Grey Scale #13
Part Code ST1316
DANES PICTA .COM

AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

WYDZIAŁ WOJSK LĄDOWYCH

SYSTEMATYZOWANIE I MODELOWANIE SYTUACJI DECYZYJNYCH

Praca naukowo-badawcza
pk. „MODELOWANIE"

BIBLIOTEKA GŁÓWNA - ARCHIWUM
Nr ewid.
57800

WARSZAWA **2004**

Colour Chart #13
3/Color
DANES PICTA .COM

AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

WYDZIAŁ WOJSK LĄDOWYCH

BIBLIOTEKA GŁÓWNA - ARCHIWUM
Nr ewid. 57800
Akademii Obrony Narodowej

SYSTEMATYZOWANIE I MODELOWANIE SYTUACJI DECYZYJNYCH

pk. „MODELOWANIE"

praca naukowo-badawcza

Warszawa 2004

SPIS TREŚCI

WPROWADZENIE 3

1. METODOLOGICZNE PODSTAWY BUDOWY MODELI ZJAWISK RZECZYWISTYCH 8
   - 1.1. PROCES TWORZENIA MODELI MATEMATYCZNYCH 11
   - 1.2. PROBLEM IDENTYFIKACJI 14
   - 1.3. PROBLEM WERYFIKACJI MODELU 18
   - 1.4. PROBLEM BUDOWY PROGNOZY 20
   - 1.5. MODEL DETERMINISTYCZNY A STOCHASTYCZNY 23

2. WYBRANE METODY ANALIZ WIELOKRYTERIALNYCH 28
   - 2.1. METODY ANALIZ SYMBOLICZNYCH – METODY ILOŚCIOWE 31
   - 2.2. METODY ANALIZ SYMBOLICZNYCH – METODY JAKOŚCIOWE 39
   - 2.3. METODY SYMULACYJNE - MONTE CARLO 41

3. WIELOKRYTERIALNE MODELE SYTUACJI DECYZYJNYCH 45
   - 3.1. WIELOKRYTERIALNY MODEL WYBORU OPTYMALNEGO WARIANTU DZIAŁANIA 45
   - 3.2. WIELOKRYTERIALNY MODEL OCENY PORÓWNAWCZEJ ZGRUPOWAŃ WOJSK 51
   - 3.3. WIELOKRYTERIALNY MODEL OCENY WYBRANYCH TYPÓW ŚMIGŁOWCÓW TRANSPORTOWYCH 55
   - 3.4. MODELOWANIE OCENY TERENU DZIAŁAŃ BOJOWYCH .. 65

4. PROCES DECYZYJNY A MODELOWANIE SYTUACJI DECYZYJNYCH 74
   - 4.1. WPROWADZENIE 74
   - 4.2. MODEL USTALENIA POŁOŻENIA 77
   - 4.3. MODEL PLANOWANIA DZIAŁANIA 80
     - 4.3.1. MODEL OCENY SYTUACJI 81
     - 4.3.2. DECYZJA I ZAMIAR DOWÓDCY, OPRACOWANIE PLANU DZIAŁANIA 98
     - 4.3.3. OPRACOWANIE ROZKAZU OPERACYJNEGO (BOJOWEGO) 100
   - 4.4. MODEL STAWIANIA ZADAŃ 102
   - 4.5. MODEL KONTROLI 104

ZAKOŃCZENIE I WNIOSKI 110

BIBLIOGRAFIA 113

Recenzent:
prof. dr hab. Stanisław ŚLADKOWSKI

Praca wykonana przez zespół autorski w składzie:

prof. dr. hab. Leopolda CIBOROWSKIEGO – kierownik zespołu.

płk dr hab. inż. Józef JANCZAK – wstęp, rozdział 4, zakończenie.

ppłk dr hab. Henryk SPUSTEK – wstęp, rozdziały 1 (bez 1.5), 2, 3 (bez 3.4).

ppłk dypl. inż. Zbigniew MAZUREK – podrozdziały 1.5, 3.4.

WPROWADZENIE

Niniejsze opracowanie zawiera rozważania na temat systematyzowania i modelowania sytuacji decyzyjnych. Zależnie od rozważanego problemu oraz stanu zaawansowania procesu decyzyjnego, możliwe są różne formy jego wspomagania. Zwykle, wspomaganie procesu podejmowania decyzji polega na znajdowaniu elementów odpowiedzi na pytanie decydenta o różne warianty działania. Warianty rozumiemy w tym miejscu zupełnie ogólnie, nie koniecznie w ujęciu procesu dowodzenia. Wybór wariantu optymalnego w sensie zadanych kryteriów wyboru następuje zwykle bezpośrednio po analizie problemu. Poszczególne warianty nazywa się niekiedy punktami przyłożenia wspomagania decyzji (analogia fizyczna do punktu przyłożenia sił w złożonych problemach mechanicznych). Wariant działania należy zatem postrzegać jako reprezentację możliwej składowej decyzji globalnej. Zależnie od przyjętych kryteriów systematyzowania, poszczególne warianty mogą uzyskać różną ocenę a co za tym idzie punkty przyłożenia rozważanej decyzji mogą posiadać różną wagę.

Przedstawione powyżej przesłanki sprawiają, że istnieje potrzeba naukowego opracowania tego zagadnienia, z uwzględnieniem różnych związków przyczynowo-skutkowych, mających bezpośredni wpływ na efektywne użycie wojsk, a zwłaszcza systemów dowodzenia i ich komponentów na współczesnym polu walki.

Przedmiot, obszar badań oraz zasadniczy problem badawczy zdeterminował **cel badawczy,** którym w niniejszej pracy uczyniono opracowanie odpowiednio uzasadnionych wielokryterialnych modeli sytuacji decyzyjnych, odzwierciedlających poszczególne fazy, etapy i czynności procesu decyzyjnego w zespole dowodzenia na głównym stanowisku dowodzenia dywizji.

Założono, że praca będzie miała wymiar praktyczny, wobec powyższego uznano, że jej celem utylitarnym jest przedstawienie do praktycznego wykorzystania zaprezentowanych pod względem formy i treści przykładowych algorytmów czynności wykonywanych przez dowódcę dywizji i jego zespół w procesie decyzyjnym na stanowisku dowodzenia.

Uwarunkowania zawarte w powyższych celach badawczych, stanowiące niejako sytuację problemową, stały się podstawą do przyjęcia **głównego problemu badawczego** sformułowanego w formie pytania: Jakie są możliwe do zastosowania kryteria systematyzowania oraz modelowania sytuacji decyzyjnych na stanowisku dowodzenia

dywizji do prowadzenia wielokryterialnych analiz i ocen czynników wpływających na wypracowywane warianty działań wojsk własnych i przeciwnika.

Badanie powyższego problemu związane było z umiejscowieniem go w obszarze przedmiotowej wiedzy, wstępnym określeniem zakresu badań, a następnie rozwiązywanie szeregu problemów czastkowych, postawionych w postaci pytań i związanych z identyfikowaniem, poznawaniem i ustaleniem:

1. Jakie są metodologiczne podstawy budowy modeli zjawisk rzeczywistych?
2. Które spośród metod analizy wielokryterialnej możliwe są do wykorzystania w procesie wypracowania decyzji do działań (walki)?
3. Jakie przyjąć kryteria podczas wyboru optymalnego wariantu działania?
4. Na czym polega modelowanie poszczególnych faz, etapów i czynności cyklu decyzyjnego w zespole dowodzenia na głównym stanowisku dowodzenia dywizji?

Rozwiązanie wymienionych problemów badawczych w aspekcie sprecyzowanego wcześniej celu poznania oparto na szeroko rozumianej weryfikacji następującej **hipotezy roboczej:**

Modelowanie sytuacji decyzyjnych oraz wykorzystanie wielokryterialnych modeli wyboru optymalnego wariantu działania wojsk własnych i przeciwnika podczas przebiegu cyklu decyzyjnego na stanowisku dowodzenia dywizji wydatnie przyczyni się do trafnego podejmowania decyzji do walki.

W zaistniałej sytuacji problemowej **przedmiotem badań** niniejszej pracy badawczej uczyniono proces dowodzenia w dywizji zmechanizowanej wojsk lądowych w aspekcie modelowania sytuacji decyzyjnych. Szczególny nacisk położono na planowanie, które w związku z tym, że jest pierwszą z funkcji dowodzenia, a także stanowi „początek długiego cyklu decyzyjnego", ma istotny wpływ na określenie celów działania a tym samym warunkuje i determinuje realizację pozostałych funkcji dowodzenia wpływając na jego ogólną efektywność i sprawność.

Do weryfikacji przyjętych założeń i przypuszczeń zespół autorski, przyjmując standardową procedurę badawczą[1] wykorzystał wybrane ogólnonaukowe **metody badawcze**:

[1] Proces badawczy podzielono na trzy zasadnicze etapy: wstępny etap badań; etap badań właściwych, końcowy etap badań.

empiryczne (obserwacja naukowa; metody modelowania[2]) oraz teoretyczne (analiza; wnioskowanie; synteza; porównanie; uogólnienie oraz analityczne metody badawcze[3]).

W badaniach wykorzystano przede wszystkim logiczny model wnioskowania. Model ten opiera się na trzech głównych zasadach, tj. kowariancji, braku związków pozornych oraz porządku czasowym. Kowariancja określa czy badane zjawiska się współzmieniają. Zaistniała kowariancja nie może być związkiem pozornym. Porządek czasowy oznacza, że przyczyna pojawia się lub zmienia przed zakładanym skutkiem, nigdy na odwrót. Obserwacjom przyporządkowano wielkości liczbowe. Przyporządkowanie to odbywało się zawsze zgodnie z zasadami natury pomiaru (znane są cztery możliwe poziomy pomiaru: nominalny, porządkowy, interwałowy oraz stosunkowy).

Wyniki badań zamieszczono w opracowaniu zwartym, które składa się z wstępu, czterech rozdziałów, zakończenia i bogatego wykazu bibliograficznego.

Wprowadzenie obejmuje założenia merytoryczno-metodologiczne badań. Ujęto w nim cel i problemy badawcze. Ponadto przedstawiono hipotezę roboczą oraz metody badawcze, których realizacja pozwoliła zweryfikować hipotezę roboczą i osiągnąć cel badań.

Rozdział pierwszy traktuje o metodologicznych podstawach budowy modeli, matematycznych w szczególności. Znajdujemy tam podział na rodzaje modeli zależnie od przyjętego kryterium, zasady budowy modeli, doboru zmiennych do modeli, problemy weryfikacji modelu i prognozy w oparciu o stworzony model. Z uwagi na mnogość problemów związanych z doborem zmiennych do modeli matematycznych, skupiono się jedynie na modelach liniowych. Ponadto nie podano szczegółów obliczeniowych, odwołując się do odpowiednich zależności teoretycznych. Wykonano analizę modeli skupiając się na ich dwóch głównych rodzajach: modelach deterministycznych i stochastycznych. Podczas budowy modelu szczególną wagę nabierają ograniczenia. Zależnie od przyjętych priorytetów, poszczególne ograniczenia modelowe decydują o rodzaju przyjętego modelu opisu rzeczywistości. Omówiony tu proces modelowania rzeczywistości znajduje odbicie w drugiej części pracy (rozdziały trzeci i czwarty), gdzie zastosowano w praktyce pokazane zasady postępowania. Dużo miejsca poświęcono modelom matematycznym, które obok modeli opisowych, zastosowano do problemów modelowania sytuacji decyzyjnych. Pojęcie modelu używane w pracy obejmuje dosyć szeroką gamę podejść zawartych pomiędzy dwoma

---

[2] Metodologicznym podstawom budowy modeli poświęcono oddzielny rozdział 1, a modelowaniu sytuacji decyzyjnych poświęcono rozdział 3 i 4.

[3] W rozdziale 2. niniejszej pracy badawczej zaproponowano wykorzystanie: metody taksonomii numerycznej, metody Bellingera (metoda zapożyczona z finansowej analizy porównawczej), metody symulacyjnej Monte – Carlo, metody analiz jakościowych Ma-Czek opartej na algorytmie Czekanowskiego.

skrajnościami polegającymi na podejściu opartym na całkowicie sformalizowanej reprezentacji, faktach obiektywnych i danych ilościowych oraz na zorganizowanej wizji pewnej klasy zjawisk prowadzącej do niejawnej reprezentacji myślowej zjawisk problemowych. Model dotyczy fragmentu rzeczywistości co sprawia, że można go traktować w kategoriach systemu zdolnego do funkcjonowania w określonej izolacji. Mówiąc o modelu, mamy na myśli pewien schemat, który dla danego zakresu problemowego jest reprezentacją pewnej klasy zjawisk wyodrębnionych z kontekstu przez obserwatora celem stworzenia podstawy do badań. Schemat o którym tu mowa jest zatem opisem myślowym lub postaciowym tworzonym między innymi przez diagramy i wzory matematyczne.

Model został tu użyty jako schemat reprezentujący pewną klasę zjawisk. Reprezentacja ta stanowi klucz do zrozumienia rzeczywistości i wnioskowania (prognozowania).

Rozdział drugi to opis wybranych metod wielokryterialnego wyboru. Metody podzielono na ilościowe i jakościowe. Oddzielne miejsce zajmują metody symulacyjne reprezentowane w pracy przez metodę Monte Carlo. Metody wielokryterialnego wyboru służą wspomaganiu procesu podejmowania decyzji i na ich bazie tworzone są algorytmy modeli porównawczych. Modele te pozwalają na wspomaganie procesu podejmowania decyzji i budowę prognoz rozwoju badanych zjawisk.

Szczególne znaczenie mają dwie spośród prezentowanych metod: metoda taksonomii numerycznej – „TAX" i metoda Bellingera, które posłużyły budowie modeli: wariantu optymalnego działania, analizy porównawczej zgrupowań wojsk oraz analizy porównawczej wybranych typów śmigłowców bojowych. Opis tych modeli (typu matematycznego) znajduje się w **rozdziale trzecim**, obok modelu oceny terenu działań bojowych będącego przykładem modelu opisowego.

Rozdział czwarty jest logiczną kontynuacją trzech poprzedzających go rozdziałów. Pokazano tu szereg algorytmów obejmujących sobą poszczególne części procesu dowodzenia. Przedstawiony, ogólny model procesu dowodzenia w dywizji w chronologii z cyklem decyzyjnym jest niemal identyczny na każdym szczeblu dowodzenia. Różne są czynności zespołów funkcjonalnych SD wynikające z zadań jednostek dowodzenia występujących na poszczególnych szczeblach. Różnią się także między sobą struktury i obsada personalna komórek stanowisk dowodzenia. W rozdziale tym szczególną uwagę zwrócono więc na wybrane problemy modelowania przebiegu procesu decyzyjnego na stanowisku dowodzenia dywizji. Zaproponowano także do praktycznego wykorzystania przykładowe algorytmy

czynności wykonywanych przez dowódcę dywizji i jego zespół w procesie decyzyjnym na stanowisku dowodzenia. Stanowią one swoiste modele cząstkowe opisujące poszczególne czynności i kolejność ich realizacji w procesie dowodzenia w dywizji.

W **zakończeniu** określono zasadność wyboru i sformułowania celu badań, problemów badawczych, przyjętych założeń i przypuszczeń. Dokonano oceny stopnia realizacji zadań badawczych, a także przedstawiono kierunki dalszych badań.

***

Wyniki badań zamieszczone w pracy badawczej są adresowane głównie do zleceniodawcy tematu, a więc pracowników i studentów AON, a także instytucji wojskowych i cywilnych zajmujących się problematyką zarządzania i dowodzenia, pracowników dydaktycznych i studentów innych uczelni wojskowych oraz kadry dowódczo-sztabowej wojsk lądowych, kierowniczej kadry jednostek wsparcia dowodzenia, a w części dotyczącej nowych rozwiązań technicznych i organizacyjnych – do osób funkcyjnych Sztabu Generalnego WP, Dowództwa Wojsk Lądowych oraz wszystkich instytucji mających udział w rozwoju metod postępowania i technik organizatorskich, zwłaszcza w kontekście modelowania procesów decyzyjnych.

Trzeba jednocześnie zauważyć, że zagadnienia poruszone w ramach przedstawionej pracy nie są zamknięte. Wskazano jedynie na kierunki możliwych rozwiązań. Wszystkie przedstawione tu algorytmy powinny zostać zaimplementowane w językach programowania wysokiego poziomu i przetestowane na danych rzeczywistych. Stanowi to kierunek dalszych prac w tym zakresie.

1. METODOLOGICZNE PODSTAWY BUDOWY MODELI ZJAWISK RZECZYWISTYCH

Model jest pojęciem bardzo ogólnym, używanym często w różnych dziedzinach, ale w sposób daleko niejednoznaczny. Należy zauważyć, że pojęcie modelu używane w nauce ma inne znaczenie, niż w języku potocznym, gdzie na ogół oznacza pewien wzorzec do naśladowania, czy też w plastyce, gdzie nazywamy tak, na przykład osobę, której portret jest malowany przez artystę – mistrza. Aby uniknąć niejednoznaczności przyjmujemy, że *model oznacza reprezentację badanego obiektu w postaci innej, niż ta, w której występuje w rzeczywistości.*

W nauce, w zdecydowanej większości przypadków, *model jest rozumiany jako uproszczona reprezentacja rzeczywistości.* Stanowi on pewien substrat rzeczywistości. Ujmuje tylko jej część.

Celem tworzenia wszelkich modeli jest dążenie do zrozumienia otaczającej nas rzeczywistości. Stosując modele obserwujemy i sprawdzamy prawa rządzące zjawiskami. Jeżeli prawa te zrozumiemy, to możemy przewidzieć jak dane zjawiska będą przebiegać w przyszłości i w innych warunkach.

Do najstarszych sposobów odwzorowania rzeczywistości należą modele *„w skali"*, w których występuje podobieństwo wyłącznie geometryczne. Należą do nich *modele ikonograficzne* (obrazy, mapy, plany) oraz *modele trójwymiarowe* (makiety, miniatury).

Wyższy stopień abstrakcji osiągają modele oparte nie na podobieństwie, lecz na *analogii* a więc na odpowiedniej *zgodności wartości wielkości fizycznie różnych.* Są to na przykład modele elektryczne systemów mechanicznych, lub odwrotnie. Charakterystyczną cechą tych modeli jest fakt, że wielkości modelowane i modelujące podlegają prawom opisanym przez identyczne zależności matematyczne. Jeszcze pod koniec XIX wieku czynione były próby modelowania zjawisk elektromagnetycznych za pomocą układów mechanicznych. W połowie naszego wieku, analogia była stosowana w kierunku odwrotnym – budowano układy elektryczne do badania układów mechanicznych, hydraulicznych, termicznych itp.

Modele analogowe rozwinęły się do postaci *uniwersalnych maszyn analogowych.* Były to układy elektryczne składające się głównie z rezystorów i kondensatorów, oraz wzmacniaczy operacyjnych, budowane w postaci modułowej. Poszczególne moduły

realizowały elementarne operacje matematyczne, typu sumowania, mnożenia, różniczkowania, całkowania. Łącząc odpowiednio moduły można było realizować modele bardziej złożonych procesów fizycznych, opisywanych za pomocą równań różniczkowych. W ciągu ostatnich dziesięcioleci komputery oparte o technikę cyfrową wyparły prawie całkowicie maszyny analogowe, które okazały się mniej dokładne i mniej elastyczne.

Zarówno uniwersalne maszyny analogowe jak i komputery wymagają sformułowania zadania modelowania w postaci relacji matematyczno – logicznych, a więc tego, co nazywamy modelem matematycznym. Model taki charakteryzuje się najwyższym stopniem abstrakcji – umożliwia operowanie symbolami i wyciąganie wniosków jakościowych.

