowy termin określający specyficzny zakres usług, pozwalający na dostarczenie skorelowanego, zagregowanego i syntetycznego obrazu pola walki. Zakłada się, że wytworzony zbiór danych, wizualizowany w systemie GIS, zawiera możliwie aktualną informację dotyczącą wszystkich aktorów egzystujących na polu walki, uwzględniając w szczególności: lokalizację sił własnych, obcych i neutralnych, morskich, powietrznych i lądowych oraz zawierający dodatkowe dostępne informacje wywiadowcze i środowiskowe, które umożliwiają zarządzanie polem walki. Network Centric Warfare (NCW), czyli koncepcja operacji sieciocentrycznych, będąca jednym z priorytetowych kierunków badań i rozwoju technologii, opiera się na uzyskiwaniu przewagi informacyjnej na polu walki, wykorzystując wielość źródeł informacji oraz mechanizmów trafnego i precyzyjnego dostarczania obrazu operacji. Wynikiem analizy potrzeb koncepcji NCW stało się określenie wymagań zobrazowania mapowego, które ma w pełni wyposażać dowódców poszczególnych szczebli w narzędzie wspomaganie prowadzenia działań.

Biorąc pod uwagę specyfikę systemu dowodzenia, którego jedną z głównych cech jest rozproszenie elementów decyzyjnych oraz elementów wykonawczych, mechanizmy uwspólnionego obrazu pola walki powinny udostępniać wspólną warstwę integracji oraz wizualizacji danych o różnym stopniu szczegółowości. Proponowane metody muszą uwzględniać rozproszenie tych źródeł i stosowane w nich różne typy opisu danych. Detale wizualizowanych danych są jednym z aspektów odróżniających Common Tactical Picture (CTP) oraz Common Operational Picture (COP). Kolejnym stają się źródła zasilające i ich

autonomia. Obraz taktyczny CTP prezentuje aktualną lokalizację sił i niewralgicznych obiektów pola walki oraz infrastruktur w czasie rzeczywistym. Obraz operacyjny COP wiąże wyselekcjonowane informacje z wielu systemów dowodzenia, sensorów (o różnym zagregowaniu). Zadaniem COP jest łączenie danych o różnej rozdzielczości pochodzących z CTP z dodatkowymi informacjami pogodowymi oraz statystycznymi.

Wymagania stawiane zobrazowaniu pola walki obejmują dostarczenie mechanizmów:

- dostosowania atrybutów zobrazowania;
- manipulowania warstwami GIS, warstwami zawierającymi dane taktyczne oraz operacyjne.
- analizy planowania;
- wprowadzania dodatkowych warstw dla zadań i elementów graficznych;
- objaśniania i wyjaśniania aspektów symboliki taktycznej oraz map elektronicznych;
- wytwarzania danych i raportowania.

W ramach budowanych rozwiązań COP, bardzo często oprócz samych aplikacyjnych mechanizmów GIS, dostarcza się dodatkowo warstwy pośrednie, których zadaniem jest filtrowanie oraz agregacja danych. Wprowadzenie technologii związanych z sieciami semantycznymi zaowocowało rozwojem modeli ontologicznych. Bazując na nich możemy wytworzyć nowe zbiory danych, które dzięki swoim właściwościom nie tylko pozwalają na przechowywanie danych, ale również na implementację metod wnioskowania. Narzędzia zezwalające na budowanie systemów regułowych oraz implementację mechanizmów wnioskujących dostępne są od wielu lat, jednak dopiero zastosowanie opisu semantycznego oraz budowanie modeli ontologicznych i wykorzystywanie rozszerzonej semantyki modeli pozwala na automatyzację integracji heterogenicznych źródeł danych. Prowadzone badania w ramach NATO wykazały użyteczność modeli ontologicznych, szczególnie w domenie automatyzacji wnioskowania, które może prowadzić do agregacji, łączenia, kojarzenia dużych zbiorów danych reprezentujących sytuację na polu walki.

Wiele prac dotyczących wykorzystania ontologii w modelowaniu pola walki odnosi się do problemu budowania świadomości sytuacyjnej (ang. Situation Awareness), której elementem są CTP oraz COP [5], [6]. W tym przypadku modele ontologiczne wykazują szczególną użyteczność z powodu oferowania

rozszerzonego opisu domeny, która podlega analizie włączając taksonomię pojęć, typy relacji pomiędzy pojęciami oraz zdania logiki pierwszego rzędu. Narzędzia oferowane w ramach relacyjnego modelu danych zostały zaadoptowane również w modelach semantycznych, udostępniając takie języki, jak SPARQL oraz RQL, pozwalające na budowanie zapytań zdefiniowanych na grafie semantycznym.

Poprzez analogię do rozproszonej architektury systemu dowodzenia rozwiązania oferujące budowanie wspólnego obrazu pola walki oparte są na oprogramowaniu sieciowym oferującym różne mechanizmy integracyjne. Wśród nich znajdziemy mechanizmy niskopoziomowe gniazd, obiektowe CORBA, RMI oraz coraz bardziej popularne mechanizmy wykorzystujące XML oraz HTTP. Rozwój architektur SOA zapoczątkował nowe koncepcje budowania uwspólnionego obrazu pola walki oraz opracowanie szeregu technologii ukierunkowanych na wydajne dostarczanie usług z wykorzystaniem np. interfejsu webowego w postaci Web Serwisów. Specyfika usług COP, CTP wymusza jednak dużo większą efektywność działania tych mechanizmów. Rozwijające się alternatywne warstwy pośrednie SOA w ramach największych organizacji OpenSource (Apache Jakarta, Eclipse, OSGi), ukierunkowane zostały na oferowanie wydajnych infrastruktur oraz usług.

5. Przykład systemu wspomaganie decyzji na potrzeby zautomatyzowanych systemów dowodzenia

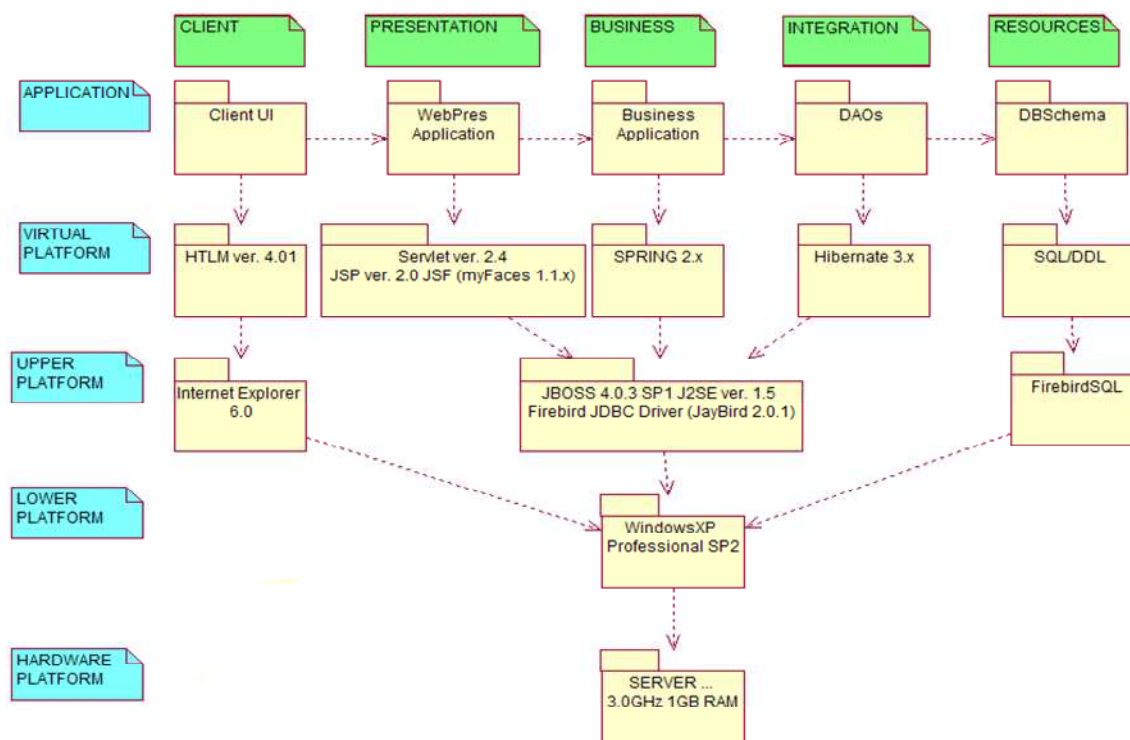
W rozdziale tym zostanie krótko zaprezentowany system „Zautomatyzowane narzędzia wspomaganie decyzji - System Ekspercki”, pk. GURU, który powstał w Wydziale Cybernetyki WAT na zlecenie DPZ MON. ZNWD GURU jest zestawem oprogramowania, zawierającym ekspertowe narzędzia wspomaganie decyzji w zakresie dowodzenia i kierowania dla zautomatyzowanych systemów dowodzenia SZ RP. Przeznaczony jest do wspomaganie podejmowania decyzji przez użytkowników następujących systemów macierzystych: KOLORADO, SZAFRAN ZT, DUNAJ, PODBIAŁ, ŁEBA, ZŁOCIEN, dla działań połączonych. ZNWD GURU poszczególnym systemom macierzystym udostępnia funkcje w zakresie opisanym poniżej:

- dla systemów KOLORADO, SZAFRAN, ZŁOCIEN:
 - wspomaganie dowodzenia jednostkami walczącymi;
 - wspomaganie dowodzenia jednostkami dowodzenia i łączności;
 - wspomaganie dowodzenia jednostkami rozpoznawczymi;
 - wspomaganie dowodzenia jednostkami WRiA;
 - wspomaganie dowodzenia OPL;
 - wspomaganie w zakresie zabezpieczenia logistycznego wojsk lądowych;
 - wspomaganie wypracowania decyzji w zakresie wykorzystania wojsk inżynierskich;
 - wspomaganie wypracowania decyzji w zakresie wykorzystania wojsk obrony przeciwchemicznej.
- dla systemów ŁEBA/MCCIS:
 - wspomaganie wypracowania decyzji w zakresie stawiania zadań bojowych/operacyjnych;
 - wspomaganie dowodzenia jednostkami rozpoznawczymi i WE;
 - wspomaganie w zakresie zabezpieczenia logistycznego.
- dla systemu PODBIAŁ:
 - wspomaganie wypracowania decyzji w zakresie wykorzystania posiadanych sił i środków lotnictwa: lista obiektów uderzeń i cele krytyczne, możliwości realizacji zadań ofensywnych i defensywnych, planowanie wysiłku powietrznego SP na podstawie zamówień, ustalanie wsparcia lotniczego na wezwanie z pola walki, koordynacja wsparcia lotniczego z działaniami wojsk obrony przeciwlotniczej WL.
- dla systemu DUNAJ:
 - wspomaganie planowania misji CSAR;
 - wspomaganie planowania misji SAR;
 - wspomaganie reagowania na cywilne obiekty powietrzne typu „Renegade”.
 - wspomaganie wypracowania decyzji w zakresie wykorzystania sił i środków lotnictwa;
- w zakresie działań połączonych:
 - wspomaganie opracowania wariantów działań połączonych;
 - wspomaganie rozważania wariantów;
 - wspomaganie oceny ilościowej wariantów oraz porównania wariantów.