Termin model *matematyczny* jako określenie sformalizowanej reprezentacji rzeczywistości, jest rozpowszechniony różnorodnie w poszczególnych dziedzinach wiedzy. W fizyce stosuje się matematykę do opisu praw przyrody, słowo *model* ma bardzo wąski zasięg i odnoszone jest do pewnych rozwiązań szczegółowych, np. model atomu Bohra – Rutherforda. W dziedzinach, w których stosowanie metod matematycznych datuje się od niedawna, takie pojęcia jak *model matematyczny, modelowanie matematyczne* są szeroko stosowane. Dotyczy to takich nauk jak ekonomia, ekologia, biologia, medycyna.

Modelowanie matematyczne jest dziedziną, której zadaniem jest opis rzeczywistości w pewnym specyficznym języku, a mianowicie w języku matematyki i logiki formalnej. Uniwersalizm języka, którym posługuje się matematyka, powoduje, że taki sam model może opisywać systemy różniące się w sposób zasadniczy między sobą, dotyczące zupełnie odmiennych dziedzin.

Metody matematyczne są powszechnie stosowane w dziedzinach, w których zjawiska mają charakter ilościowy (np. fizyka, chemia). Jednak nawet tam gdzie informacja ilościowa jest trudno dostępna, matematyka może dostarczyć narzędzi, pozwalających na badanie związków między zjawiskami (np. nauki przyrodnicze). Ogólnie można powiedzieć, że modelowanie matematyczne ma zastosowanie tam gdzie występuje powtarzalność lub podobieństwo zjawisk. W naukach, które interesują się pojedynczymi faktami (np. archeologia, historia), a nie klasami zdarzeń, możliwość stosowania modeli wydaje się problematyczna. Ograniczone są również możliwości formalizacji matematycznej dziedzin, których przedmiotem badań jest człowiek, jego odruchy emocjonalne, myśli i uczucia, czy też jego działalność intelektualna.

W efekcie analizy modelowanej rzeczywistości uzyskujemy odpowiedź na szereg pytań dotyczących zasad modelowania, stosowanych metod oraz oczekiwanych wyników końcowych. Zależnie od rodzaju analizy cząstkowej otrzymujemy odpowiedź na pytanie: Jaki rodzaj modelu może zostać zastosowany do opisu danego zjawiska?

Z kolei, zależnie od przyjętego rodzaju modelu, uzyskamy różne elementy wyniku (patrz tabela 1.1). Nadrzędnym kryterium wyboru stosownego modelu jest cel analizy.

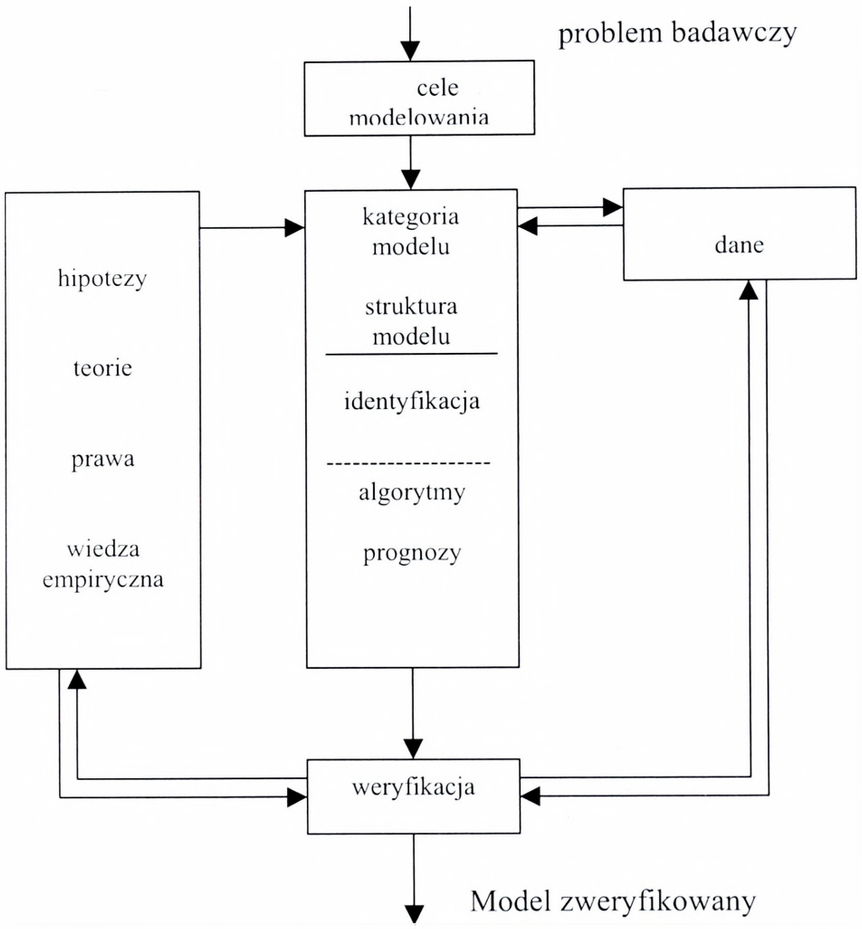
Tabela 1.1. Elementy wyników analizy systemowej.

Rodzaje analizy cząstkowej	**Analiza identyfikacyjna**	**Analiza problemowa**	**Analiza matematyczna**	**Analiza ilościowo-statystyczna**
Wynik analizy cząstkowej	Model I Opis identyfikacyjny obiektu systemowego	Model II Opis problemowy obiektu systemowego	Model III Opis matematyczny obiektu systemowego	Model IV Opis ilościowy i statystyczny obiektu systemowego
Elementy wyniku	• System • Elementy systemu • Podsystemy • Otoczenie systemu • Cele i zadania podsystemów • Struktury systemów • Parametry systemów • Charakterystyki systemów	• Lista problemów do rozwiązania • klasyfikacja problemów • lista istotnych problemów • blokowe sformułowanie problemów decyzyjnych (zmienne decyzyjne, kryteria, ograniczenia)	• matematyczny • model decyzyjny • algorytm decyzyjny • program decyzyjny	• estymatory istotnych parametrów systemów • statystyki parametrów • statystyki charakterystyk systemu i otoczenia
Cel analizy	• opis systemu i jego otoczenia w języku teorii systemów	• systemowa sytuacja problemowa	• matematyczny model decyzyjny systemu	• bank danych o systemie i jego otoczeniu

Źródło: P. Sienkiewicz i inni, Podstawy analizy i inżynierii systemów, t.2, AON 2002, s.213.

1.1. PROCES TWORZENIA MODELI MATEMATYCZNYCH

Proces tworzenia modelu matematycznego rozpoczyna się od pewnych *koncepcji*, mniej lub bardziej sprecyzowanych, odnoszących się do badanego wycinka rzeczywistości. Następnie definiuje się zasady *przyporządkowania cech zjawiska rzeczywistego – obiektom matematycznym i formułuje relacje między tymi obiektami.* W wyniku otrzymuje się zbiór *aksjomatów*, czy też zbiór hipotez teoretycznych. Dalej, na podstawie dedukcji logicznych, wyciągane są wnioski.



Rys.1.1.Etapy budowy modelu matematycznego.

Źródło: *J.Gutenbaum, Modelowanie matematyczne systemów, OMNITECH PRESS, Warszawa, 1992r., s17.*

W procesie rozwiązywania zadań modelowania matematycznego wyróżnia się następujące etapy:

- sformułowanie celów modelowania,
- wybór kategorii modelu i określenie jego struktury,
- identyfikacja,
- algorytmizacja obliczeń,
- weryfikacja obliczeń.

Wymienione etapy należy traktować łącznie. Iteracyjne sprzężenia między poszczególnymi etapami budowy modelu matematycznego ilustruje rys.1.1.

Poniżej przedstawiono problemy charakterystyczne dla poszczególnych etapów modelowania matematycznego.

W analizie systemowej, posługiwanie się modelem jest jedną z podstawowych cech. Proces modelowania systemowego obejmuje następujące działania poznawcze:

1. obserwację realizowanego obiektu systemowego,
2. konceptualizację, czyli tworzenie przestrzeni istotnych cech obiektu,
3. idealizację, czyli określenie związków między tylko głównymi z istotnych cech obiektu,
4. konkretyzację, czyli uwzględnienie podczas określania związków pomiędzy cechami istotnymi a cechami ubocznymi danego obiektu,
5. weryfikację, czyli logiczne i empiryczne sprawdzenie praw systemowych (związków pomiędzy istotnymi cechami systemu, formuł pozwalających określić cechy systemu itp.),
6. preparację, czyli podjęcie działań praktycznych na bazie przyjętego repertuaru zasad metodologicznych, prowadzących do uzyskania pożądanych informacji o aktualnym i przyszłym działaniu analizowanego obiektu systemowego.[1]

Proces modelowania jest zawsze ukierunkowany celowo. Oznacza to, że model trzeba zawsze tworzyć dla konkretnych systemów, zjawisk i zastosowań. Inny będzie model systemu działającego na długim horyzoncie, np. do określenia polityki inwestycyjnej przedsiębiorstwa, a inny do sterowania na krótkim odcinku czasu, np. do opracowania bieżącego harmonogramu produkcji w tym przedsiębiorstwie.

W badaniach systemowych celem podstawowym jest tworzenie narzędzi, pozwalających przewidzieć, co stanie się z badanym systemem w warunkach innych, niż

[1] P. Sienkiewicz i inni, Podstawy analizy i inżynierii systemów, t.2. , AON 2002, s.228.

aktualnie istniejące. Szczególne znaczenie mają modele, za pomocą, których badamy zachowanie się systemów jeszcze nie istniejących, lub systemów, które mają działać w przyszłości w różnorodnych, zmieniających się warunkach.

Cele ogólne, dla których budowane są modele systemów, można pogrupować następująco:

- opis i wyjaśnienie działań i mechanizmu *systemu (model fenomenologiczny)* – np. modele systemów biologicznych,
- przewidywanie zachowania się systemów w przyszłości i przy różnorodnych warunkach oddziaływania otoczenia na system *(model prognostyczny)* – np. modele demograficzne, czy modele wzrostu ekonomicznego przy różnych politykach inwestycyjnych,
- wybór właściwych oddziaływań wejściowych, spełniających określone warunki *(model decyzyjny)*, w szczególności wybór oddziaływań optymalnych *(model optymalizacyjny)* – większość modeli sterowania,
- wybór struktury lub parametrów systemu, spełniającego określone zadania *(model normatywny)* – np. modele do projektowania struktury organizacyjnej przedsiębiorstwa.

Podstawowa różnica między modelem normatywnym a decyzyjnym polega na tym, że pierwszy służy głównie do podejmowania decyzji jednokrotnych, drugi – do podejmowania decyzji wielokrotnych.

Ten etap polega na przetworzeniu całej wiedzy o systemie, istotnej z punktu widzenia celów modelowania, w zbiór niesprzecznych relacji matematyczno – logicznych.

Modele matematyczne systemów, przede wszystkim, muszą spełniać następujące wymagania:

- zgodność z modelowanym systemem, w zakresie interesujących nas zależności,
- łatwość użytkowania, zgodnie z przeznaczeniem.

Wymagania te są wzajemnie sprzeczne. Zbytnie uproszczenie modelu może dać zniekształcony pogląd na rzeczywistość i prowadzić do fałszywych wniosków. Model zbyt skomplikowany, nie spełniający drugiego wymagania, może okazać się bezużyteczny. Konieczny jest więc kompromis między dokładnością modelu a łatwością jego użytkowania.

1.2. PROBLEM IDENTYFIKACJI

Z reguły wiedza teoretyczna o systemie nie wystarcza do nadania modelowi postaci, umożliwiającej dokonywanie konkretnych obliczeń. Najczęściej nie są znane wartości liczbowe niektórych współczynników – *parametrów modelu*.

Oceny statystyczne *(estymatory)* tych wartości należy wyznaczyć drogą odpowiedniego przetworzenia danych doświadczalnych. Zagadnienie to nazywa się *identyfikacją parametrów modelu*, lub krócej – *identyfikacją modelu*.

Rozróżniamy identyfikację czynną i bierną. *Identyfikacja bierna* polega na gromadzeniu danych podczas normalnej pracy systemu, a następnie po statystycznym ich opracowaniu, wyznaczeniu *parametrów modelu*. *Identyfikacja czynna* polega na odpowiednim zaplanowaniu i przeprowadzeniu eksperymentu, którego wyniki służą do wyznaczenia *parametrów modelu*.

Identyfikacja czynna jest bardziej kosztowna i trudniejsza do przeprowadzenia niż bierna i nie zawsze może być zastosowana, ponieważ wymaga ingerencji w normalne funkcjonowanie systemu. Mogą ją więc uniemożliwiać nie tylko względy ekonomiczne, lecz również moralne – tak jest np. przy badaniach genetycznych. Z drugiej strony identyfikacja bierna może być niewystarczająca do rozwiązania zadań modelowania. Może się, bowiem okazać, że normalna praca systemu odbywa się w warunkach całkowicie stacjonarnych, bez znaczących odchyleń. Dane, które można wówczas uzyskać nie pozwalają na wyciąganie żadnych wniosków, co do zachowania się systemu w warunkach odmiennych, co jest właśnie celem budowy modelu matematycznego.[2]

Model, może wymagać *identyfikacji jednorazowej*, lub *identyfikacji bieżącej*, powtarzającej się okresowo, lub nawet dokonywanej w sposób ciągły. Dzieje się tak wtedy, gdy model służy do wyznaczenia okresowych lub ciągłych decyzji sterujących, w warunkach, gdy system podlega istotnym zmianom wraz z upływem czasu. Przykładem może być sterowanie reaktorem chemicznym ze słojem katalizatora, którego aktywność słabnie z czasem.

---

[2] Źródło: *J.Gutenbaum, Modelowanie matematyczne systemów, OMNITECH PRESS, Warszawa, 1992r., s.20.*

Kolejny problem stanowi właściwy dobór zmiennych objaśniających.

Zmienne użyte w modelu powinny charakteryzować się następującymi własnościami:

- powinny posiadać odpowiednio wysoką zmienność,
- powinny być silnie skorelowane ze zmienną objaśnianą,
- skorelowanie między zmiennymi objaśniającymi powinno być słabe,
- powinny być silnie skorelowane z innymi zmiennymi, które nie pełnią roli zmiennych objaśniających ale je reprezentują.

Doboru zmiennych objaśniających dokonujemy za pomocą metod statystycznych. Pierwszym etapem w procedurze wyboru zmiennych jest sporządzenie zestawu tzw. potencjalnych zmiennych objaśniających.

Zmienne objaśniające oznaczymy jako $X_1, X_2, \ldots, X_k$.

Drugi etap tej procedury to zebranie danych statystycznych które są realizacjami zmiennej objaśnianej oraz wyżej wymienionych potencjalnych zmiennych objaśniających. Wynikiem jest wektor **y** obserwacji zmiennej Y i macierz **X** obserwacji zmiennych $X_1, X_2, \ldots, X_k$ która przyjmuje postać:

$$\mathbf{y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}, \qquad \mathbf{X} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1k} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2k} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nk} \end{bmatrix}. \qquad (1.1)$$

Etap trzeci, to eliminacja potencjalnych zmiennych objaśniających charakteryzujących się zbyt niskim poziomem zmienności. Czwarty etap polega na obliczeniu współczynników korelacji między wszystkimi rozpatrywanymi zmiennymi.

Ostatnim krokiem jest redukcja zbioru potencjalnych zmiennych objaśniających przy pomocy wybranej procedury statystycznej.[3]

---

[3] Problem eliminacji zmiennych w modelu rozwiązywany jest poprzez:

- Sprawdzenie stopnia zmienności zmiennych modelowych, czyli eliminację zmiennych quasi-stałych. Polega to na stwierdzeniu, czy zmienność rozważanych wielkości jest wystarczająco duża. Aby określić wielkość zmienności należy obliczyć współczynnik zwany współczynnikiem zmienności. Współczynnik ten klasyfikuje zmienne na przydatne i na takie które nie wnoszą do modelu istotnych informacji;
- Wyznaczenie wektora i macierzy współczynników korelacji. Siłę liniowej zależności między zmienną objaśnianą a zmiennym objaśniającymi określa się poprzez wyliczenie współczynników

Do najbardziej uniwersalnych zadań, z którymi spotykamy się przy stosowaniu modeli matematycznych należą:

- *rozwiązywanie równań* oraz n*ierówności* wchodzących w skład modeli,
- *rozwiązywanie zadań optymalizacyjnych.*

Przypuśćmy, że model ma pozwolić na określenie wartości, jakie przyjmą pewne zmienne wówczas, gdy innym zmiennym modelu narzucimy określone wartości (np. zmierzone). Dla modelu, który składa się z m równań zawierających n zmiennych ($m \leq n$), możemy na ogół wyznaczyć wartości wybranych m zmiennych (zmiennych zależnych), przy zadanych wartościach pozostałych n – m zmiennych (zmiennych niezależnych). Proces wyznaczania zmiennych zależnych nazywamy rozwiązywaniem równań modelowych, a wyznaczone wartości - rozwiązaniem tych równań. Rozwiązanie równań modelowych wyraża się zbiorem liczb, funkcją czasu, funkcją zmiennych przestrzennych itp.

---

korelacji. Celem jest wybór takich zmiennych objaśniających, które będą silnie skorelowane ze zmienną objaśnianą i słabo skorelowane ze sobą;

- Zastosowanie metody Hellwiga. Podobnie jak w przypadku metody analizy współczynników korelacji celem tej metody jest takie dobranie zmiennych objaśniających aby były one słabo skorelowane między sobą ale mocno skorelowane ze zmienną objaśnianą. Punktem wyjścia w przypadku tej metody jest także wektor R_0 i macierz R. Rozpatruje się wszystkie niepuste kombinacje potencjalnych zmiennych ze zbioru X których ogólna liczba wynosi: $L = 2^m - 1$, gdzie m oznacza liczbę wszystkich zmiennych. Następnie oblicza się indywidualne wskaźniki pojemności informacyjnej za wzoru:

$$h_{ij} = \frac{r_j^2}{\sum_{\substack{i=l \\ i \neq j}}^{m_l} |r_{ij}|} \qquad (l = 1,2, ...,L, \quad j = 1,2, ..., m_l),$$

l — numer kombinacji, j — numer zmiennej w kombinacji,
m_l — liczba zmiennych w rozpatrywanej kombinacji.

Kolejnym krokiem jest obliczenie integralnych wskaźników pojemności informacyjnej:

$$H_l = \sum_{j=1}^{m_l} h_{ij} \qquad (l = 1, 2, ..., L).$$

Wymienione wyżej wskaźniki pojemności tj. indywidualne oraz integralne są wartościami unormowanymi, kształtującymi się w przedziale [0; 1]. Przyjmują one tym większe wartości im korelacja między zmiennymi objaśniającymi jest mniejsza oraz skorelowanie ze zmienną objaśnianą jest większe. Za optymalną kombinację zmiennych uznajemy tą grupę zmiennych której odpowiada maksymalna wartość wskaźnika integralnej pojemności informacyjnej.

Wśród metod rozwiązywania równań modelowych można wyróżnić:

- *rozwiązanie analityczne* – w przypadku, gdy jesteśmy w stanie przedstawić rozwiązanie w postaci jawnej np. $y = u^3$, gdzie u jest zmienną niezależną;
- rozwi*ązanie numeryczne* – przypadek, gdy nie istnieje praktyczna możliwość znalezienia rozwiązania na drodze analitycznej, a wartości zmiennych zależnych mogą być określone tylko za pomocą odpowiedniego algorytmu (często jest to program komputerowy);
- roz*wiązanie przez symulację* – stosowane gdy zmiennymi niezależnymi modelu są zmienne odpowiadające wielkościom wejściowym systemu rzeczywistego, oraz wyjście jest jednoznaczną funkcją wejścia.