Do rozwiązywania sformułowanych problemów decyzyjnych wykorzystuje się następujące modele i metody badań operacyjnych oraz sztucznej inteligencji:

- modele i metody optymalizacji liniowej dyskretnej i ciągłej, np. do wyznaczania optymalnego rozmieszczenia stacji zakłócania, stanowisk dowodzenia, węzłów łączności;
- modele i metody teorii grafów i sieci: np. do planowania tras dla jednostek, patroli, konwojów;
- modele i metody optymalizacji wielokryterialnej, np. do oceny wariantów działań i wyboru najlepszego wariantu;
- symulację komputerową: np. do rozważania (symulacji) wariantów działań;
- modele i algorytmy harmonogramowania: do harmonogramowania zaopatrzenia, harmonogramowania patroli rozpoznawczych, wyznaczania harmonogramów zwijania, rozwijania i przemieszczania stanowisk dowodzenia i węzłów łączności;
- rozpoznawanie wzorców: np. do identyfikacji sytuacji decyzyjnych;
- elementy systemów eksperckich, np. baza wzorców sytuacji decyzyjnych, baza wzorców działań w określonych sytuacjach decyzyjnych, ekspercka ocena wariantów, wnioskowanie o sposobie dojścia do rozwiązania.

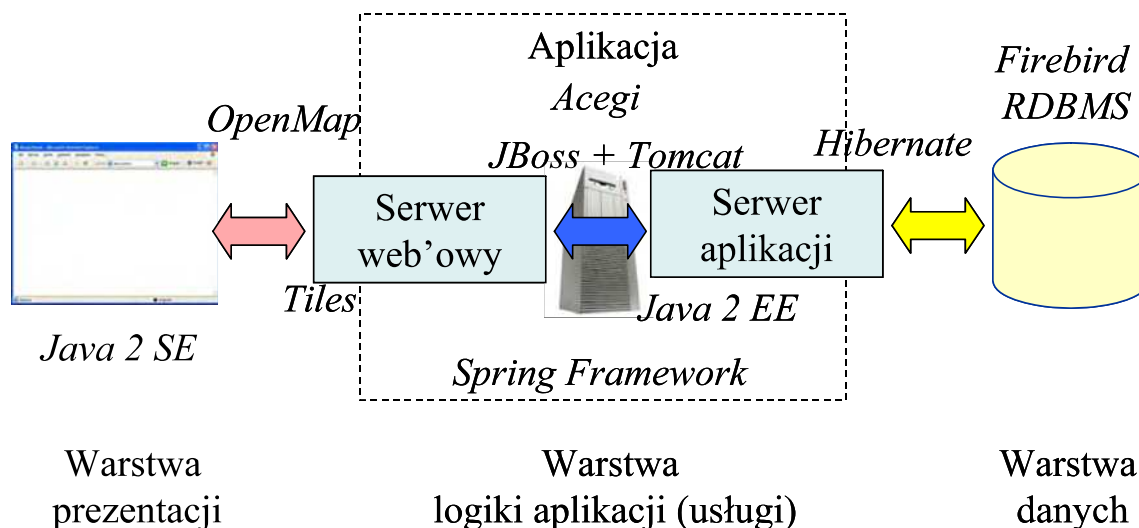
Architektura systemu GURU wykorzystuje aktualnie promowany wielowarstwowy model klient-serwer. Zastosowany podział na warstwy: danych, logiki, integracji i zobrazowania umożliwia niezależne konfigurowanie i dostosowywanie ich do potrzeb użytkownika, w tym użytkowanych systemów wspomaganie dowodzenia. Szczegóły podziału na warstwy systemu prezentuje Rysunek 2.



Rys. 2. Architektura systemu GURU

Przyjęte rozwiązania technologiczne opierają się na idei serwera aplikacji udostępniającego usługi aplikacjom klienckim pracującym pod kontrolą przeglądarki internetowej zainstalowanej w dowolnym systemie operacyjnym. Uniezależnienie się od bieżącej (bądź planowanej) architektury sprzętowo-operacyjnej systemu macierzystego czyni to rozwiązanie zarówno przenaszalnym, jak też bezpiecznym dla współpracujących systemów. Wykonanie funkcji systemu w postaci konfigurowalnych usług zapewnia

w każdym etapie wytwarzania i eksploatacji systemu aktualizację, rozszerzenie lub wymianę bez konieczności ingerowania w oprogramowanie warstwy danych i zobrazowania. Należy podkreślić, iż wykorzystane komponenty programowe mają status open-source, a zatem nie wymagają żadnych opłat z tytułu licencji i utrzymania. Ponadto, użytkownik posiada możliwość i uprawnienia do modyfikacji kodów źródłowych, dostosowujących aplikację do zmieniających się potrzeb.