1.3. PROBLEM WERYFIKACJI MODELU

Przez weryfikację modelu rozumie się *porównanie wyników modelowania z zachowaniem się systemu rzeczywistego, z punktu widzenia zgodności z wiedzą teoretyczną oraz z badaniami doświadczalnymi.*

Etap weryfikacji jest integralnie związany z każdym z poprzednich etapów budowy modelu, a więc powinien być prowadzony we wszystkich fazach tworzenia modelu. Zasadniczym problemem jest tu dobór kryteriów, na podstawie, których będzie można ocenić czy warunki zgodności są spełnione, czy też nie. Wyróżniamy dwie grupy takich kryteriów: kryteria wewnętrzne i kryteria zewnętrzne.

Kryteria wewnętrzne dotyczą wewnętrznych cech modelu. Należą do nich *zgodność formalna*, zapewniająca brak sprzeczności koncepcyjnych, logicznych, matematycznych oraz *zgodność algorytmiczna*, zapewniająca efektywne wykonanie obliczeń czy też symulacji komputerowej z wymaganą dokładnością.

Kryteria zewnętrzne dotyczą celów modelowania i zgodności modelowanych zjawisk z teorią i z danymi doświadczalnymi. Do kryteriów tych należą zgodność heurystyczna i zgodność pragmatyczna.

Zgodność heurystyczna dotyczy walorów naukowych modelu: zgodności interpretacji, weryfikacji hipotez, formułowania nowych zadań badawczych.

Zgodność pragmatyczna dotyczy bezpośrednio wyników modelowania. Weryfikację zgodności pragmatycznej przeprowadza się podając na wejście badanego systemu i na wejście modelu to samo wymuszenie, a następnie porównuje się wielkości uzyskane na wyjściu systemu i modelu. Z powyższego widać, że weryfikacja pragmatyczna nie jest możliwa do przeprowadzenia dla nie istniejących jeszcze systemów.

Nie należy nigdy oczekiwać pełnej identyczności wyjść modelu i systemu. Model wyraża nie wszystkie, lecz jedynie istotne cechy systemu, przy czym to co jest uznawane za istotne, zależy od celów modelowania.

Należy też powiedzieć o statystycznej weryfikacji modelu. Klasyczny zestaw testów służących weryfikacji statystycznej modelu zawiera następujące testy:

a) istotności parametrów,
b) istotności całego modelu,
c) normalności rozkładu składnika losowego,

d) autokorelacji składników losowych,

e) jednorodności wariancji składników losowych.

Stosuje się również testy na liniowość modelu, nieobciążoność modelu, współliniowość zmiennych objaśniających i inne.[4]

[4] Ze statystycznego punktu widzenia należy (po oszacowaniu parametrów modelu) wykonać następujące czynności:

- zinterpretować oszacowania parametrów strukturalnych modelu i ocenić ich zgodność z teorią bądź naszą intuicją.
- ocenić wartość współczynnika determinacji R^2. Im jego wartość jest bliższa jedności, tym lepiej. Należy jednak pamiętać, że celem jest ustalenie zależności między zmiennymi objaśniającymi a zmienną objaśnianą i nadanie tej zależności interpretacji, nie zaś dążenie do maksymalizacji wartości współczynnika determinacji R^2.
- przeprowadzić test F. Jeśli wartość Istotność F jest mniejsza od 0,05, to możemy przyjąć, że model został pozytywnie zweryfikowany ze względu na ten test.
- przeprowadzić test istotności każdej zmiennej objaśniającej. Jeśli wartość - p dla każdej zmiennej jest mniejsza od 0,05, to możemy przyjąć, że każda ze zmiennych objaśniających ma wpływ na zmienną objaśnianą.
- upewnić się, czy stosowanie wyżej wymienionych testów statystycznych było uzasadnione, czyli przeprowadzić test normalności rozkładu składnika losowego. Jeśli wartość Statystyka JB jest mniejsza od wartości Istotność JB, to nie mamy podstaw do odrzucenia hipotezy o normalności rozkładu składnika losowego.

1.4. PROBLEM BUDOWY PROGNOZY

Główną przyczyną zainteresowania przyszłym przebiegiem różnych zjawisk jest fakt, że przewidywanie przyszłości jest niezbędnym etapem w przygotowaniu każdego działania, zwłaszcza w sytuacji ciągle zmieniającego się środowiska. Jednak nawet naukowe „przewidywanie" przyszłości, jakim jest proces prognozowania nie pozwala na uzyskanie w pełni dokładnego stanu danego zjawiska w przyszłości. Spowodowane to jest wieloma czynnikami.

Jedną z przyczyn odchyleń prognozy od rzeczywistego stanu danego zjawiska jest zależność jego kształtowania się od określonych czynników. Na kształtowanie się niektórych czynników możemy mieć wyłączny wpływ, na inne niewielki lub żaden. Trafność prognozy zależy również od uwzględnionych przy konstrukcji prognozy zmiennych i ich ostatecznego wpływu na dane zjawisko, a także od tego czy nie pojawiły się nowe ważne czynniki.

Innym problemem w tworzeniu prognoz jest rzetelność posiadanych danych, czyli ich zgodność z przedmiotem, którego dotyczą. Dlatego w praktyce należy liczyć się z występowaniem dwojakiego rodzaju błędów w danych:

- losowych, wynikających z pomyłek przy zbieraniu i przetwarzaniu,
- systematycznych, wynikających z celowego fałszowania danych.

Często bardzo ważna dla przygotowania prognozy jest kompletność oraz aktualność posiadanych danych.[5]

Podstawą budowy prognoz jest poprawnie przeprowadzona diagnoza badanej rzeczywistości, czyli stwierdzenie przeszłego oraz faktycznego (teraźniejszego) stanu prognozowanych zjawisk, istniejących współzależności i sprzężeń zwrotnych, ograniczeń i rezerw oraz kierunków oddziaływania aktywnych czynników wewnętrznych i zewnętrznych . Bazą dokonywanej diagnozy powinien być system informacji dotyczących różnych aspektów prognozowanego zjawiska. Kompletność i wiarygodność informacji dostępnych na etapie diagnozy determinuje trafność sporządzonych prognoz.

[5] Nie mniej ważną informacją dotyczącą prognoz, a interesującą z pewnością decydentów jest koszt ich sporządzenia. Gdy przewidywane korzyści z posiadania prognozy nie przekroczą kosztów jej uzyskania, to działania w kierunku pozyskania informacji o przyszłym kształtowaniu się zjawiska będą nieefektywne.

W praktyce przeprowadzając badania prognostyczne zebranie diagnostycznego materiału statystycznego o dużej liczbie obserwacji, długim horyzoncie czasowym, z uwzględnieniem szerokiego zestawu zmiennych, jest zadaniem trudnym, a często nawet wręcz niemożliwym . Spowodowane może być to po prostu brakiem danych źródłowych. W tej sytuacji możliwe są trzy rozwiązania. Pierwsze polega na odrzuceniu (eliminacji) tych zmiennych lub obiektów, dla których istnieją niekompletne dane. Takie podejście powoduje jednak w rezultacie zubożenie otrzymanych wniosków. Drugie rozwiązanie, to wykorzystanie tych metod przewidywania przyszłości, które mogą funkcjonować przy posiadaniu niekompletnych danych, a więc metod o charakterze jakościowym. Pozwala to wprawdzie na analizę całego dysponowanego materiału, lecz uzyskiwane wnioski często nie mogą być we właściwy sposób uzasadnione pod względem poprawności metodologicznej.[6] Możliwe jest trzecie kompromisowe rozwiązanie polegające na oszacowaniu brakujących informacji, na podstawie dostępnych danych źródłowych, otrzymując w efekcie kompletny materiał liczbowy stanowiący punkt wyjścia do zasadniczych badań. Wadą tego rozwiązania jest wprowadzenie do badań informacji obarczonych pewnym błędem szacunku. Należy jednak pamiętać, a dane nawet z oficjalnych źródeł charakteryzują się różnym stopniem wiarygodności. Zwrócić należy także uwagę na niwelowanie niesystematycznych błędów szacunku (pomiaru) przez matematyczne metody prognostyczne opierające się na dużej liczbie obserwacji.

Proces prognozowania obejmuje wszelkie czynności, w rezultacie których następuje ustalenie prognozy. W zależności od rozpatrywanej sytuacji prognostycznej w procesie tym stosuje się różne metody prognozowania. Metoda prognozowania jest uzależniona od przyjętej zasady predykcji oraz modelu prognostycznego opisującego sytuację prognostyczną.

Podejścia do prognozowania mogą być rozmaite w zależności od tego, na jakich zasadniczych przesłankach opiera się wyznaczanie prognoz. Uwzględnienie tych przesłanek daje podstawy do oczekiwania, że wnioski formułowane co do przebiegu zmiennej prognozowanej będą miały określone właściwości, które będą stanowić o ich praktycznej użyteczności. Sformułowanie tych przesłanek oznacza przyjęcie określonych, ogólnych zasad prognozowania, nazywanych również zasadami predykcji. Zasady prognozowania oznaczają pewne zasadnicze warunki, jakie powinny być spełnione przy wyznaczaniu prognoz [7].

---

[6] T. Grabiński, S. Wydymus, A. Zeliaś, Metody taksonomii numerycznej w modelowaniu zjawisk społeczno-gospodarczych, PWN Warszawa 1989.

[7] Z. Pawłowski: Teoria prognozy ekonomertrycznej PWN Warszawa 1974.

Metody prognozowania mogą być różnorodne. Ogólnie można je podzielić na metody ilościowe i metody jakościowe[8].

Metody ilościowe nazywane także metodami matematyczno-statystycznymi, są takimi metodami prognostycznymi, w których prognozy są wyznaczane na podstawie formalnych modeli prognostycznych. Modele prognostyczne są budowane na podstawie danych statystycznych dotyczących kształtowania się wyróżnionych zmiennych w przeszłości, tj. zmiennej prognozowanej i tzw. zmiennych objaśniających. Przy stosowaniu metod ilościowych prognozowanie odbywa się najczęściej drogą projekcji przeszłości w przyszłość.

Metody jakościowe, nazywane także metodami heurystycznymi lub niematematycznymi, polegają na wykorzystaniu opinii ekspertów, ich doświadczenia i wiedzy dotyczącej sytuacji prognostycznej. W tym przypadku prognozy są wyznaczane nie na podstawie formalnych modeli prognostycznych, lecz przy zastosowaniu modeli myślowych.

Inna klasyfikacja metod prognozowania odnosi się w zasadzie do ilościowych metod prognozowania[9]. Kryterium tej klasyfikacji jest rodzaj informacji wykorzystanych w procesie prognostycznym. Stosując to kryterium wyróżnia się dwie grupy metod:

1. metody prognozowania bezpośredniego, w których wykorzystuje się tylko dane dotyczące dotychczasowego przebiegu zmiennej prognozowanej oraz ewentualnie hipotezy o tej zmiennej,
2. metody prognozowania pośredniego, w których wykorzystuje się nie tylko dane na temat przebiegu zmiennej prognozowanej, ale także dane dotyczące innych zmiennych w określony sposób z tą pierwszą powiązanych.

Zastosowanie wielu metod prognozowania wymaga zbudowania modelu prognostycznego.

---

[8] P. Dittmann, Metody prognozowania sprzedaży w przedsiębiorstwie, Wydawnictwo AE Wrocław 1996.
[9] Z. Czerwiński, B. Guzik, Prognozowanie ekonometryczne PWE Warszawa 1980.

1.5. MODEL DETERMIINISTYCZNY A STOCHASTYCZNY

Dwa nurty: deterministyczny i stochastyczny są widoczne w nauce od wielu dziesięcioleci. Zwolennicy jednego i drugiego spojrzenia mają swoje racje i każda ze stron pragnie przekonać drugą do swoich koncepcji wizji rzeczywistości.

Złożoność zjawisk rzeczywistych ma to do siebie, że ich proste przybliżenie (stworzenie matematycznego modelu ściśle deterministycznego) chociaż możliwe, nie daje wystarczająco dokładnego odwzorowania rzeczywistości. Rozwój analizy stochastycznej nastąpił w drugiej połowie XX wieku. Powstały takie dziedziny wiedzy jak: matematyka komputerowa (ang. Computational Mathematics), fizyka komputerowa (ang. Computation Physics). Stworzyło to określone możliwości upowszechnienia się modeli stochastycznych w zastosowaniach praktycznych. Należy też zwrócić uwagę na fakt, że praktyczne zastosowanie modeli stochastycznych nie jest w żaden sposób ograniczone jedynie do zagadnień matematycznych czy fizycznych. Wystarczy przypomnieć słynny model Blacka - Scholesa służący do wyceny opcji amerykańskich i europejskich – analiza finansowa, za który to model, jego autor otrzymał nagrodę Nobla w dziedzinie ekonomii w 1997 roku.[10]

Modele stochastyczne służą opisowi zjawisk, zaś rozwijająca się intensywnie numeryczna analiza stochastyczna służy tworzeniu metod efektywnej aproksymacji tych zagadnień. Pomocnicze techniki w tym zakresie stanowią m. in. programowanie obiektowe i grafika komputerowa.

Wiele modeli deterministycznych (w różnych dziedzinach wiedzy) opiera się na równaniach (układach równań) różniczkowych zwyczajnych. Klasyczny przykład stanowi jednowymiarowy oscylator harmoniczny. Jeden wymiar zapewnia konieczność stworzenia modelu jedno-równaniowego. Taki, jednowymiarowy oscylator można następnie uogólnić dla przypadku dwu i trój – wymiarowego oraz przypadku oscylatora tłumionego.

---

[10] Logika modelu Blacka – Scholesa opiera się na pozbawionym ryzyka portfelu, składającym się z pozycji w opcji i pozycji w akcji bazowej dla tej opcji. W sytuacji, gdy arbitraż jest niemożliwy, stopa zwrotu z takiego portfela musi być równa wolnej od ryzyka stopie procentowej r. Wolny od ryzyka portfel może zostać utworzony, gdyż cena opcji i cena akcji są pod wpływem tego samego źródła ryzyka: zmian cen akcji. W dowolnym krótkim przedziale czasu istnieje doskonała korelacja dodatnia ceny opcji kupna i ceny akcji oraz doskonała korelacja ujemna ceny opcji sprzedaży i ceny akcji. W obu wypadkach, gdy skonstruujemy właściwy portfel składający się z akcji i opcji, zysk lub strata z zajmowanej pozycji w akcji jest kompensowana stratą lub zyskiem z pozycji w opcji, tak więc w całkowita wartość portfela na koniec analizowanego krótkiego przedziału czasu jest znana.

Równania ruchu w mechanice klasycznej wyprowadza się z drugiej zasady dynamiki Newtona. Równania te mają postać:

$$\ddot{x} + \varphi(t, x, \dot{x}) = \varphi(t), \tag{1.2}$$

co można zapisać w postaci równoważnej:

$$\begin{cases} \dot{x} = y(t) \\ \dot{y} = -\varphi(t, x, y) + \psi(t) \end{cases} \tag{1.3}$$

Zapis problemu w postaci powyższego rozkładu równań stanowi wyjście do rozważań stochastycznych w wyniku których otrzymujemy naturalne uogólnienia prowadzących do stochastycznych równań różniczkowych.

Przez model stochastyczny rozumiemy zawsze model matematyczny szczególnej postaci, tzn. formułę – najczęściej układ stochastycznych równań różniczkowych – umożliwiającą jednoznaczne określenie procesu stochastycznego, opisującego ewolucję obserwowanego lub badanego zjawiska, które podlega zaburzeniom losowym.[11]

Przykładem wykorzystania modelu stochastycznego, znanym z fizyki, jest proces ruchu Browna, który opisuje chaotyczny ruch dużej molekuły, bombardowanej szybko przemieszczającymi się małymi cząstkami gazu lub cieczy.

RANDOMIZACJA KRZYWEJ LOGISTYCZNEJ – PRZYKŁAD MODELU STOCHASTYCZNEGO

Rozważmy problem prognozowania na podstawie tendencji rozwojowych, występujący w ekonometrii. Jest to przykład modelu interdyscyplinarnego. Interdyscyplinarność modelu wynika między innymi z faktu zastosowania w modelu funkcji logistycznej. Wśród tej klasy modeli najczęściej są wykorzystywane funkcje trendu. Mimo pewnych zalet, funkcje te mają ograniczony zasięg wykorzystywania. Niewiele jest takich zjawisk rzeczywistych, które dają się dobrze opisać tylko za pomocą zmiennej czasowej. Związki przyczynowo-skutkowe są bardziej stabilne od modeli, w których zmienną objaśniającą jest czas. Praktyczne postępowanie przy wykorzystaniu do celów prognozowania funkcji trendu polega na oszacowaniu parametrów kilku lub kilkunastu wariantów takiej funkcji a następnie, na podstawie otrzymanych statystyk, wybraniu wariantu najlepszego. Podstawą oceny, są wartości współczynnika determinacji, wielkości ocen średnich błędów estymatorów, statystyka Durbina-Watsona itp.

---

[11] A. Janicki, A. Izydorczyk, Komputerowe metody w modelowaniu stochastycznym, WNT, Warszawa 2001, s.9.

Funkcja logistyczna jest jedną z podstawowych funkcji trendu i zajmuje wyjątkowo uprzywilejowane miejsce wśród bardzo wielu różnych postaci funkcji używanych do opisu zjawisk ekonomicznych i przyrodniczych. Wynika to stąd, że wzrost organizmów zwierzęcych i roślinnych, liczebność organizmów żywych bytujących w określonych warunkach, jak i produkcja całych gałęzi przemysłu, przebiegają w sposób dający się opisać krzywą logistyczną. Jej równanie można uzyskać na drodze dedukcyjnej wychodząc z rozważań fizykalnych. Równaniem krzywej logistycznej możemy opisać wszystkie zjawiska, których prędkość rozwoju jest wprost proporcjonalna do iloczynu osiągniętego wzrostu nazywanego czynnikiem rozpędu, oraz do odległości tego wzrostu od poziomu nasycenia (a-y), który możemy nazwać czynnikiem hamowania, gdyż z upływem czasu wartość tego czynnika maleje.

Otrzymujemy równanie różniczkowe noszące nazwę prawa wzrostu Robertsona:

$$\frac{dy}{dx} = ky(a - y), \qquad (1.4)$$

gdzie: k > 0 jest współczynnikiem proporcjonalności, a jest poziomem nasycenia (rzędną asymptoty krzywej logistycznej).

Postać funkcji logistycznej (zależna od wartości jej parametrów) wykorzystywana jest między innymi w ekonometrii do wyznaczania trendu logistycznego.

Rozdzielając zmienne otrzymujemy:

$$\left(\frac{1}{y} + \frac{1}{a - y}\right)dy = akdx, \qquad (1.5)$$

co po rozwiązaniu względem y prowadzi do wzoru:

$$y = \frac{a}{1 + e^{-akx - C_1}}, \qquad (1.6)$$

gdzie C_1 jest dowolną stałą.[12]

Podstawiając $c = ak$ oraz $b = e^{-C_1}$ otrzymujemy równoważną postać krzywej logistycznej:

$$y = \frac{a}{1 + be^{-cx}}.[13] \qquad (1.7)$$

---

[12] S. Smolik, Wyznaczanie parametrów krzywej logistycznej, Przegląd statystyczny R.XXXII- zeszyt 4-1985, s.365 – 373.

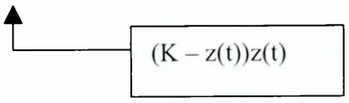
[13] H.Hotelling, Differential Equations Subject to Errors and Population Estimates, Journal of the American Statistical Association, 1927 s. 283 –292.

Powyższa funkcja jest nieliniową funkcją trzech parametrów a, b, c. Można wykazać, że funkcja jest stale rosnąca, najpierw w tempie coraz bardziej przyspieszonym ($y'' > 0$), a następnie w tempie malejącym ($y'' < 0$), aż do niemal całkowitego zahamowania wzrostu, o czym świadczy fakt, że krzywa zbliża się asymptotycznie do prostej $y = a$, co określa się stwierdzeniem, że z biegiem czasu krzywa logistyczna gaśnie. Wynika stąd, że obserwowany gasnący wzrost badanego procesu zmierza do stanu stagnacji.[14]

Równanie logistyczne i jego „randomizacja"

Równanie to znane jest również pod nazwą równania Verhulsta. Verhulst zaproponował następującą postać równania różniczkowego zwyczajnego:

$$\frac{dz}{dt}(t) = a \cdot z(t) \qquad (1.8)$$



gdzie: K jest interpretowane jako maksymalna liczebność populacji.