Rys. 3. Składowe logiczne i fizyczne architektury systemu GURU

Składowe logiczne i fizyczne architektury systemu GURU (zaprezentowane na Rys. 3) są następujące:

- Java 2 SE (klient) oraz Java 2 EE (serwer);
- JBoss Application Server (z kontenerem Tomcat);
- Firebird RDBMS;
- Java Server Faces (Apache myFaces);
- Spring Framework (implementacja MVC);
- Hibernate (wsparcie w 'Model');
- OpenMap (wsparcie w 'View');
- Axis Framework for Java Web Services;
- Implementacja bazy danych standardu JC3.

Elementami otoczenia operacyjnego systemu GURU są bazy danych odpowiednich systemów macierzystych. Pozyskanie informacji z tych elementów jest realizowane za pomocą mechanizmu usług sieciowych realizowanych w oparciu o protokoły Web Services, SOAP i XML.

Kluczowym składnikiem systemu, stanowiącym wspólny model opisu i przetwarzania danych, jest baza danych w standardzie JC3, do której realizowany jest import niezbędnych zasobów informacyjnych z każdego systemu macierzystego [7]. Procedura migracji danych wymaga wykonania następujących czynności:

- pozyskania informacji o zakresie udostępnianych danych w systemie macierzystym;
- odczytania danych, konwersji i zachowania danych w strukturze zgodnej ze standardem JC3 bazy danych systemu GURU;
- przeniesienia zawartości bazy JC3 do bazy danych operacyjnych systemu GURU.

Przyjęcie standardu JC3, jako obowiązkowego w procesie wymiany danych z każdym systemem macierzystym, stanowi ważny krok na drodze integracji informacyjnej systemów dowodzenia stosowanych w Siłach Zbrojnych RP. Natomiast zastosowane rozwiązania, bazujące na stosie protokołów Web Services, gwarantują otwartość, przenośność i rozszerzalność procesu wymiany danych pomiędzy systemami z jednym ograniczeniem: konieczność wykorzystania modelu JC3 jako wspólnego opisu przetwarzanych danych.

Wyniki działania usług, w szczególności elementy decyzji, przesyłane są zwrótnie do odpowiednich systemów dowodzenia w generowanym przez system GURU dokumencie bojowym (FRAGO) poprzez zintegrowany podsystem poczty elektronicznej.

System GURU umożliwia prezentację danych GIS oraz informacji o sytuacji operacyjno-taktycznej będącej podstawą w procesie decyzyjnym wspomaganym przez system (patrz Rysunek 4). Opis sytuacji podlegający zobrazowaniu zawiera:

- dane o jednostkach, obiektach powietrznych i morskich uzupełnione o strukturę jednostek, statusy, położenia elementów ugrupowania, stany osobowe, potencjały bojowe;
- wyniki działania usług, obrazujące wyznaczone warianty działania, drogi przemieszczania elementów ugrupowania, obszary zainteresowania poszczególnych jednostek, obszary zagrożenia zgodnie ze standardem APP6A, itp.