Po prostej modyfikacji równania:

$$\frac{dz}{dt}(t) = a \cdot (K - z(t))z(t) \qquad (1.9)$$

polegającej na zamianie oznaczeń: $x = az$, $\lambda = aK$, otrzymujemy jego inną postać:

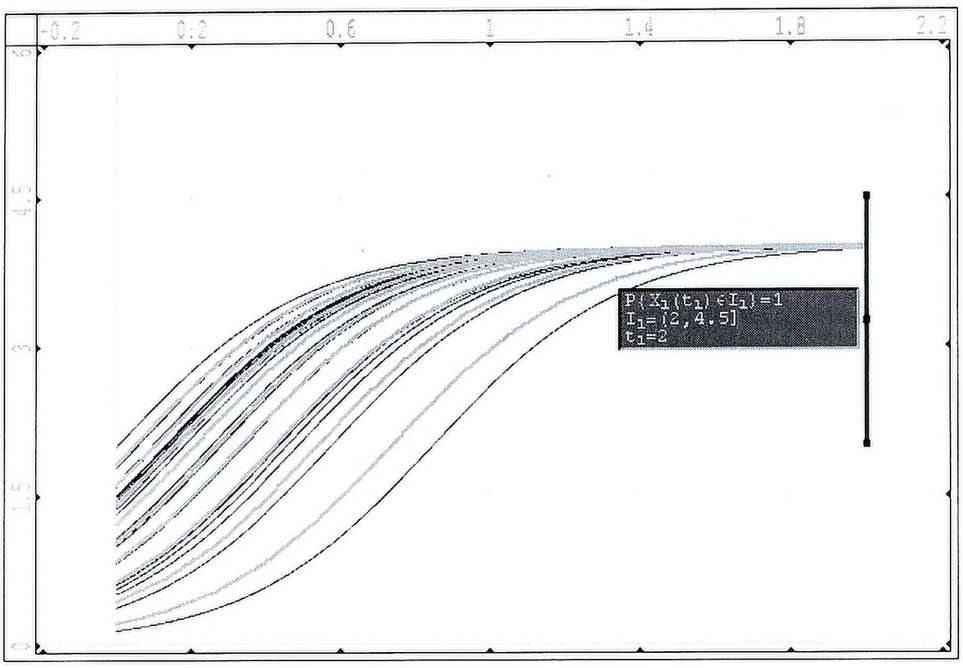
$$\frac{dx}{dt}(t) = x(t)(\lambda - x(t)). \qquad (1.10)$$

Jedna z możliwych metod randomizacji modelu polega na przyjęciu założenia, że zamiast stałej wartości parametru λ podstawimy wyrażenie: $\lambda + \sigma\xi_t$, gdzie ξ_t dla $t \geq 0$, jest losowym szumem gaussowskim. Oznacza to, że możliwa maksymalna liczba osobników w populacji podlega nieprzewidywalnym, losowym fluktuacjom.

W ten sposób uzyskuje się probabilistyczny model w postaci stochastycznego równania różniczkowego zwanego gaussowskim stochastycznym równaniem Verhulsta:

$$dX(t) = X(t) \cdot (\lambda - X(t))dt + \sigma X(t)dB(t). \qquad (1.11)$$

[14] L.Fahrmeir, G.Tutz, Multivariate Statistical Modelling Based on Generalized Linear Models, Springer, New York 2001, s.403-404.



Rys. 1.2. Przykład „randomizacji" równania Verhulsta modelującego wzrost pojedynczej populacji, z losowym warunkiem początkowym.

Źródło: A. Janicki, A. Izydorczyk, Komputerowe metody w modelowaniu stochastycznym, WNT, Wrocław 2001, s.136.

2. WYBRANE METODY ANALIZ WIELOKRYTERIALNYCH

Dokonywanie ocen, porównań i wyborów stanowi jeden z pod stawowych przejawów aktywności człowieka od zarania swych dziejów. Korzyści wynikające z podjęcia właściwej decyzji są oczywiście zawsze duże i to tym większe im wyższy jest poziom, na którym tę decyzję się podejmuje. Dlatego też, proces podejmowania decyzji od dawna wzbudza zainteresowanie zarówno praktyków, jak i naukowców.

Proces podejmowania decyzji polega na generowaniu:

- zbioru alternatywnych wariantów projektów decyzji,
- zbioru rzeczywistych i prawdopodobnych stanów rzeczy charakteryzujących warunki działania,
- funkcji użyteczności wyrażającej ocenę wariantów z punktu widzenia decydenta (celów działania, preferencji) lub grupy decydentów.

Tak rozumiany proces powinien doprowadzić do decyzji, czyli wyboru wariantu najkorzystniejszego (w sensie przyjętych kryteriów i reguł decyzyjnych).

W analizie decyzyjnej występuje konieczność rozwiązania co najmniej jednej z trzech sytuacji problemowych:

(I) wybór jednego i tylko jednego wariantu, najlepszego w sensie przyjętych kryteriów, przy czym dąży się, aby sposób wyselekcjonowania tego wariantu mógł stanowić metodę wielokrotnego, a w szczególności "automatycznego" stosowania,

(II) sortowanie wariantów, przy maksymalnym wykorzystaniu wszelakich informacji, pozwalających na wyodrębnienie podzbiorów wariantów: "na pewno dobrych (prawdziwych, zadowalających itp.)" i "na pewno złych (nieprawdziwych, niezadowalających itp.)", czyli chodzi w zasadzie o określenie warunków przynależności do różnych kategorii, uzasadniających podział zbioru wariantów na kategorie (np. zaakceptowane lub odrzucone),

(III) porządkowanie wariantów według np. malejącej preferencji, bądź wspomaganie klasyfikacji wariantów co prowadzi do uporządkowania wszystkich lub niektórych wariantów ze zbioru potencjalnych decyzji.

Charakter zagadnień decyzyjnych związanych z porównywaniem wariantów, jak również charakter ocen (cząstkowych) wariantów jest dość różnorodny. Różnią się one m.in. pod względem precyzji i pewności.[15]

Klasyfikacja, czyli podział obiektów jest jednym z podstawowych zadań realizowanych przez naukę, zwłaszcza w obrębie dziedzin określanych jako matematyczno-przyrodnicze. Celem badań nie jest przy tym znalezienie czysto formalnego podziału ułatwiającego opis badanych obiektów, ale wyróżnienie rzeczywistych i charakterystycznych dla badanej serii grup - odkrycia jej prawdziwej struktury, co może doprowadzić np. do uproszczenia badanego zjawiska, może ułatwić jego zrozumienie.

Przez obiekt rozumieć można dowolny przedmiot badań. Grupy (skupienia) są zespołami obiektów badanej serii bardziej podobnych do siebie (wewnątrz grupy) niż do pozostałych obiektów (między grupami). Kategorie (klasy) to już wyodrębnione jednostki na podstawie wcześniejszych badań lub rozważań teoretycznych, do których należy przyporządkować obiekty z badanej serii. Badania z zakresu taksonomii numerycznej prowadzone są wtedy, gdy nie znamy właściwych kategorii badanych obiektów. Powinny one doprowadzić do ich ustalenia, stworzenia zasad klasyfikacji poprzez wyodrębnienie charakterystycznych grup analizowanej serii danych.[16]

Podstawowym wymaganiem przed podjęciem prób klasyfikacji jest ustalenie standardu opisu badanego obiektu - zespołu diagnostycznych cech, które dobrze opisują zmienność badanych obiektów i istnieje możliwość w miarę precyzyjnego pomiaru lub określenia ich wartości. Poprawny wybór cech diagnostycznych obiektów jest podstawą ich prawidłowej klasyfikacji, błędy popełnione na tym etapie analizy mogą być przyczyną uzyskania zupełnie fałszywych wyników.

---

[15] Całe dostępne spektrum informacji można podzielić na :

- informacje pewne,
- ryzykowne,
- niepewne.

[16] Przykładem może być tworzenie typologii nowego rodzaju zabytków archeologicznych. Można zaproponować rozwiązanie tego problemu tradycyjnie: korzystając z doświadczenia i intuicji badacza, można też użyć metod analizy matematycznej i statystycznej - zabytki opisane przez zestaw cech poddać procesowi analizy skupień i dopiero na podstawie osiągniętych wyników przedstawić próbę ich klasyfikacji typologicznej.

Z trzech rodzajów cech, którymi można opisywać obiekty: ilościowych (rzeczywistych),porządkowych i logicznych (prawda / fałsz), obecnie najczęściej wykorzystywane są te pierwsze (stąd określenie taksonomia numeryczna). Dobór cech zależy jednak od konkretnego przypadku, w zasadzie nie ma przeszkód w stosowaniu wszystkich rodzajów cech jednocześnie, należy jednak zastosować odpowiednie procedury normalizujące.

Równie ważne jest określenie sposobu porównywania obiektów. Powszechnie wiadomo, że np. modrzew i lipa to różne gatunki drzew. Należy sobie zadać pytanie dlaczego zaliczono je do różnych gatunków, dlaczego kiedyś, dawno temu, wymyślono różne słowa na ich określenie? - Ponieważ były INNE. Inność można określić na dwa sposoby - jako różnicę - drzewa te były **dostatecznie różne** (odległe), aby przydzielić im odmienne nazwy, lub z drugiej strony - jako podobieństwo, gdyż drzewa te były do siebie **wystarczająco mało podobne** (zbyt mało podobne, aby zaliczyć je do tej samej kategorii - w tym wypadku gatunku). Te dwa sposoby - różnicę (czyli odległość ***d***, tzw. metody minimalno-odległościowe) i podobieństwo ***p*** stosuje się dzisiaj do porównywania badanych obiektów.

2.1. METODY ANALIZ SYMBOLICZNYCH - METODY ILOŚCIOWE

Analiza porównawcza jest narzędziem wspomagającym proces podejmowania decyzji i tylko w takim kontekście powinny być rozważane wyniki jakie uzyskujemy przy jej pomocy. Zatem, pozwala ona na uzyskanie prognoz co do rozwoju badanych zjawisk.

Niezależnie od metody (przedstawia je tabela 3.1), którą zastosujemy na podstawie cech obiektów badanych, wynikiem będzie najlepsze rozwiązanie. Podstawą porównania jest pewien system wartości – kryterium będące funkcją istotnych cech porównywanych obiektów.

Na wybór określonej metody analizy porównawczej mają wpływ:

- charakter porównywanych obiektów,
- sposoby i metody wyznaczania parametrów charakteryzujących stopień jakości obiektów, co w końcowym efekcie decyduje o precyzji i wiarygodności otrzymanych wyników.

W niniejszym podrozdziale omówiono dwa najbardziej rozpowszechnione rodzaje metod wielokryterialnych analiz porównawczych:

- metodę taksonomii numerycznej,
- metodę Bellingera[17].

METODA TAKSONOMII NUMERYCZNEJ

Z problemem wyboru jednego z wielu możliwych wariantów działania wiąże się zgodność identyfikacji, oceny podobieństwa obiektów wielocechowych, doboru cech diagnostycznych, a także problem doboru wag[18]. Dobrze przeprowadzona analiza porównawcza musi uwzględniać powyższe problemy. Wśród wielu metod stosowanych do analiz porównawczych istnieją metody w pewnym sensie uniwersalne (możliwe do wykorzystania w wielu dziedzinach życia), których algorytmy są na tyle „elastyczne", a jednocześnie nieskomplikowane matematycznie, że umożliwiają przeprowadzenie rozważań porównawczych w różnych dziedzinach. Do tego typu metod należą miedzy innymi, zapożyczone z biologii, metody taksonomiczne.

[17] B.Bellinger, Quantifizierung, Bewertung und Bestgestaltung betrieblicher Rechtsbeziehungen, Berliner Wissenschaftliche Gesollschaft e.V., Jahrbuch 1978, s. 57–84.
[18] E. Nowak, Metody taksonomiczne w klasyfikacji obiektów społeczno-gospodarczych, PWE, Warszawa 1990.

Tabela 2.1. Zestawienie cech szczególnych metod wielokryterialnych analiz porównawczych.

Metody	*Przeznaczenie i charakterystyka metody*	*Charakterystyczne cechy obiektów*	*Przykłady zastosowań*
1	2	3	4
Metoda taksonomii numerycznej	1. Porównywane obiekty charakteryzują się parametrami określonymi ilościowo. 2. Wyznaczenie kompleksowego wskaźnika jakości QT dla każdego porównywanego obiektu jako liczbę unormowaną z przedziału [0,1] 3. Określenie QT metodą wzorcową i bezwzorcową	1. Porównywane obiekty mają identyczne przeznaczenie funkcjonalne. 2. Obiekty są porównywane według jednakowych cech, które można scharakteryzować ilościowo.	Porównywanie systemów ogniowych i środków rażenia tego samego przeznaczenia, sieci telekomunikacyjnych tego samego szczebla dowodzenia
Metoda ELEKTRE	1. Porównywanie obiektów charakteryzujących się kryteriami niemierzalnymi. 2. Nadanie obiektom kategorii „lepszy" lub „gorszy" na podstawie analizy tzw. Relacji przewyższających. 3. Przyporządkowanie każdemu kryterium cząstkowemu wielkości wagowej i wyznaczenie współczynnika zgodności z hipotezą, że jeden obiekt przewyższa drugi. 4. Konstruowanie grafu, w którym wierzchołki są wszystkimi obiektami, a łuki relacjami przewyższenia. 5. Jądro grafu stanowi rozwiązanie problemu.	1. Porównywane obiekty są charakteryzowane przy pomocy współczynników wagowych. 2. Wyznaczenie współczynników wagowych odbywa się na drodze sądów decydenta i są to oceny subiektywne.	Dokonanie wyboru oferty dotyczącej zakupu nowego rodzaju uzbrojenia w wyniku analizy względem kryterium cech i części mierzalnej i niemierzalnej.
Metoda rozmytej relacji preferencji	1. Zakłada istnienie niezbyt precyzyjnych kryteriów. 2. Duża niepewność, co do konsekwencji podjęcia decyzji. 3. Niepełna informacja dotycząca charakterystyki poszczególnych obiektów. 4. Określenie rozmytej	1. Oceniane obiekty charakteryzują się brakiem opisu przez wskaźniki ilościowe. 2. Parametry obiektów są charakteryzowane w sposób subiektywny	Dokonywanie wyboru wariantu decyzyjnego lub dowolnego obiektu spośród innych, które charakteryzują się

	preferencji jako stopień dominacji jednego obiektu nad drugim z subiektywnego punktu widzenia decydenta. 5. Stosowanie reguły max min do wyboru obiektu	przez decydenta, który nadaje im oceny charakteryzujące stopień przewagi jednego obiektu nad innymi	wskaźnikami, będącymi subiektywną oceną konkretnego decydenta (subiektywność oceny).
Analiza brzegowa	1. Zakłada wybór takiej decyzji, której podjęcie spowoduje wymierną poprawę efektywności. 2. Wybrana decyzja ma zapewnić: - określoną działalności tak długo, jak produkt brzegowy jest dodatni i może być rozwijana do momentu, aż produkt osiągnie wartość zero, - osiągnięcie efektywnych rezultatów, przy zaistnieniu ograniczeń budżetowych, gdy stosunek brzegowych korzyści do brzegowych kosztów są sobie równe.	1. Obiektem jest decyzja, którą ma podjąć decydent. 2. Konieczność dysponowania danymi dotyczącymi realizacji danego przedsięwzięcia i nowymi i przyszłymi uwarunkowania mi, które zakładają redukcję nakładów na kontynuowanie tego przedsięwzięcia.	Podjęcie decyzji dotyczącej zwiększenia ilości elementu ugrupowania bojowego z punktu widzenia wzrostu efektywności działania tego ugrupowania.
Metoda Bellingera	1. Zakłada addywność ogólnego kryterium oceny ze względu na kryteria cząstkowe charakteryzujące obiekt. 2. Porządkowanie ze względu na wartość ogólnego kryterium od największego do najmniejszego. 3. Doprowadzenie do addywności ogólnego kryterium w oparciu o pojęcie „drogi", którą jest określona lokalizacja wartości parametrów na drodze między wartościami minimalnymi i maksymalnymi dla danego obiektu	Porównywanie obiekty w części charakteryzowane są wskaźnikami ilościowymi określającymi ich jakość (mogą być wyznaczone metodą taksonomii numerycznej), a w części wyznaczone są jako wartości wagowe, które są subiektywną oceną decydenta	Analiza oferty zakupu nowego rodzaju uzbrojenia pod kątem np.: kosztów zakupu i wyszkolenia załóg, współczynnikó w jakości wynikających z parametrów taktyczno-technicznych oraz możliwości dopasowania do już posiadanego uzbrojenia.

Źródło: Z.Pęcak, Inżynieria sieci telekomunikacyjnych str. 44-45.

Procedura badań taksonomicznych

Podstawowe etapy badań taksonomicznych to:

1) wstępna analiza badanego systemu,
2) dobór cech diagnostycznych i skal ich pomiaru,
3) zebranie danych statystycznych,
4) ocena podobieństwa klasyfikowanych jednostek,
5) wybór metody klasyfikowania,
6) klasyfikacja obiektów za pomocą wybranej metody,
7) weryfikacja wyników klasyfikacji,
8) merytoryczna interpretacja wyników klasyfikacji.