Źródła danych GIS systemu GURU to: dane mapowe standardów CADRG (podkłady rastrowe), DTED (mapy wysokościowe), ESRI

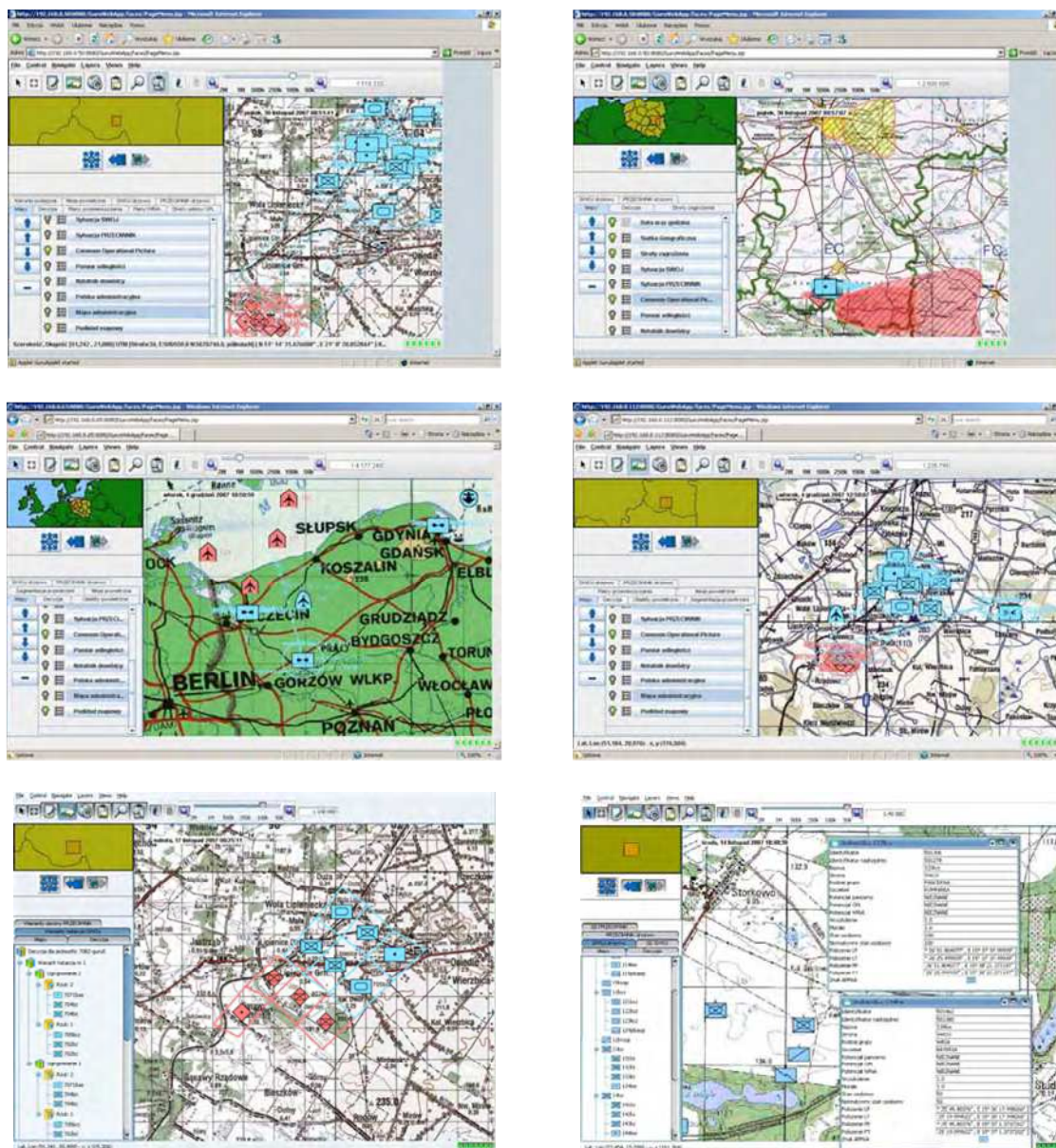
Shape (mapa sieci drogowo-kolejowej, mapa polityczna, mapa administracyjna, mapa hydrologii obszaru Polski).

Ponadto w systemie zgromadzono i udostępniono mapę akwenu Morza Bałtyckiego (w tym głębokościową). Programowa realizacja komponentu mapowego w systemie GURU oparta jest na podsystemie OpenMap, który zasilany jest danymi poprzez mechanizmy sieciowe (w tym Remote Method Invocation), co umożliwia rozproszenie usług zobrazowania oraz wykorzystanie ich w przyjętej technologii WWW. Algorytmy selekcji i udostępniania zostały zaprojektowane pod kątem niezawodności i stabilności działania w przeglądarce klienta bez ograniczenia dostępu do dużych zasobów bazodanowych. Generowana podczas wykonywania usług sytuacja

operacyjno-taktyczna wprowadzana jest

w postaci kolejnych warstw mapowych, dając operatorom możliwość doboru odpowiednich filtrów w prezentacji danych mapowych. Przyjęta technologia, komponenty programowe i źródła danych umożliwiają wzbogacenie zakresu zobrazowania o wskazane elementy sytuacji operacyjno-taktycznej.

Zaimplementowany mechanizm wymiany danych pomiędzy systemami dowodzenia stosowanymi w SZ RP z wykorzystaniem standardowego modelu JC3 może stanowić podstawę do dalszych prac nad informacyjną integracją systemów dowodzenia, a w konsekwencji uzyskania spójnego odwzorowania sytuacji operacyjno-taktycznej w działaniach połączonych.



Rys. 4. Graficzny interfejs użytkownika w systemie GURU

6. Podsumowanie

W artykule przedstawione zostały problemy modelowania, projektowania i integracji systemów wspomagania dowodzenia. W szczególności zwrócono uwagę na najważniejsze i najbardziej obiecujące technologie teleinformatyczne oraz formalne metody wspomagania decyzji, które rozpatrywane są w światowych badaniach.

W związku z przewidywaną realizacją programu osiągania przez SZ RP zdolności do działań sieciocentrycznych, opracowuje się metody ilościowe oceny wpływu zastosowania nowych procedur dowodzenia i form działania wojsk na efektywność realizacji postawionych zadań. Prowadzenie działań siecio-centrycznych wymaga posiadania m.in. procedur dowodzenia dostosowanych do wzrastających możliwości podsystemu technicznego w zakresie przesyłania danych

o sytuacji na polu walki. Dlatego też opracowuje się nowe koncepcje procedur dowodzenia, które uwzględniają różnorodność napływających danych. Wspomniany system GURU może być wprost wykorzystany do opracowywania i testowania nowych procedur dowodzenia. System posiada także elementy wspomagania wypracowania decyzji dla działań połączonych, zatem udostępniane mechanizmy mogą służyć badaniu efektywności decyzji wypracowywanych w ramach planowania tych działań [2]. Efektywność dowodzenia [14] z wykorzystaniem systemu sieciocentrycznego zależeć będzie od umiejętnego „filtrowania” napływających danych oraz eksploracji danych już posiadanych. W tym celu wykorzystuje się zaawansowane techniki eksploracji danych (ang. data mining), prognozowanie oraz analizę wielowymiarową w celu pozyskiwania i przetwarzania określonych danych w określonym czasie i określonej formie [5]. Uwzględnia się możliwość szerokiego udostępnienia danych z rozpoznania nie tylko odpowiednim dowódcem, ale i pojedynczym środkiem walki, czy dowódcem niskiego szczebla operującym w zakresie dotyczącym terenu ich działania (COP). Udostępnienie tych danych ma służyć zwiększeniu efektywności procesu dowodzenia i skuteczności działania pojedynczych środków walki. Jednym z mierników efektywności w tym zakresie mogą być np.: czas wypracowania decyzji, trafność decyzji. Efekty te mogą podlegać weryfikacji poprzez wykorzystanie symulacji (np. Złocien, JTLS, Siwosz).

Praca częściowo finansowana z projektu badawczego zamawianego MNiSW Nr PBZ-MNiSW-DBO-02/I/2007: "Zaawansowane metody i techniki tworzenia świadomości sytuacyjnej w działaniach sieciocentrycznych" oraz z projektu rozwojowego MNiSW OR00005006 pt.: „Integracja systemów dowodzenia”.