Na wstępnym etapie metody należy dokonać identyfikacji:

- zbioru porównywanych obiektów:

$$\Omega=(Z_1, Z_2, \ldots, Z_n, \ldots, Z_N)$$

- zbioru cech charakteryzujących każdy obiekt:

$$\Psi=(C_{1n}, C_{2n}, \ldots, C_{in}, \ldots, C_{in})$$

Mając wartości cech uznanych za istotne można dla każdej cechy obliczyć jej wartość średnią obliczoną z zależności:

$$C_i = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} C_{in} .$$

Znając obliczoną wartość średnią i-tej cechy można obliczyć jej odchylenie standardowe z zależności:

$$S_i = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N}(C_{in} - C_i)^2} ,$$

a następnie ustandaryzowaną wartość i-tej cechy:

$$\widetilde{C}_{in} = \frac{C_{in} - C_i}{S_i} .$$

Zadaniem przeprowadzającego porównania jest ustalenie, która z istotnych cech jest stymulantą (dla której wartość ocenianego obiektu wyrażonego tym parametrem wzrasta wraz ze wzrostem wielkości tego parametru), a która destymulantą (dla której wartość ocenianego

obiektu wyrażonego tym parametrem wzrasta dla malejącej wielkości tego parametru)[19]. Ustalenie takie umożliwi określenie cech wzorcowych z następującej zależności:

$$C_{0i} = \begin{cases} \min C_{in} & gdy \quad C_{in} \; destymulanta, \\ \max C_{in} & gdy \quad C_{in} \; stymulanta. \end{cases}$$

Po określeniu cech wzorcowych oblicza się dyspersję pomiędzy wartościami poszczególnych cech a cechami wzorcowymi z zależności:

$$\delta_{ni} = \left(C_{0i} - \widetilde{C}_{ni}\right)^2 .$$

Następnie oblicza się odległości pomiędzy każdym z obiektów, a obiektem wzorcowym posługując się zależnością:

$$d_{0n} = \left[\sum_{n=1}^{N} \delta_{ni}\right]^{1/2} .$$

W dalszej kolejności, wyznaczamy wartość średnią odległości:

$$\bar{d}_0 = \frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N} d_{on} .$$

Znając wartość d_{on} i d_o można określić wariancję:

$$D_0^{\,2} = \frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N}\left(d_{0n} - \bar{d}_0\right)^2 ,$$

a następnie wartość graniczną:

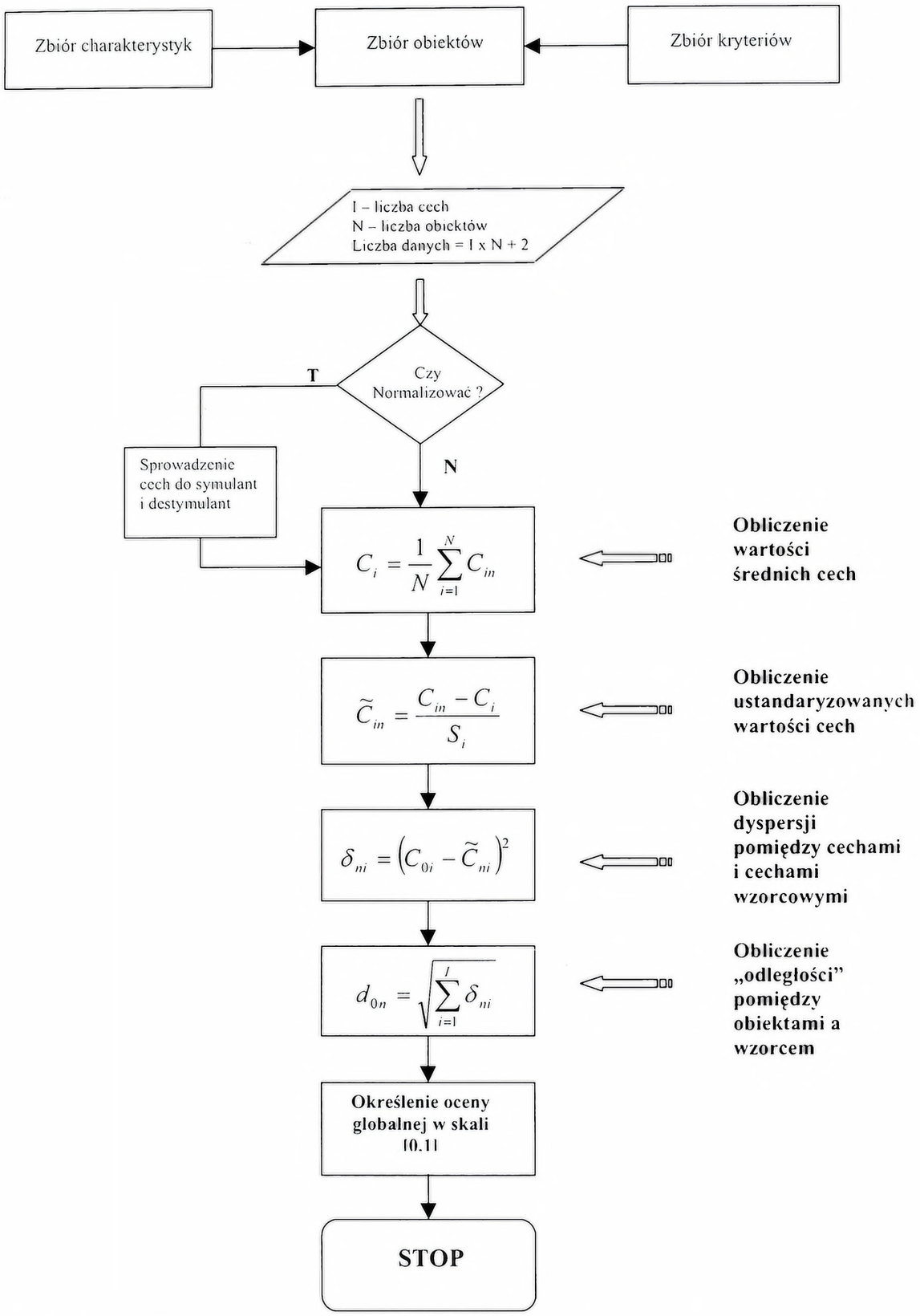
$$d_0^{\,*} = \bar{d}_0 + 3\sqrt{D_0^{\,2}} .$$

Końcowym etapem jest określenie oceny globalnej na podstawie zależności:

$$\chi_n = 1 - \frac{d_{0n}}{d_0^{\,*}} .$$

Algorytm omówionej powyżej metody przedstawia rys.2.1.

[19] Taki podział cech został zaproponowany przez Z. Hellwiga (1968)



Rys.2.1. Najprostszy wariant numerycznej metody taksonomicznej.

Źródło: H. Spustek, Numeryczne wspomaganie procesu podejmowania decyzji w zakresie planowania działań. Zeszyty Naukowe AON, 2001.

METODA BELLINGERA

Metoda Bellingera umożliwia skatalogowanie obiektów badanych w taki sposób aby ocena łączna danego obiektu badanego składała się z kompletu kryteriów cząstkowych. Powyższa metoda ma na celu przekształcenie (doprowadzenie) wyników ocen cząstkowych stanu addywności (czyli możliwości sumowania tych ocen cząstkowych) i na sprecyzowaniu oceny łącznej – jako sumy wszystkich ocen cząstkowych. Doprowadzenie do stanu addywności jest nieodzowne ze względu na rozmaitość kryteriów oraz ich miar i znaczeń (wag).

Uzyskanie addywności w metodzie Bellingera polega na ustaleniu dla każdego kryterium cząstkowego dwóch stanów: najmniej pożądanego i najbardziej pożądanego (-1; 0,5; 1) a następnie na wyrażeniu każdej liczby, wynikającej z pomiaru za pomocą danego kryterium cząstkowego ułamku „drogi" od stanu najmniej pożądanego do stanu najbardziej pożądanego. Ocenę łączną otrzymuje się ze zsumowania procentów przebytych dróg wszystkich kryteriów cząstkowych. Wcześniej jednak należy uwzględnić znaczenie (wagę) każdego kryterium cząstkowego w ten sposób, aby wielkości procentowe przebytych „dróg" pomnożyć przez wagę danego kryterium.[20]

Zaletą metody Bellingera jest prostota i łatwość w użyciu. Może być ona wykorzystywana z dobrym skutkiem jako narzędzie usprawniające zarządzanie w wielu obszarach działalności ludzkiej m.in. bankowość, przemysł, ekonomia, systemy decyzyjne, itp. Ponadto, metoda ta jest przydatna do klasyfikacji obiektów badanych, których cechy charakterystyczne są wyrażone za pomocą wskaźników ilościowych, a wyznaczone w tej metodzie wskaźniki ilościowe mają charakter obiektywny. Osoba dokonująca ustalenia parametrów wskaźników ilościowych nie ma możliwości manipulacji na etapie ich wyznaczania. Jednocześnie sam algorytm postępowania w znacznym stopniu uniemożliwia manipulację wynikiem przez osobę badającą. Jednym słowem, metoda pozwala na uzyskanie w miarę obiektywnych ocen, co jest nie bez znaczenia w każdej analizie porównawczej.

[20] P. Górny, Metody analityczno-ocenowe w analizie systemowej ugrupowań bojowych, systemów uzbrojenia i techniki bojowej, Warszawa. Wyd. Akademia Obrony Narodowej 1999r. str. 43.

Algorytm metody Bellingera zawiera siedem etapów:

Etap I

Sprecyzowanie kryteriów cząstkowych w celu ustalenia najlepszej, pod względem wartości oceny łącznej decyzji.

Etap II

Ustalenie jednostek pomiarowych i pożądanego kierunku zmian w obrębie danego kryterium cząstkowego.

Etap III

Ustalenie górnej i dolnej granicy znaczenia (wag) dla poszczególnych kryteriów cząstkowych.

Etap IV

Ustalenie znaczenia (wagi) jaką przypisuje decydent dla poszczególnych kryteriów cząstkowych, w taki sposób aby suma wszystkich wag była równa jedności.

Etap V

Przeliczenie wartości rzeczywistych na ułamki procentowe „drogi" od stanu najmniej pożądanego do stanu najbardziej pożądanego w ramach poszczególnych systemów z punktu widzenia kryteriów cząstkowych.

Etap VI

Pomnożenie liczb otrzymanych na etapie V przez wagi przypisane poszczególnym kryteriom cząstkowym przyjętym na etapie IV

Etap VII

Ustalenie najlepszego systemu po zsumowaniu ocen przyznanym poszczególnym decyzjom z punktu widzenia wszystkich kryteriów.

2.2. METODY ANALIZ SYMBOLICZNYCH – METODY JAKOŚCIOWE

METODA DIAGRAFICZNA CZEKANOWSKIEGO

Metoda analizy zbiorów danych zaproponowana przez Jana Czekanowskiego[21] polega na obliczaniu różnic przeciętnych pomiędzy poszczególnymi elementami zbioru w oparciu o ich cechy liczbowe i na przedstawieniu wyników w formie uporządkowanego diagramu. Pozwala to wyodrębnić w zbiorze grup, grupy elementów podobnych do siebie i różniących się od pozostałych elementów innych grup. Metoda ta została opracowana przez antropologa w celu określania zmienności wewnątrzgatunkowej, jednak można ją stosować do wszelkich zbiorów danych o niezdefiniowanej strukturze. Różnicę przeciętną pomiędzy dwoma elementami analizowanego zbioru wylicza się według wzoru:

$$DD = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\left|M_{1j} - M_{2j}\right|,$$

gdzie: DD oznacza różnicę przeciętną wynikającą z różnic jednostkowych wybranych cech,

n liczbę wybranych do analizy cech elementów zbioru,

M_{1j} wartość j-tej cechy dla pierwszego porównywanego elementu,

M_{2j} wartość j-tej cechy dla drugiego elementu.

Ze względu na niewielkie często różnice, pomiędzy różnicami przeciętnymi poszczególnych par elementów zbioru, T. Henzel zmodyfikował wzór J. Czekanowskiego. Różnice jednostkowe cech zostały przez niego zastąpione kwadratami różnic:

$$DD' = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\left(M_{1j} - M_{2j}\right)^2.$$

[21] Jan Czekanowski (1882-1965), antropolog, etnograf, statystyk i językoznawca. Był uczniem Rudolfa Martina, słynnego szwajcarskiego antropologa i autora klasycznego podręcznika *Lehrbuch der Anthropologie*, którego standardy do dziś są stosowane w antropologii. Po napisaniu doktoratu Czekanowski, jako pracownik Królewskiego Muzeum Ludoznawczego w Berlinie, wziął udział w dwuletniej wyprawie antropologicznej do środkowej Afryki (1906-1907). W 1910 r. przeniósł się do Muzeum Antropologii i Etnografii w Petersburgu. W 1913 r. został kierownikiem Zakładu Antropologicznego na Uniwersytecie we Lwowie. Po II Wojnie Światowej osiadł w Poznaniu, gdzie kierował Katedrą Antropologii UAM. Był twórcą tzw. Lwowskiej Szkoły Antropologicznej, zwolennikiem kierunku statystycznego w badaniach antropologicznych. Piastował liczne funkcje naukowe i społeczne m.in. był wiceprezesem Polskiego Towarzystwa Statystycznego.

W ten sposób różnice pomiędzy elementami analizowanego zbioru stają się bardziej widoczne, co ułatwia analizę. J. Czekanowski zaproponował także zmodyfikowany wzór, pozwalający uniknąć zbyt mocnego uwypuklania różnic pomiędzy cechami o dużym rozrzucie wartości i zbyt słabego pomiędzy cechami o rozrzucie małym:

$$DD_S = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\frac{\left|M_{1j} - M_{2j}\right|}{S_j},$$

gdzie: DD_S oznacza różnicę przeciętną standaryzowaną,

S_j oznacza odchylenie standardowe j-tej cechy dla wszystkich elementów.

Wzór Henzla i drugi wzór Czekanowskiego można połączyć we wzór:

$$DD_S^{'} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\frac{\left(M_{1j} - M_{2j}\right)^2}{S_j},$$

według którego można wyliczać średnie standaryzowanych kwadratów różnic jednostkowych.

Obliczone według jednego z powyższych wzorów wartości umieszcza się w macierzy, którą następnie porządkuje się poprzez grupowanie elementów najbardziej podobnych do siebie, to znaczy o najmniejszej wartości DD lub DD^2. Następnie macierz można przedstawić w formie diagramu, w którym przeciętne różnice mieszczące się w odpowiednich przedziałach zastępowane są znakami symbolicznymi.

Ręczne obliczanie macierzy i układanie diagramu Czekanowskiego jest pracochłonne, zwłaszcza w przypadku dużej ilości danych. Można jednakże posłużyć się programem komputerowym, który pozwoli znacznie skrócić najbardziej żmudne etapy tworzenia diagramu.[22] W załączniku do niniejszej pracy podano podstawowe informacje na temat zasad działania i obsługi programu MaCzek 1.00 realizującego algorytm Czekanowskiego.

---

[22] Program MaCzek 1.00, napisany na potrzeby Zakładu Antropologii Historycznej IAUW, jest prostym interpretatorem języka programowania służącego do obliczania i porządkowania macierzy Czekanowskiego dla zbiorów danych nie przekraczających 255 elementów o cechach (maksymalnie 255) wyrażonych jako liczby binarne (nominalne dychotomiczne), całkowite (porządkowe lub przedziałowe) i rzeczywiste (przedziałowe). Program MaCzek 1.00 można bezpłatnie pobrać i stosować do własnych potrzeb, ze strony internetowej: http://www.republika.pl/eskimo73/maczek.html#funkcje
Znajdują się tam również inne materiały dotyczące poruszanych tu zagadnień.

2.3. METODY SYMULACYJNE - MONTE CARLO

Symulacje numeryczne pozwalają na analizowanie zachowania systemów rzeczywistych przy braku informacji szczegółowej o procesie symulowanym. Symulacja systemu polega na przedstawieniu go w postaci modelu symbolicznego co pozwala na proste manipulowanie nim, efektem czego są wyniki numeryczne.

Metoda Monte Carlo - znana od około czterdziestu lat jako dziecko fizyki numerycznej, sformułowana została na przełomie lat pięćdziesiątych i sześćdziesiątych, celem zastosowania w fizyce do symulacji numerycznych. Jako pierwsi, pojęcia *metoda Monte Carlo* użyli fizycy pracujący w laboratoriach powstałych w Los Alamos w ramach projektu „Manhatann".[23]

Olbrzymie zainteresowanie tą metodą wynika z faktu jej użycia w badaniach nad rozszczepianiem ciężkich jąder w reakcjach jądrowych, co między innymi przyczyniło się do budowy pierwszej bomby jądrowej i reaktora jądrowego.[24]

Metodę Monte Carlo (MC) stworzono na bazie procesu Markowa oraz generatora liczb losowych. Współcześnie mówimy o metodach MC (powstało bowiem szereg modyfikacji i rozwinięć metody MC w stosunku do jej pierwotnego algorytmu). Pojawienie się nowych narzędzi do symulowania zjawisk, rozwiązywania różnorodnych zagadnień statystycznych, odsłoniło nowe możliwości maszyn liczących.

Metody MC wraz z dynamiką molekularną stanowią dwa filary fizyki numerycznej. Podobnie można powiedzieć o symulacjach zjawisk współczesnego pola walki. Doświadczenia symulacyjne w tym zakresie mogą opierać się na dwóch filarach: pierwszy stanowią metody MC a drugi teoretyczne modele walki.

Dowolne zjawisko przyrodnicze lub społeczne możemy przedstawić w formie opisowej, lub też w postaci sformalizowanej – modelu matematycznego, a następnie aplikacji numerycznej, uwzględniającej techniki obliczeniowe i wiele zmiennych opisujących zachodzące zjawiska, powiązanych równaniami matematycznymi. Nie zawsze udaje się znaleźć rozwiązanie tych równań, wówczas zadawalamy się możliwością określenia zbioru dopuszczalnych rozwiązań. Prawdopodobieństwo wystąpienia każdego rezultatu jest inne.
W przypadku gdy nie możemy dokonać przeglądu wszystkich możliwych rezultatów (ze względu na ich olbrzymią ilość), a szansa na poprawne odgadnięcie wyniku nie wydaje się

[23] N. Metropolis, A. Rozenbluth, M. Tellur, E. Teller
[24] Istnieją pewne rozbieżności co do autorstwa metody MC. Jako jej twórców wymienia się między innymi S. Ulama i J. von Neumanna.

być wysoka, należy rozważyć możliwość wykorzystania symulacji. Symulacja dostarcza nam informacji na temat zbioru rozwiązań, w celu oszacowania ryzyka związanego z wyborem jednego z nich. Metoda MC służy do analizy procesów przypadkowych (stochastycznych). Pozwala ona symulować zachowanie się układu zależnego od zespołu parametrów, których wartości podlegają żądanym funkcjom rozkładu prawdopodobieństwa zaistnienia takich a nie innych wyników.[25]

Współcześnie, dzięki metodzie MC nie ma konieczności przeprowadzania prób i konstruowania modeli i prototypów po to tylko, aby określić poprawność poczynionych na wstępie założeń. Stworzono zupełnie nową rzeczywistość opisywaną w formie modeli matematycznych wraz z ich wizualizacją.

ALGORYTM METODY MONTE CARLO

Symulacja metodą Monte Carlo obejmuje dwanaście następujących po sobie kroków[26]:

1. Określamy parametr stanowiący podstawowy miernik danego problemu (zjawiska). Przykładem takiego parametru może być zysk, poziom ryzyka.
2. Budujemy model badanego problemu, wykorzystując matematyczne zależności pomiędzy najważniejszymi zmiennymi. Zmienne modelu mogą mieć charakter deterministyczny lub losowy. Zmienne losowe mogą przyjmować wiele wartości, podczas, gdy zmienne deterministyczne mogą przyjmować tylko jedną wartość.
3. Dla każdej zmiennej losowej musi być określony odpowiadający jej rozkład prawdopodobieństwa.
4. Rozkład prawdopodobieństwa każdej zmiennej losowej musi być przetworzony do postaci skumulowanego rozkładu prawdopodobieństwa.
5. Każdej możliwej wartości zmiennej losowej musi być przypisana odpowiednia wartość losowa, wynikająca ze skumulowanego rozkładu prawdopodobieństwa tej zmiennej.

---

[25] W literaturze bardzo często podawany jest przykład zastosowania metody MC do wyznaczania wartości liczby π. Procedura jej wyznaczenia polegała na rzucaniu igły na odpowiednio przygotowaną (pokrytą siatką współrzędnych) powierzchnię. W przypadku gdy odległości pomiędzy kolejnymi liniami równe były długości igły, to stosunek liczby rzutów, przy których igła przecinała którąkolwiek linię, do liczby wszystkich rzutów dążył do wartości π w miarę wzrostu liczby rzutów. Można też podać przykład zastosowania metody MC, do obliczania pól powierzchni figur płaskich o nieregularnych kształtach. Inny przykład pochodzi od Johna von Neumanna, który już w latach czterdziestych ubiegłego wieku wskazywał na możliwość rozwiązywania tą drogą zagadnień niecałkowalnych w fizyce na drodze numerycznej. Zaproponował wówczas szereg algorytmów sekwencyjnych (ang. step by step).

[26] Chyliński A., Metoda Monte Carlo w bankowości, Wydawnictwo TWIGGER S.A., Warszawa 1999, ss. 148-149.

6. Dla każdej zmiennej losowej musi istnieć możliwość wygenerowania liczby losowej.
7. Każdej liczbie losowej musi być przypisana odpowiednia wartość zmiennej losowej.
8. Odpowiednia wartość zmiennej losowej, określona w poprzednim kroku musi, być wykorzystana do wyznaczenia podstawowego miernika danego problemu zgodnie z krokiem 2.
9. Wartość wyznaczona dla podstawowego miernika w kroku 8 musi zostać zapamiętana.
10. Kroki od 6 do 9 muszą być powtarzane wymaganą ilość razy (zazwyczaj od 100 do 1000).
11. Wartości podstawowego miernika, zapamiętane zgodnie z punktem 9, stają się podstawą do określenia jego rozkładu prawdopodobieństwa i skumulowanego rozkładu prawdopodobieństwa.
12. Skumulowany rozkład prawdopodobieństwa utworzony w kroku 11 musi zostać poddany analizie. Podczas analizy wyznaczone są wybrane parametry statystyki opisowej.

Dwanaście powyższych kroków algorytmu metody MC może ulec skróceniu do następujących sześciu:

1. Określ punkt początkowy x_0 w przestrzeni fazowej.
2. Wygeneruj nowy stan x'.
3. Oblicz prawdopodobieństwo przejścia $W(x,x')$.
4. Wygeneruj liczbę losową $R\varepsilon[0,1]$ (rozkład równomierny).
5. Jeżeli prawdopodobieństwo przejścia W jest mniejsze niż liczba losowa R, to potraktuj ten stary stan jako nowy i wróć do kroku drugiego.
6. W przeciwnym wypadku zaakceptuj nowy stan i wróć do kroku drugiego.[27]

Zarówno w przypadku metody MC opisanej w dwunastu jak i sześciu krokach, aby otrzymać wiarygodny efekt końcowy, należy powtórzyć eksperyment odpowiednią ilość razy.

Podsumowując można stwierdzić, że istnieje kilka zasadniczych powodów dla których metody Monte Carlo stanowią jeden z filarów na którym opierają się komputerowe symulacje zjawisk współczesnego pola walki.

[27] D.W. Heermann, Podstawy symulacji komputerowych w fizyce, WNT, Warszawa 1997, s.88.

Są to między innymi:

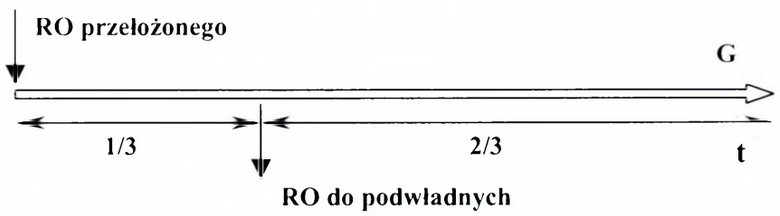
- możliwość prowadzenia obserwacji postępującej ewolucji badanego zjawiska,
- łatwość użycia metod MC rozpatrywana zarówno pod względem matematycznym, jak i technicznym (prosta implementacja numeryczna),
- możliwość uzyskania w krótkim czasie zwielokrotnionej ilości informacji służących budowaniu prognoz rozwoju badanego zjawiska,
- rozwijanie fantazji badawczej, co pozwala na odnajdowanie mechanizmów rządzących badanymi zjawiskami.

3. WIELOKRYTERIALNE MODELE SYTUACJI DECYZYJNYCH

W niniejszym rozdziale zostaną przedstawione wybrane wielokryterialne modele sytuacji decyzyjnych. Jako pierwszy rozpatrzono wielokryterialny model wyboru optymalnego wariantu działania. Model ten został oparty na metodzie TAX omówionej w rozdziale drugim. Następnie pokazano wielokryterialny model oceny porównawczej zgrupowań wojsk własnych i potencjalnego przeciwnika. Jako trzeci przedstawiono wielokryterialny model oceny wybranych śmigłowców bojowych. Do oceny wykorzystano metodę Bellingera (patrz rozdział drugi). Czwarty podrozdział stanowi model oceny terenu działań bojowych.

3.1. WIELOKRYTERIALNY MODEL WYBORU OPTYMALNEGO WARIANTU DZIAŁANIA

Porównanie wariantów działania jest jedną z najważniejszych czynności w pracy sztabu. Czynność ta powinna być przeprowadzona w sposób obiektywny przez uczestników, aby uniknąć stronniczości (np. najlepszy jest wariant zaproponowany przeze mnie). Czas przewidywany na pracę sztabu wynosi 1/3 czasu przeznaczonego na przygotowanie walki. Po tym czasie podwładni otrzymują Rozkaz Operacyjny (RO), gdy wymaga tego sytuacja, Wstępne Zarządzenie Operacyjne (WZO) i przystępują do realizacji zadań (rys.3.1).



Rys.3.1. Podział czasu przeznaczonego na przygotowanie działań.

Na podstawie zamieszczonej tabeli 3.1, przeprowadzono obliczenia według omówionego w rozdziale drugim algorytmu TAX. Dane zamieszczone w tabeli są zaczerpnięte z literatury wykorzystywanej przez słuchaczy AON.

Na działalność koncepcyjno-organizacyjną powinna być przeznaczona znaczna część dostępnego czasu, a tylko nieznaczna na przedsięwzięcia kalkulacyjne czy redakcyjne.
Obecnie proponowane tradycyjne metody wykorzystywane do rozważenia i porównania wariantów działania z racji ograniczonego czasu i nie zawsze wystarczającego przygotowania kadr mogą być obarczone dużym błędem. Z problemem wyboru jednego z wielu możliwych wariantów działania wiąże się zgodność identyfikacji, oceny podobieństwa obiektów wielocechowych, doboru cech diagnostycznych, a także problem doboru wag[28]. Dobrze przeprowadzona analiza porównawcza musi uwzględniać powyższe problemy. Wśród wielu metod stosowanych do analiz porównawczych istnieją metody w pewnym sensie uniwersalne (możliwe do wykorzystania w wielu dziedzinach życia), których algorytmy są na tyle „elastyczne", a jednocześnie nieskomplikowane matematycznie, że umożliwiają przeprowadzenie rozważań porównawczych stosowanych w procesie dowodzenia. Metodami tymi są zapożyczone z biologii, metody taksonomiczne. Okazuje się, że wyniki uzyskane przy ich użyciu są w wielu przypadkach zbieżne z uzyskanymi metodami znanymi w dowodzeniu.
Wyniki obliczeń przedstawiono poniżej. Informacyjnie podano wyniki pośrednie. W rzeczywistości, użytkownik wprowadza jedynie dane wejściowe i otrzymuje końcowy wynik analizy. Wszystkie wymienione kryteria mieszczą się w kategorii stymulant. Ocena wariantów B i C okazała się w tym przypadku zbliżona (z lekką przewagą na korzyść wariantu C). Powodem takiego stanu rzeczy jest narzucony w przykładzie układ wag. Sytuacja ulega radykalnej zmianie, wraz ze zmianą wartości poszczególnych wag. Wówczas to, lepszy okazuje się wariant B (patrz tabela 3.6). Warto też zaobserwować zmiany wyniku analizy porównawczej w przypadku gdy pod uwagę zostanie wzięte dodatkowe kryterium (tabela 3.7). Przy okazji, warto zauważyć, że wprowadzone dodatkowo kryterium mieści się w kategorii destymulant, co w żadnym wypadku nie utrudnia analizy.

[28]E. Nowak, Metody taksonomiczne w klasyfikacji obiektów społeczno-gospodarczych, PWE Warszawa 1990.

Inny problem, na który warto zwrócić uwagę związany jest z systemem nadawania wag, tzn. chodzi tu o subiektywizm w ocenach wartości poszczególnych wag[29].

Tabela 3.1. Tabela porównania wariantów działania.

Kryterium	Znaczenie kryterium	Wariant „A”	Wariant „B”	Wariant „C”
Prostota	**2**	2 / **4**	1 / **2**	3 / **6**
Zaskoczenie	**3**	1 / **3**	3 / **9**	2 / **6**
Czas	**5**	1 / **5**	2 / **10**	3 / **15**
Ekonomia sił	**1**	1 / **1**	2 / **2**	1 / **1**
Wsparcie logistyczne	**2**	1 / **2**	3 / **6**	2 / **4**
Działania połączone	**1**	1 / **1**	2 / **2**	1 / **1**
Suma/Suma po uwzględnieniu kryterium		1 / **16**	13 / **31**	12 / **33**

Źródło:„Metody i treść pracy zespołów funkcjonalnych na SD WLąd”, J.Michniak - praca zespołowa, s.68.

Tabela 3.2. Tabela danych do porównania wariantów działania.

	Prostota	**Zaskoczenie**	**Czas**	**Ekonomia sił**	**Wsparcie logistyczne**	**Działania połączone**
Wariant „A”	**4**	**3**	**5**	**1**	**2**	**1**
Wariant „B”	**2**	**9**	**10**	**2**	**6**	**2**
Wariant „C”	**6**	**6**	**15**	**1**	**4**	**1**
Rodzaj cechy	**S**	**S**	**S**	**S**	**S**	**S**
Wagi	**0,15**	**0,2**	**0,36**	**0,07**	**0,15**	**0,07**

[29] E. Gatnar, Symboliczne metody klasyfikacji danych PWN, Warszawa 1998 s.35

Tabela 3.3. Macierz ustandaryzowanych cech.

	Prostota	Zaskoczenie	Czas	Ekonomia sił	Wsparcie logistyczne	Działania połączone
Wariant „A”	**0,000**	**-1,225**	**-1,225**	**-0,707**	**-1,225**	**-0,707**
Wariant „B”	**-1,225**	**1,225**	**0,000**	**1,414**	**1,225**	**1,414**
Wariant „C”	**1,225**	**0,000**	**1,225**	**-0,707**	**0,000**	**-0,707**

Tabela 3.4. Macierz dyspersji.

	Prostota	Zaskoczenie	Czas	Ekonomia sił	Wsparcie logistyczne	Działania połączone
Wariant „A”	**1,500**	**-6,000**	**6,000**	**4,500**	**6,000**	**4,500**
Wariant „B”	**6,000**	**0,000**	**1,500**	**0,000**	**0,000**	**0,000**
Wariant „C”	**0,000**	**1,500**	**0,000**	**4,500**	**1,500**	**4,500**

Tabela 3.5. Wektor średniej odległości (d_{on}) z wynikami oceny globalnej.

	Wariant „A”	Wariant „B”	Wariant „C”
d_{on}	**2,262**	**1,200**	**1,075**
Wynik globalny	**0,273**	**0,614**	**0,654**

Tabela 3.6. Tabela danych do porównania wariantów działania.
(Przykład drugi, uwzględniający zmianę wag)

	Prostota	Zaskoczenie	Czas	Ekonomia sił	Wsparcie logistyczne	Działania połączone	Wynik globalny
Wariant „A"	4	3	5	1	2	1	0,320
Wariant „B"	2	9	10	2	6	2	0,729
Wariant „C"	6	6	15	1	4	1	0,472
Rodzaj cechy	S	S	S	S	S	S	
Wagi	0,1	0,1	0,1	0,3	0,15	0,25	

Tabela 3.7. Tabela danych do porównania wariantów działania.
(Przykład trzeci, uwzględniający zmianę wag i dodatkowe kryterium)

	Prostota	Zaskoczenie	Czas	Ekonomia sił	Wsparcie logistyczne	Działania połączone	Oddziaływa-nie p-ka	Wynik globalny
Wariant „A"	4	3	5	1	2	1	6	0,392
Wariant „B"	2	9	10	2	6	2	6	0,404
Wariant „C"	6	6	15	1	4	1	4	0,766
Rodzaj cechy	S	S	S	S	S	S	D	
Wagi	0,2	0	0	0	0,1	0,1	0,6	

Możliwości zastosowania techniki informatycznej w zakresie pozyskiwania, przetwarzania i przesyłania danych jest powszechnie znana. Wykazywane jest to w założeniach koncepcyjnych aktualnie opracowywanych zautomatyzowanych systemów dowodzenia (ZSyD).[30]

[30] „Model funkcjonalny systemu operacyjno-dowódczego ZSyD", L.Kwiatek, G.Pokorski, G.Sobiech, materiał z Konferencji Naukowej „Automatyzacja Dowodzenia – Jelenia Góra 1998"

Wykorzystanie wspomagania informatycznego, nawet na pojedynczych stanowiskach w zespołach funkcjonalnych stanowisk dowodzenia może przynieść zdecydowane korzyści w postaci skrócenia czasu potrzebnego na wykonywanie czynności kalkulacyjno-obliczeniowych czy redagowanie dokumentów. Na potrzeby szkolenia i ćwiczeń, przydatne mogą być narzędzia prostsze ułatwiające oficerom przygotowanie odpowiednich dokumentów, wykonanie obliczeń, a jednocześnie nie skomplikowane w projektowaniu i tym samym nie pociągające za sobą wysokich kosztów. Zastosowanie nawet tak popularnych narzędzi jak arkusze kalkulacyjne czy edytory tekstu w zdecydowany sposób może usprawnić prace w zakresie planowania działań.

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych analiz stwierdzono:

1. Metody proponowane w literaturze (obecnie wykorzystywane) są poprawne i proste w użyciu.
2. Istnieją przypadki kiedy wyniki uzyskane przy użyciu powyższych metod są niejednoznaczne.
3. Prawdopodobne przyczyny takiego działania metod (pkt.2) to :
   - niedoskonały system wag,
   - intuicyjne określenie kryteriów w taki sposób, by w efekcie zawsze były stymulantami, inaczej będą niepoprawne.
4. Możliwa jest jedynie ograniczona ilość kryteriów, co wynika z prostoty metody. Przy większej ilości kryteriów wynik analizy stanie się niejasny (obarczony większym błędem)[31].
5. Proponowana w metoda jest wolna od wad wymienionych w pkt. 4. Przyczyny niepowodzeń niewłaściwej oceny wariantów wymienione w pkt.3 są trudne do eliminacji. Jednakże, zaimplementowanie metody do arkusza kalkulacyjnego umożliwia szybkie wykonanie porównań przy rozmaitych wartościach wag i obserwowaniu ich wpływu na wynik końcowy. Jest to główna zaleta wykorzystania metody taksonomicznej i jej implementacji w arkuszu kalkulacyjnym.

[31] Analiza błędów w badaniach wojskowych, H.Spustek, Zeszyty Naukowe AON Nr 2(39) 2000

3.2. WIELOKRYTERIALNY MODEL OCENY PORÓWNAWCZEJ ZGRUPOWAŃ WOJSK

Kryteria

Kryteria oceny porównawczej zgrupowań wojsk mogą mieć charakter tak ilościowy jak i jakościowy. O ile przypadek pierwszy jest łatwo mierzalny i jego interpretacja nie nastręcza problemów, to w przypadku kryteriów jakościowych napotykamy na szereg problemów, wśród których można wyróżnić:

- dużą subiektywność przy określaniu zakresu zmiennych,
- dużą subiektywność przy określaniu jakości zmiennych,
- trudności z doborem właściwej metody badawczej,
- trudności z interpretacją uzyskanych wyników przeprowadzonej analizy.

Zmienne

Każde zgrupowanie wojsk (porównywany obiekt) może być opisane dowolną liczbą cech (parametrów). Przyjmuje się, że zbiór cech opisujących jest zbiorem skończonym o dużej liczbie elementów. W praktyce zbiór ten powinien być zawężony do tzw. cech istotnych obiektu, w sensie przedstawionym wyżej. Wybór cech ma główny wpływ na wyniki oceny porównawczej. Formalnie rzecz biorąc, cechy obiektu można uważać za wielkości zmienne, przyporządkowane tym obiektom. Cechy istotne obiektów są zaliczane do grupy cech mierzalnych lub pośrednio mierzalnych (kwantytatywnych). Cecha mierzalna to taka, której wartościami są liczby rzeczywiste mianowane, czyli mierzalne w sensie fizycznym. Cecha pośrednio mierzalna jest cechą o wartościach zawartych w zbiorze liczb całkowitych (najczęściej liczb naturalnych). Wartości liczbowe tych cech otrzymuje się przez:

- policzenie np. liczby możliwych powiązań pomiędzy obiektami zgrupowania,
- przyporządkowanie cechom niemierzalnym (opisom słownym stanów cechy) odpowiednich skal numerycznych. Opis słowny jest w tym przypadku wyjściową formą przedstawienia wartości danej cechy.

Ograniczenia

1) Z dotychczasowych doświadczeń specjalistów zajmujących się analizami porównawczymi oraz przeprowadzonego przeglądu istniejących modeli ocenowych potencjału bojowego wynika, że dokładność analizy porównawczej zależy od dwóch czynników:

a) właściwego doboru współczynnika wagi;

b) ilości rozpatrywanych parametrów i cech niewymiernych.

2) Dobór odpowiednich współczynników wagi dla poszczególnych parametrów (grup parametrów) wymiernych stanowi największą trudność i ma decydujący wpływ na dokładność analizy wartości bojowej badanego uzbrojenia i sprzętu co zasadniczo wpływa na ocenę zgrupowania. Również szacunkowa ocena cech niewymiernych wymaga dobrej znajomości ich walorów i odpowiedniej klasyfikacji spełnianej funkcji.

3) Analiza porównawcza musi być zatem prowadzona przez specjalistów znających doskonale porównywany sprzęt. Pozwala to w sposób empiryczny wyznaczyć właściwe współczynniki wagi, a tym samym ocena wartości bojowej uzbrojenia będzie zawierała odchylenia nie mające większego wpływu na ostateczną ocenę walorów porównywanych wzorów uzbrojenia lub sprzętu.

4) Przyjęty dla badanego wyrobu (uzbrojenia) układ kryteriów i preferencji powinien być przez stosunkowo długi okres czasu stały, natomiast zestawienie cech może ulegać zmianom w zależności od wymagań pola walki, będących wynikiem osiągniętego w danym okresie poziomu rozwoju techniki wojskowej. Również oceny cech i kryteriów zmieniają się stosownie do aktualnych możliwości techniki.

5) Obniżanie się wartości bojowej posiadanego uzbrojenia (przy założeniu, że uzbrojenie to nie było w danym okresie modernizowane) w wyniku rozwoju techniki (determinującej aktualnie najwyższą możliwą do uzyskania wartość bojową).

6) Nie można posługiwać się ocenami wartości bojowej, ustalonymi w zbyt odległym czasie. Istnieje konieczność określania wartości bojowej tego samego uzbrojenia w każdym przypadku poważniejszych zmian w możliwościach techniki, jak i w warunkach pola walki. Wydaje się, że niezbędne jest wariantowanie ocen wartości bojowej, tzn. określanie oceny przy założeniu różnych wymogów pola walki.

7) Dokładność analizy porównawczej zależy również od ilości rozpatrywanych parametrów i cech niewymiernych oraz właściwego ich doboru, przy czym jeżeli analizie poddajemy więcej parametrów i cech, to oczywiście dysponujemy bogatszym materiałem porównawczym. Z drugiej jednak strony trudniejsza jest wówczas odpowiednia selekcja oraz zróżnicowanie i dobór współczynników wagi. Wzrasta tym samym prawdopodobieństwo popełnienia błędu w ocenie. Z tego względu celowe wydaje się rozpatrywanie i porównywanie jedynie parametrów i cech podstawowych. Ponadto, szczególnie w odniesieniu do bardziej skomplikowanych wzorów uzbrojenia uzasadnione

wydaje się grupowanie podstawowych parametrów i cech charakteryzujących określone funkcje.

8) Konieczne jest stosowanie metod statystycznych mających na celu redukcję wstępnie wytypowanych cech i wybranie tylko takich, które są silnie skorelowane ze zmienną objaśnianą i jednocześnie słabo skorelowane między sobą, gdyż zawierają one najwięcej informacji.

Stosowane metody analityczne

W procesie analiz porównawczych proponuje się wykorzystać:

1. do obliczania współczynników jakości porównywanych systemów, metodę taksonomiczną – TAX
2. metodę eliminacji (doboru) zmiennych diagnostycznych stosując:

a) analizę współczynników korelacji,

b) badania pojemności informacyjnej przenoszonej przez wszystkie możliwe kombinacje zmiennych objaśniających.

3. do obliczania potencjału militarnego porównywanych systemów (tak jednostkowego jak i całych zgrupowań wojsk), metodę taksonomiczną – TAX. Uproszczony algorytm metody przedstawia rys.2.1 (rozdział 2).

W związku z powyższym, do analizy porównawczej zgrupowań wojsk (własnych i potencjalnego przeciwnika) należy użyć nie jednej metody, lecz kilku , zależnie od sytuacji decyzyjnej. Największym niedostatkiem metod analizy porównawczej jest brak ogólnie uznanego algorytmu porównywania oraz oceny ich efektywności badawczej.