7. Literatura

- [1] Antkiewicz R., Manikowski A., Tarapata Z.: Analiza aktualnych i identyfikacja przyszłych wojskowych zastosowań badań operacyjnych, *Sprawozdanie z PBW 907/99*, Wydział Cybernetyki, Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa 2000.
- [2] Antkiewicz R., Gąsecki A., Najgebauer A., Pierzchała D., Tarapata Z.: Computer support for joint operation planning processes, *Proceedings of the Military Communications and Information Systems Conference MCC'2008*, ISBN 83-920120-5-4, 23-24 September 2008, Cracow, Poland.
- [3] Cares J., Christian R., Manke R.: Fundamentals of Distributed, Networked Military Forces and the Engineering of Distributed Systems, *Technical Report 11,366*, Naval Undersea Warfare Center Division, Newport, Rhode Island, 2002.
- [4] Carver C., Hamilton S., Hill D.: Integrating heterogeneous systems for real-time distributed command and control, *Simulation Series*, 2003, vol. 35; part 1, 113-120.
- [5] Chmielewski M., Kasprzyk R.: Usage and characteristics of ontology models in network enabled capability operations, *Proceedings of the Military Communications and Information Systems Conference MCC'2008*, ISBN 83-920120-5-4, 23-24 September 2008, Cracow, Poland.
- [6] Chmielewski M.: Data fusion based on ontology model for common operational picture using OpenMap and Jena Semantic Framework, *Proceedings of the Military Communications and Information Systems Conference MCC'2008*, ISBN 83-920120-5-4, 23-24 September 2008, Cracow, Poland.
- [7] Koszela J., Chmielewski M.: The concept of C4I systems data integration for planning joint military operations based on JC3 standard, *Proceedings of the Military Communications and Information Systems*

- Conference MCC'2008*, ISBN 83-920120-5-4, 23-24 September 2008, Cracow, Poland.
- [8] Najgebauer A.: Informatyczne systemy wspomagania decyzji w sytuacjach konfliktowych. Modele, metody i środowiska symulacji interaktywnej, *Dodatek do Biuletynu WAT*, Warszawa, 1999.
- [9] Najgebauer A.: Decision support systems in the area of security and defense using the simulation and artificial intelligence techniques, *Proceedings of the Military Communications and Information Systems Conference MCC'2008*, ISBN 83-920120-5-4, 23-24 September 2008, Cracow, Poland.
- [10] Najgebauer A., Tarapata Z., Chmielewski M., Kasprzyk R.: Integracja systemów dowodzenia SZ RP, w: Mierczyk Z. (red.): *Nowoczesne technologie systemów uzbrojenia*, ISBN 978-83-89399-93-9, Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa 2008, 88-101.
- [11] *Materiały cyklicznej konferencji "Automatyzacja dowodzenia"* (z lat 2002-2007).
- [12] *Materiały cyklicznej konferencji „Military Communication and Information Systems Conference”* (MCC, RCMCiS) z lat 2002-2007.
- [13] Pierzchała D., Rulka J., Salamon M.: Integracja systemów modelowania i symulacji działań bojowych różnych rodzajów SZ RP oraz działań połączonych, w: Mierczyk Z. (red.): *Nowoczesne technologie systemów uzbrojenia*, ISBN 978-83-89399-93-9, Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa 2008, 76-87.
- [14] Sproles N.: The difficult problem of establishing Measures of Effectiveness for command and control: A systems engineering perspective, *Systems engineering*, vol. 4, no.2, pp. 145-155 (2001).
- [15] Tarapata Z.: Automatization of decision processes in conflict situations: modelling, simulation and optimization, w: Arreguin J.M.R. (edt.): *Automation and Robotics*, ISBN 978-3-902613-41-7, I-Tech Education and Publishing, Vienna (Austria) 2008, 297-328.
- [16] Tarapata Z.: Modeling, simulation and optimization of selected decision processes in conflict situations - a case study, *Polish Journal of Environmental Studies*, Vol.17, No. 3B (2008), 467-474