Metody taksonomiczne wykorzystują zasady stosowane w technikach punktowych oraz odległości . Ich podstawą jest założenie o sumowalności cech ocenianego systemu, co oznacza, że w konsekwencji globalna wartość (jakość) obiektu wyraża się sumą wartości cząstkowych. Trzeba przy tym zaznaczyć, że sumowaniu nie podlegają wartości rzeczywiste cech, lecz wartości uzyskane po standaryzacji. Istota polega na badaniu macierzy „odległości" pod kątem ich wartości i ma na celu wykrycie elementów, których wartości cech odbiegają w istotny sposób od wartości przeciętnych. Pozwala ona zatem w zbiorze obiektów odnaleźć te, które nie powinny być brane pod uwagę przy ocenie ze względu na małe „podobieństwo" do pozostałych.

Na podstawie przedstawionych wyżej rozważań można stwierdzić, że w procesie budowy modelu analiz porównawczych zgrupowań wojsk szczególnego znaczenia nabiera problem identyfikacji zmiennych objaśniających. Metody identyfikacji tych zmiennych są

szczegółowo opisane w statystyce i ekonometrii. Metody te zostały sprawdzone na problemach dobrze opisanych, tzn. takich gdzie zmienne objaśniające są przedstawione w postaci ilościowej. Z drugiej strony, w zagadnieniach analizy porównawczej zgrupowań wojsk nie sposób jest całkowicie wyeliminować zmienne jakościowe. Wraz z ogólnym wzrostem poziomu bezpieczeństwa w świecie, rośnie liczba zagrożeń, w tym zagrożeń militarnych. Zmianie ulega również ich forma. Zagrożenia te są różnego typu a wiele z nich ma podłoże etniczne. Rozwiązywanie tego typu konfliktów wymaga wykorzystania regularnych siły zbrojne po jednej lub obu stronach. Tego typu konflikty zbrojne jest szczególnie trudno modelować. Głównym powodem jest to, że w czasie ich trwania szczególnie intensywnie ujawnia się wpływ czynników niewymiernych lub trudno mierzalnych na bieżący przebieg działań.

3.3. WIELOKRYTERIALNY MODEL OCENY WYBRANYCH TYPÓW ŚMIGŁOWCÓW TRANSPORTOWYCH

Przedstawiony poniżej model bazuje na metodzie Bellingera opisanej w rozdziale w rozdziale drugim niniejszego opracowania.

1. Kryteria czastkowe w ocenie śmigłowców transportowych

I. Masa maksymalnego ładunku.

II. Masa powieszona.

III. Prędkość maksymalna.

IV. Prędkość przelotowa.

V. Pułap praktyczny.

VI. Wielkość załogi.

VII. Liczba pasażerów.

VIII. Liczba rannych /ilość noszy/.

IX. Zasięg maksymalny.

X. Uzbrojenie.

2. Jednostki pomiarowe w poszczególnych kryteriach cząstkowych

Dla poszczególnych kryteriów cząstkowych ustalono następujące jednostki pomiarowe:

I. kg.

II. kg.

III. km /h.

IV. km /h.

V. m.

VI. ilość osób /wielkość niemianowana/.

VII. ilość osób /wielkość niemianowana/.

VIII. ilość noszy szt.

IX. km.

X. tak /nie.

3. Sposób ustalania wartości dla kryteriów cząstkowych w ramach poszczególnych rodzajów śmigłowców transportowych [32]

Wartościami o których mowa są wielkości parametrów technicznych poszczególnych typów śmigłowców transportowych.

4. Pożądane kierunki zmian liczbowych w obrębie poszczególnych kryteriów cząstkowych

W zależności od istoty danego kryterium cząstkowego oceniana jest rozmaicie jego zmiana:

I. Im liczba większa tym lepiej.
II. Im liczba większa tym lepiej.
III. Im liczba większa tym lepiej.
IV. Im liczba większa tym lepiej.
V. Im liczba większa tym lepiej.
VI. Im liczba mniejsza tym lepiej.
VII. Im liczba większa tym lepiej.
VIII. Im liczba większa tym lepiej.
IX. Im liczba większa tym lepiej.
X. Im liczba większa tym lepiej.

5. Wartości liczbowe.

Kryterium I

CH – 53G	– 4 500
MI – 17	– 4 000
MI – 6	– 6 000
MI – 8T	– 4 000

Kryterium II

CH – 53G	– 9 070
MI – 17	– 3 000
MI – 6	– 8 000
MI – 8T	– 2 500

[32] Wartości kryteriów cząstkowych (zarówno w pkt.2 jak i 3) przyjęto w oparciu o publikację „Współczynniki jakości podstawowego uzbrojenia Wojska Polskiego i armii obcych" – praca zbiorowa, Główny Zarząd Szkolenia Bojowego Wojska Polskiego, Zarząd Operacyjny – Warszawa 1992.

Kryterium III

CH – 53G – 315

MI – 17 – 250

MI – 6 – 300

MI – 8T – 250

Kryterium IV

CH – 53G – 278

MI – 17 – 240

MI – 6 – 250

MI – 8T – 210

Kryterium V

CH – 53G – 6 220

MI – 17 – 5 000

MI – 6 – 4 500

MI – 8T – 4 500

Kryterium VI

CH – 53G – 2

MI – 17 – 3

MI – 6 – 5

MI – 8T – 3

Kryterium VII

CH – 53G – 55

MI – 17 – 24

MI – 6 – 60

MI – 8T – 24

Kryterium VIII

CH – 53G – 24

MI – 17 – 12

MI – 6 – 41

MI – 8T – 12

Kryterium IX

CH – 53G – 413

MI – 17 – 465

MI – 6 – 750

MI – 8T – 440

Kryterium X

CH – 53G – NIE odpowiada wartości – 0

MI – 17 – NIE odpowiada wartości – 0

MI – 6 – TAK odpowiada wartości – 1

MI – 8T – TAK odpowiada wartości – 1

6. Wyjaśnienia dotyczące poszczególnych kryteriów

Kryterium I: *Masa maksymalnego ładunku*

Wartość najbardziej pożądana: 6 000 kg.

Wartość najmniej pożądana: 4 000 kg.

„Droga" między obydwiema wartościami: 6 000 – 4 000 = 2 000 kg.

CH – 53G – wartość osiągnięta: 4 500 kg,
przebyta „droga": 4 500 – 4 000 = 500 kg,
procent przebytej „drogi": /500 : 2 000/ * 100 = 25%.

MI – 17 – wartość osiągnięta: 4 000 kg,
przebyta „droga": 4 000 – 4 000 = 0,
procent przebytej „drogi": /0 : 2 000/ * 100= 0%.

MI – 6 – wartość osiągnięta: 6 000 kg,
przebyta „droga": 6 000 – 4 000 = 2 000 kg,
procent przebytej „drogi": /2 000 : 2 000/ * 100 = 100%.

MI – 8T – wartość osiągnięta: 4 000kg,
przebyta „droga": 4 000 – 4 000 = 0,
procent przebytej „drogi": /0 : 2 000/ * 100= 0%.

Kryterium II: *Masa powieszona*

Wartość najbardziej pożądana: 9 070 kg.

Wartość najmniej pożądana: 2 500 kg.

„Droga" między obydwiema wartościami: 9 070 – 2 500 = 6 570 kg.

CH – 53G – wartość osiągnięta: 9 070 kg,
przebyta „droga": 9 070 – 2 500 = 6 570 kg,
procent przebytej „drogi": /6 570 : 6 570/ * 100 = 100%.

MI – 17 – wartość osiągnięta: 3 000 kg,
przebyta „droga": 3 000 – 2 500 = 500 kg,
procent przebytej „drogi": /500 : 6 570/ * 100= 7,61%.

MI – 6 – wartość osiągnięta: 8 000 kg,
przebyta „droga": 8 000 – 2 500 = 5 500 kg,
procent przebytej „drogi": /5 500 : 6 570/ * 100 = 83,71%.

MI – 8T – wartość osiągnięta: 2 500 kg,
przebyta „droga": 2 500 – 2 500 = 0,
procent przebytej „drogi": /0 : 6 750/ * 100= 0%.

Kryterium III: *Prędkość maksymalna*

Wartość najbardziej pożądana: 315 km/h.

Wartość najmniej pożądana: 250 km/h.

„Droga" między obydwiema wartościami: 315 – 250 = 65 km/h.

CH – 53G – wartość osiągnięta: 315 km/h,
przebyta „droga": 315 – 250 = 65 km/h,
procent przebytej „drogi": /65 : 65/ * 100 = 100%.

MI – 17 – wartość osiągnięta: 250 km/h,
przebyta „droga": 250 – 250 = 0 km/h,
procent przebytej „drogi": /0 : 65/ * 100= 0%.

MI – 6 – wartość osiągnięta: 300 km/h,
przebyta „droga": 300 – 250 = 50 km/h,
procent przebytej „drogi": /50 : 65/ * 100 = 76,92%.

MI – 8T – wartość osiągnięta: 250 km/h,
przebyta „droga": 250 – 250 = 0 km/h,
procent przebytej „drogi": /0 : 65/ * 100 = 0%.

Kryterium IV: *Prędkość przelotowa*

Wartość najbardziej pożądana: 278 km/h.

Wartość najmniej pożądana: 210 km/h.

„Droga" między obydwiema wartościami: 278 – 210 = 68 km/h.

CH – 53G – wartość osiągnięta: 278 km/h,
przebyta „droga": 278 – 210 = 68 km/h,
procent przebytej „drogi": /68 : 68/ * 100 = 100%.

MI – 17 – wartość osiągnięta: 240 km/h,
przebyta „droga": 240 – 210 = 30 km/h,
procent przebytej „drogi": /30 : 68/ * 100= 44,12%.

MI – 6 – wartość osiągnięta: 250 km/h,
przebyta „droga": 250 – 210 = 40 km/h,
procent przebytej „drogi": /40 : 68/ * 100 = 58,82%.

MI – 8T – wartość osiągnięta: 210 km/h,
przebyta „droga": 210 – 210 = 0 km/h,
procent przebytej „drogi": /0 : 68/ * 100 = 0%.

Kryterium V: *Pułap taktyczny*

Wartość najbardziej pożądana: 6 220 m.

Wartość najmniej pożądana: 4 500 m.

„Droga" między obydwiema wartościami: 6 220 – 4 500 = 1 720 m.

CH – 53G – wartość osiągnięta: 6 220 m,
przebyta „droga": 6 220 – 4 500 = 1 720 m,
procent przebytej „drogi": /1 720 : 1 720/ * 100 = 100%.

MI – 17 – wartość osiągnięta: 5 000 m,
przebyta „droga": 5 000 – 4 500 = 500 m,
procent przebytej „drogi": /500 : 1 720/ * 100= 29,07%.

MI – 6 – wartość osiągnięta: 4 500 m,
przebyta „droga": 4 500 – 4 500 = 0 m,
procent przebytej „drogi": /0 : 1 720/ * 100 = 0%.

MI – 8T – wartość osiągnięta: 4 500 m,
przebyta „droga": 4 500 – 4 500 = 0 m,
procent przebytej „drogi": /0 : 1 720/ * 100 = 0%.

Kryterium VI: *Wielkość załogi*

Wartość najbardziej pożądana: 2 osoby.

Wartość najmniej pożądana: 5 osób.

„Droga" między obydwiema wartościami: 5 – 2 = 3.

CH – 53G – wartość osiągnięta: 2,
przebyta „droga": 5 – 2 = 3,
procent przebytej „drogi": /3 : 3/ * 100 = 100%.

MI – 17 – wartość osiągnięta: 3,
przebyta „droga": 5 – 3 = 2,
procent przebytej „drogi": /2 : 3/ * 100= 66,67%.

MI – 6 – wartość osiągnięta: 5,
przebyta „droga": 5 – 5 = 0,
procent przebytej „drogi": /0 : 3/ * 100 = 0%.

MI – 8T – wartość osiągnięta: 3,
przebyta „droga": 5 – 3 = 2,
procent przebytej „drogi": /2 : 3/ * 100= 66,67%.

Kryterium VII: *Liczba pasażerów*

Wartość najbardziej pożądana: 60 osób.

Wartość najmniej pożądana: 24 osoby.

„Droga" między obydwiema wartościami: 60 – 24 = 36.

CH – 53G – wartość osiągnięta: 55,
przebyta „droga": 55 – 24 = 31,
procent przebytej „drogi": /31 : 36/ * 100 = 86,11%.

MI – 17 – wartość osiągnięta: 24,
przebyta „droga": 24 – 24 = 0,
procent przebytej „drogi": /0 : 36/ * 100= 0%.

MI – 6 – wartość osiągnięta: 60,
przebyta „droga": 60 – 24 = 36,
procent przebytej „drogi": /36 : 36/ * 100 = 100%.

MI – 8T – wartość osiągnięta: 24,
przebyta „droga": 24 – 24 = 0,
procent przebytej „drogi": /0 : 36/ * 100= 0%.

Kryterium VIII: *Liczba rannych /noszy/*

Wartość najbardziej pożądana: 41 osób.

Wartość najmniej pożądana: 12 osoby.

„Droga" między obydwiema wartościami: 41 – 12 = 29.

CH – 53G – wartość osiągnięta: 24,
przebyta „droga": 24 – 12 = 12,
procent przebytej „drogi": /12 : 29/ * 100 = 41,38%.

MI – 17 – wartość osiągnięta: 12,
przebyta „droga": 12 – 12 = 0,
procent przebytej „drogi": /0 : 29/ * 100= 0%.

MI – 6 – wartość osiągnięta: 41,
przebyta „droga": 41 – 12 = 29,
procent przebytej „drogi": /29 : 29/ * 100 = 100%.

MI – 8T – wartość osiągnięta: 24,
przebyta „droga": 12 – 12 = 0,
procent przebytej „drogi": /0 : 29/ * 100= 0%.

Kryterium IX: *Zasięg maksymalny*

Wartość najbardziej pożądana: 750 km.

Wartość najmniej pożądana: 413 km.

„Droga" między obydwiema wartościami: 750 – 413 = 337.

CH – 53G – wartość osiągnięta: 413,
przebyta „droga": 413 – 413 = 0,
procent przebytej „drogi": /0 : 337/ * 100 = 0%.

MI – 17 – wartość osiągnięta: 465,
przebyta „droga": 465 – 413 = 52,
procent przebytej „drogi": /52 : 337/ * 100= 15,43%.

MI – 6 – wartość osiągnięta: 750,
przebyta „droga": 750 – 413 = 337,
procent przebytej „drogi": /337 : 337/ * 100 = 100%.

MI – 8T – wartość osiągnięta: 440,
przebyta „droga": 440 – 413 = 27,
procent przebytej „drogi": /27 : 337/ * 100= 8,01%.

Kryterium X: *Uzbrojenie:*

Wartość najbardziej pożądana: 1.

Wartość najmniej pożądana: 0.

„Droga" między obydwiema wartościami: 1 – 0 = 1.

CH – 53G – wartość osiągnięta: 0,
przebyta „droga": 0 – 0 = 0,
procent przebytej „drogi": /0 : 1/ * 100 = 0%.

MI – 17 – wartość osiągnięta: 0,
przebyta „droga": 0 – 0 = 0,
procent przebytej „drogi": /0 : 1/ * 100= 0%.

MI – 6 – wartość osiągnięta: 1,
przebyta „droga": 1 – 0 = 1,
procent przebytej „drogi": /1 : 1/ * 100 = 100%.

MI – 8T – wartość osiągnięta: 1,
przebyta „droga": 1 – 0 = 1,
procent przebytej „drogi": /1 : 1/ * 100= 100%.

Przyjęto następujące znaczenia /wagi/ dla poszczególnych kryteriów cząstkowych:

I.	Masa maksymalnego ładunku	0,20
II.	Masa ładunku powieszonego	0,15
III.	Prędkość maksymalna	0,06
IV.	Prędkość przelotowa	0,08
V.	Pułap praktyczny	0,01
VI.	Wielkość załogi	0,02
VII.	Liczba pasażerów	0,08
VIII.	Liczba rannych /ilość noszy/	0,15
IX.	Zasięg maksymalny	0,15
X.	Uzbrojenie	0,10
		1,00

Tabela 3.8. Przeliczenie wartości rzeczywistych na ułamki procentowe „drogi" od stanu najmniej pożądanego do stanu najbardziej pożądanego w ramach poszczególnych typów śmigłowców transportowych.

Nazwa sytemu	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
CH – 53G	25	100	100	100	100	100	86,11	41,38	0	0
MI – 17	0	7,61	0	44,12	29,07	66,67	0	0	15,43	0
MI – 6	100	83,71	76,92	58,82	0	0	100	100	100	100
MI – 8T	0	0	0	0	0	66,67	0	0	8,01	100

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 3.9. Uwzględnienie wag przypisanych poszczególnym kryteriom cząstkowym.

Nazwa sytemu	I 0,20	II 0,15	III 0,06	IV 0,08	V 0,01	VI 0,02	VII 0,08	VIII 0,15	IX 0,15	X 0,10	Σ
CH– 53G	5	15,0	6,0	8,0	1	2	6,89	6,21	0	0	**50,10**
MI – 17	0	1,14	0	3,53	0,29	1,33	0	0	2,31	0	**8,61**
MI – 6	20,0	12,56	4,62	4,71	0	0	8	15	15	10	**89,88**
MI – 8T	0	0	0	0	0	1,33	0	0	1,2	10	**12,54**

Źródło: opracowanie własne.

Ocena końcowa:

I. System MI – 6 ocena – „89,88".
II. System CH – 53G ocena – „50,10".
III. System MI – 8T ocena – „12,54".
IV. System MI – 17 ocena – „8,61".

3.4. MODELOWANIE OCENY TERENU DZIAŁAŃ BOJOWYCH

Teren w walce stanowi jeden z ważniejszych elementów sytuacji bojowej i musi być we wszystkich jego aspektach uwzględniony w podejmowaniu decyzji. Może on utrudniać lub ułatwiać prowadzenie działań bojowych, dlatego nieodzowna staje się wszechstronna jego analiza pod kątem właściwego wykorzystania w walce. Wykorzystanie to w dużym stopniu zależy od znajomości wpływu terenu na różne rodzaje działań bojowych, metod jego oceny, organizacji oraz zasad działania wojsk własnych i przeciwnika, a także możliwości technicznych sprzętu bojowego walczących stron.

W aspekcie powyższego model terenu powinien uwzględniać te elementy jego naturalnego i sztucznego pokrycia oraz takie zjawiska przyrodnicze, które istotnie wpływają na tempo i skuteczność działań bojowych. Do zasadniczych elementów **naturalnego pokrycia terenu**, najczęściej odwzorowywanych w modelach terenu należą rzeki, jeziora, bagna, góry i lasy. Z kolei elementy **sztucznego pokrycia terenu** obejmują m.in. miasta, szlaki komunikacyjne, system inżynieryjnej rozbudowy pola walki oraz wszelkiego typu przeszkody, powstałe zarówno w wyniku zaplanowanych przedsięwzięć obu walczących stron (np. zapory inżynieryjne), jak i na skutek działań bojowych (zawały leśne, pożary, rozlewiska wód). Na przebieg działań bojowych mają również wpływ warunki pogodowe oraz pora roku i dnia. W większości przypadków powinny być uwzględniane w jednolitym, komputerowym modelu terenu.

Każdy z wymienionych elementów stanowi podstawą do pewnej, monotematycznej - jednowarstwowej charakterystyki terenu. Zbiór takich charakterystyk tworzy strukturę wielowarstwową, która może być wykorzystywana zgodnie z aktualnymi potrzebami użytkownika. W wykorzystaniu militarnym największe zastosowanie znajdują **charakterystyki zagregowane**, tzn. takie, które uogólniają i syntetyzują charakterystyki jednowarstwowe. Wyrażają one określone właściwości terenu z punktu widzenia prowadzonych działań bojowych. Jest przy tym jak najbardziej oczywiste, że charakterystyki takie powinny być powiązane z elementarnym fragmentem terenu. W różnych modelach terenu stosuje się, z reguły, podział regularny - na kwadraty lub sześciokąty, których wielkość jest zależna od wielu czynników. Najczęściej stosowanym kryterium jest **norma taktyczna** rozmieszczenia pododdziału określonego rodzaju wojsk w terenie. Najczęściej za podstawę

podziału przyjmuje się normę rozmieszczenia w terenie elementarnego pododdziału - kompanii (zmechanizowanej, piechoty, czołgów), co odpowiada np. kwadratom o boku 1 km.

Zagregowane charakterystyki terenu można przypisać do każdego kwadratu w postaci pewnego wektora ocenowego, którego liczność elementów odpowiada zbiorowi wyróżnianych cech. Najczęściej jest to wektor dwuwymiarowy i wyraża charakterystyki wpływu terenu na **tempo przemieszczania się wojsk** (ocena w aspekcie przemieszczania się wojsk - marszu oraz różnych form natarcia) oraz na **skuteczność działań**, szczególnie **obronnych**.

Nie przesądzając o konkretnych wymaganiach danego modelu działań względem modelu terenu, w tabeli 3.10 przedstawiono charakterystykę **przejezdności** terenu na podstawie rzeczywistych, uśrednionych pomiarów wielkości tempa działań nacierających wojsk w zależności od rodzaju terenu[33] .

Tabela 3.10. Tempo przemieszczania się nacierających pododdziałów [km/dobę].

Typ terenu	**Pododdziały nacierające**			
	piechoty	**zmotoryzowane**	**czołgów**	**artylerii**
Podstawowy typ terenu	39	124	59	37
Równiny	77	154	143	77
Rejony podgórskie	30	77	0,3	37
Góry	19	62	0.0	0.0
Bagna	19	0.0	0.0	0.0
Morza i rzeki	0.0	0.0	0.0	0.0

Z punktu widzenia wpływu na tempo przemieszczania się wojsk, uwzględniając poglądy projektantów wielu symulacyjnych modeli działań bojowych oraz rzeczywistych potrzeb wojskowych decydentów, teren można podzielić na następujące typy:

1. Doskonały (P1) - dominują w nim takie warunki terenowe, które pozwalają na swobodne poruszanie się pojazdów we wszystkich kierunkach, z dozwolonymi prędkościami, zależnymi jedynie od charakteru przemieszczających się jednostek.

[33] Barczak A., Komputerowe gry wojenne, wyd. WSOWŁ Zegrze 1996.

2. Dobry (P2) - przeważają warunki terenowe, które umożliwiają swobodne poruszanie się pojazdów w dowolnym kierunku, z prędkościami niewiele mniejszymi od maksymalnych.
3. Umiarkowany (P3) - dominują warunki terenowe, które umiarkowanie hamują ruch pojazdów lub ograniczają kierunki poruszania się wojsk. Przyczyną tych ograniczeń mogą być bagna, jeziora lub kanały, lokalne zalesienia, doliny, zbocza itp.
4. Trudny (P4) - przeważają warunki terenowe, które wyraźnie hamują poruszanie się pojazdów na przełaj. Ograniczenia mogą być spowodowane przez zalesione wzgórza, gęste lasy, jeziora, bagna itp.
5. Bardzo trudny (P5) - dominują warunki terenowe, które pozwalają na rozwijanie prędkości mniejszej niż w warunkach trudnych.

Dla każdego z wymienionych typów terenu wprowadza się współczynnik $\alpha \in [0, 1]$, pozwalający na określenie właściwej prędkości poruszania się wojsk.

Z każdym kwadratem terenu, a tym samym - z rozmieszczoną w nim jednostką, związana może być charakterystyka **przydatności do** określonego rodzaju **działań obronnych**. Dla modeli decyzyjnych można wyróżnić następujące ich rodzaje:

— obrona doraźna (O1);

— obrona stała (O2);

— obrona zorganizowana typu A (O3);

— obrona zorganizowana typu B (O4);

— obrona ufortyfikowana (O5).

Informacje o terenie i rodzaju działań obronnych przegotowuje się przed rozpoczęciem modelowania działań bojowych i wprowadza do komputera jako dane względnie stałe. W trakcie symulacji mogą i powinny być uaktualniane. Wówczas należy je traktować jako dane uzupełniające o położeniu i działaniu wojsk.

Wyróżnione **rodzaje działań obronnych** różnią się zakresem i stopniem inżynieryjnej rozbudowy rejonu obrony. Podstawowym kryterium pozwalającym wyróżnić poszczególne formy obrony jest czas przebywania danego pododdziału w określonym kwadracie terenu w stanie działań obronnych oraz charakter tego terenu. Można założyć, że pododdziały,

dla których wstępnie nie sprecyzowano rodzaju działań obronnych, przechodzą automatycznie przy pierwszym kontakcie z nacierającym przeciwnikiem do obrony typu O1. Ewentualne przejście do innych rodzajów obrony odbywa się po upływie odpowiednich odcinków czasowych, ściśle określonych dla poszczególnych typów pododdziałów i oddziałów. Czasy przejścia do innego rodzaju obrony podane są zwykle w warunkach symulacji i stanowią dane stałe dla symulacyjnych programów komputerowych. Zmiana ich wartości dla różnych wariantów modelu może być wykorzystana także do odwzorowania zmieniających się możliwości pododdziałów w zakresie wykonywania prac inżynierskich. Odwzorowanie wymienionych rodzajów działań obronnych uwarunkowane jest przede wszystkim wymaganą dokładnością odtworzenia procesów niszczenia (ponoszonych przez wojska strat). Różnią się one istotnie dla różnych typów konfrontacji. Zdecydowanie większe straty ponoszą zwykle pododdziały nacierające niż pododdziały będące w obronie. Wielkość strat zależy zarówno od charakteru obrony (doraźna, zorganizowana, ufortyfikowana), jak i formy natarcia (pododdziały spieszone lub na transporterach czy BWP). Przykładowe dane zawarto w tabeli nr 3.11.

Tabela 3.11. Przykład informacji wejściowych wykorzystywanych do oceny strat walczących pododdziałów

Typ konfrontacji: natarcie - obrona doraźna

Stosunek względnych potencjałów bojowych / **Rodzaj działań bojowych**	**Współczynnik strat [%]**							
	1	1	2	3	4	5	6	6
natarcie [a/]	0,85	1,10	2,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10
obrona [a/]	0,70	0,95	1,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20

a/ podane wielkości współczynnika strat (obniżenia względnego potencjału bojowego) obejmują czas trwania jednego cyklu modelowania działań bojowych trwającego z reguły 6 godzin.

Podczas modelowania działań bojowych związku taktycznego teren przewidywanych działań bojowych należy odwzorować w sposób możliwie kompleksowy. Powinno obejmować obszar, np. 40 x 80km, a niekiedy więcej, co powinno odpowiadać rejonowi działań bojowych dywizji w podstawowych rodzajach jej działań. Teren przewidywanych działań bojowych dywizji należy podzielić na rejony działania brygad, batalionów oraz kompanii. W ostatnim wypadku będą to kwadraty, np. o wymiarach (1x1 km) co odpowiada w zasadzie normom taktycznym rozmieszczania w terenie pododdziałów zmechanizowanych i pancernych, przyjmowanych w modelowaniu działań bojowych za elementarne. Każdy kwadrat terenu należy scharakteryzować z punktu widzenia jego wpływu na tempo przemieszczania się wojsk oraz ze względu na rodzaj i wielkość istniejącej w nim sztucznej i naturalnej przeszkody wodnej.

Należy nadmienić, że ocena wpływu terenu na tempo przemieszczania się wojsk przeciwnika powinna poprzedzać rozpoczęcie modelowania działań bojowych. Stanowi ona element przedsięwzięć związanych z przygotowaniem danych względnie stałych do programów komputerowych w oparciu o obowiązującą w siłach zbrojnych metodykę operacyjno-taktyczej oceny terenu działań bojowych.

Oprócz terenu, na tempo przemieszczania się wojsk przeciwnika ma również **wpływ prowadzonych działań obronnych wojsk własnych** oraz zakres i stopień ogniowego oddziaływania na niego środków walki. Informacje o rodzajach działań obronnych i czasie ich trwania stanowią podstawę do opracowania właściwych rozkładów prawdopodobieństw trafienia poszczególnych środków walki obu walczących stron. Problemy te są przedmiotem rozważań w modelowaniu działań bojowych.

Jednym z istotnych czynników, oprócz już wymienionych, wpływających także na tempo przemieszczania się wojsk są ilości, rodzaj i rozmiar **sztucznych oraz naturalnych przeszkód terenowych**. Do naturalnych przeszkód terenowych zalicza się rzeki, jeziora, bagna itp., natomiast wśród sztucznych wymienia się: pola minowe, obłoki radioaktywne i inne. Te ostatnie mają odzwierciedlenie również w modelowaniu działań bojowych.

Pokrycie i rzeźba terenu wpływają w sposób wielostronny na przebieg działań bojowych wszystkich rodzajów wojsk i służb. Wszystkie pozostałe elementy modelu terenu działań bojowych, które ściśle związane są z działaniami tych pododdziałów powinny być uwzględnione w modelach działań bojowych pododdziałów specjalistycznych.

W literaturze problemu [2,29,52] podkreśla się, że wiarygodne i użyteczne informacje stanowiące treść zagregowanych charakterystyk terenu są w stanie przygotować jedynie ludzie dysponujący odpowiednią wiedzą i doświadczeniem - eksperci. Przygotowują je przed rozpoczęciem modelowania działań bojowych i wprowadzają do komputera jako dane względnie stałe. Podczas przebiegu symulacji są one aktualizowane i mogą być wyprowadzane dla kierownictwa i jego uczestników jako informacje uzupełniające dane o położeniu i działaniu wojsk.

Poprawność ocen i wyróżnionych wskaźników nie jest możliwa bez wykorzystania różnorodnych, bardzo licznych źródeł informacji o terenie, wśród których - poza tradycyjnymi mapami topograficznymi odpowiedniej skali - są taktyczno-operacyjne analizy i opisy terenu, zdjęcia lotnicze i satelitarne, dane z rozpoznania itp. Zbiór informacji, którymi dotychczas dysponowali eksperci zawsze był ograniczony, a tym samym - generowane oceny i charakterystyki mogły budzić określone wątpliwości. Istotny przełom w tej dziedzinie nastąpił wraz z powstaniem **systemów informacji geograficznej GIS** (ang. *Geographic Information Systems*) i możliwością ich militarnego wykorzystania.

Systemy GIS, które przyjęły zdecydowany charakter systemów multimedialnych, mają bardzo złożoną, hierarchiczną strukturę, w której można wyróżnić trzy zasadnicze elementy:

— wielowarstwową, komputerową mapę terenu;

— wielowarstwową, hierarchicznie zagłębioną bazę danych, w której - oprócz danych i charakterystyk liczbowo-opisowych punktów i wyodrębnionych fragmentów terenu, istotną rolę odgrywają informacje fotograficzne, a nawet dźwiękowe;

— system operacyjny zawiadujący komputerowymi mapami i bazami danych oraz stwarzający możliwości gromadzenia, przetwarzania i udostępniania danych stosownie do potrzeb użytkownika.

O rozmiarach systemu i ilości informacji gromadzonej w nim w poszczególnych warstwach, przesądza kompromis pomiędzy potrzebami i wymaganiami użytkownika, które są zwykle jak największe, oraz dostępnością do źródeł informacji o terenie, na którą istotne ograniczenia wprowadzają możliwości techniczne i ekonomiczne użytkownika systemu.

Systemy GIS, funkcjonujące już od wielu lat w różnych obszarach zastosowań cywilnych i wojskowych, wykorzystują bardzo szerokie **spektrum** źródeł informacji, do których należy zaliczyć:

— aktualne mapy lądowe i morskie, rysunki i szkice - zarówno w postaci analogowej jak i cyfrowej (np. poprzez skanowanie);

— oryginalne dane pomiarowe: satelitarne, lotnicze, lądowe, podziemne i podwodne;

— zdjęcia lotnicze, satelitarne i ortogonalne;

— dokumenty pisane, książki, plany i opracowania graficzne;

— zdjęcia fotograficzne i filmy video;

— dostępne komercyjne źródła danych cyfrowych - wektorowych i/lub binarnych;

— działania graficzne systemów informatycznych CAD.

Należy podkreślić, że efektywne wykorzystanie systemów GIS jest możliwe tylko wtedy, gdy jednocześnie korzysta się z wielu źródeł informacji.

Dotychczas powstało już wiele komercyjnych systemów informacji geograficznej o szerokim zakresie zastosowań pozamilitarnych. Należą do nich m.in. oferowane na polskim rynku: **SICAD, ARC/INFO, ARCCAD, MAPINFO, GEOBAZA, MAPA i inne**. Systemy te są oryginalnymi rozwiązaniami uniwersalnymi lub ukierunkowanymi na konkretne zastosowania, albo wykorzystują technologie i możliwości wielu sprawdzonych pakietów i systemów graficznych (np. typu CAD), do których dołączana jest wielowarstwowa komputerowa mapa terenu. W obu przypadkach komputerowa mapa terenu jest podstawą systemu.

Z punktu widzenia użytkownika, najbardziej interesująca jest sfera aplikacyjna systemu GIS. W niej bowiem dostępne są zbiory informacji użytkowej (graficznej, fotograficznej i tekstowej) obejmującej np. następujące zagadnienia:

— sieć hydrograficzną i zbiorniki wodne;

— sieci komunikacyjne: drogowe, kolejowe, wodne;

— lasy, pola uprawne i inne obszary wykorzystywane gospodarczo;

— sieci energetyczne lub telekomunikacyjne;

— zabudowę przemysłową i budownictwo mieszkaniowe itd.

Warstwy aplikacyjne o ściśle wojskowym przeznaczeniu i charakterze mogą obejmować np.

— sztuczne przeszkody terenowe (np. pola minowe, zapory, zawały leśne itp.) - ważne dla prognozowania tempa działań bojowych;

— infrastrukturę wojskową (np. obiekty i magazyny wojskowe) - nie-zbędną dla planowania działań bojowych i zabezpieczenia logistycz-nego;

— systemy telekomunikacyjne (stacjonarne, bazowe itp.) i wiele innych.

Każde z powyższych zagadnień jest charakteryzowane w wielu subwarstwach szczegółowych, które mogą być wykorzystywane w dowolnych wzajemnych kombinacjach i powiązaniach. Każda warstwa i subwarstwa może być uzupełniona szczegółowymi ***bazami danych*** o jej elementach, obiektach i punktach terenowych, stając się ***tematycznym bankiem danych***. Dla szczególnie ważnych obiektów i punktów terenowych mogą to być m.in. informacje fotograficzne, pozwalające na "ogląd" interesującego obiektu lub fragmentu terenu "własnymi oczami", a także charakterystyki liczbowe i opisowe.

Mając do dyspozycji narzędzie o tak bogatych możliwościach, eksperci mogą dokonać oceny terenu w aspekcie planowanych działań bojowych znacznie szybciej, lepiej i dokładniej niż dotychczas. Na ich żądanie mogą być przywołane automatycznie wybrane charakterystyki terenu, w wymaganych konfiguracjach i przekrojach. Ich praca - ciągle niezbędna z powodu braku do-statecznie precyzyjnych, dokładnych i wiarygodnych programowych środków, procedur i narzędzi ocenowych - jest syntezą i uogólnieniem ogromnych ilości informacji szczegółowych na gruncie ich wiedzy i doświadczenia wojskowego.

Dla przykładu rozpatrzmy sposób generowania ocen terenu przez ekspertów w aspekcie przejezdności oraz przydatności do obrony. Komputerowa mapa terenu przewidywanego rejonu działań bojowych składa się z odpowiednich warstw, np.: podstawowej mapy topograficznej, siatki współrzędnych, dzielącej teren na elementarne kwadraty (dla modelowania działań bojowych, jak już wspomniano, 1x1 km), rozmieszczenia wojsk własnych i przeciwnika w terenie, planowanych działań itd. Przed rozpoczęciem działań eksperci rozpatrują każdy z elementarnych kwadratów i przyporządkowują mu dwie oceny na podstawie określonych statystyk i badań, wyrażonych m.in. w takiej postaci jak w tabelach 3.4.1. i 3.4.2. oraz informacji szczegółowych, zawartych w komputerowym systemie informacji geograficznej w odpowiednich warstwach i bazach danych. Każdy interesujący punkt terenu można ocenić w każdej warstwie. Informacje fotograficzne miejsca wskazanego

na mapie (strzałka i znak zapytania) o odpowiedniej dokładności zobrazowania, oraz - jeśli zachodzi potrzeba - przywołana przez eksperta odpowiednia baza danych, stanowiąca uszczegółowienie widoku wskazanego punktu, zapewniają odpowiednią dokładność i wiarygodność oceny. Wynik działania ekspertów - mapa z wskazanymi charakterystykami terenu, np. <O2,P4>, nadaje się do bezpośredniego wykorzystania przez decydentów - dowódców wszystkich szczebli dowodzenia. Sposób przedstawienia takiej oceny jest z reguły umowny i może być zawarty np. w odpowiedniej barwie danego kwadratu terenu.

Należy podkreślić, że względnie stałe pliki informacyjne charakterystyk wojskowych terenu mogą być na bieżąco aktualizowane (co odpowiada np. ich weryfikacji na podstawie danych z rozpoznania) oraz dla niektórych z nich (np. parametru określającego tempo działań) modyfikowane losowo, co oddaje losowy charakter zmieniających się warunków terenowych na polu walki w zależności od oddziaływania przeciwnika.

4. PROCES DECYZYJNY A MODELOWANIE SYTUACJI DECYZYJNYCH

4.1. WPROWADZENIE

W ujęciu nauki o zarządzaniu funkcje dowodzenia, jako swoiste funkcje kierowania, mieszczą się w cyklu działania zorganizowanego, na który składają się według J. Zielenieckiego[34]: określenie celu, planowanie, organizowanie (wykonanie) i kontrola. Odnotowywana często różnica pomiędzy dowodzeniem a zarządzaniem polega na tym, że w kierowaniu zamiast funkcji „wykonanie" występuje funkcja **pobudzania** (motywowania). Pozostałe trzy funkcje cyklu kierowniczego, w jego zasadniczej części pokrywają się z funkcjami cyklu działania zorganizowanego.

W dostępnej literaturze problemu [1,2] dowodzenie określa się jako złożoną i wielofunkcyjną działalność dowództw jednostek (związków, oddziałów, pododdziałów) różnych szczebli organizacyjnych sił zbrojnych w całości, a także poszczególnych rodzajów sił zbrojnych oraz rodzajów wojsk. W SZ RP dowodzenie określane jest jako całokształt celowej działalności dowódcy i jego organów dowodzenia realizowanej w ramach określonego systemu dowodzenia, zapewniającej wysoką gotowość bojową i właściwe przygotowanie wojsk do najlepszego osiągnięcia celów walki, bitwy czy operacji oraz kierowanie wojskami w czasie jej prowadzenia. Czyli „**dowodzenie**[35] jest procesem, poprzez który dowódca narzuca swoją wolę i zamiary podwładnym oraz w ramach, którego wspomagany przez swój sztab planuje, organizuje, koordynuje i ukierunkowuje działania podległych mu wojsk przez użycie standardowych procedur działania i wszelkich dostępnych środków przekazywania informacji".

Biorąc więc za podstawę dalszych rozważań proces dowodzenia w dowództwach związków taktycznych (dywizji zmechanizowanej), w kontekście modelowania sytuacji decyzyjnych zespół autorski przyjął założenie, że powinien on przebiegać zgodnie z procedurami i technikami obowiązującego ogólnego modelu cyklu decyzyjnego, który został usankcjonowany oficjalnym zapisem w regulaminie działań wojsk lądowych [36], a

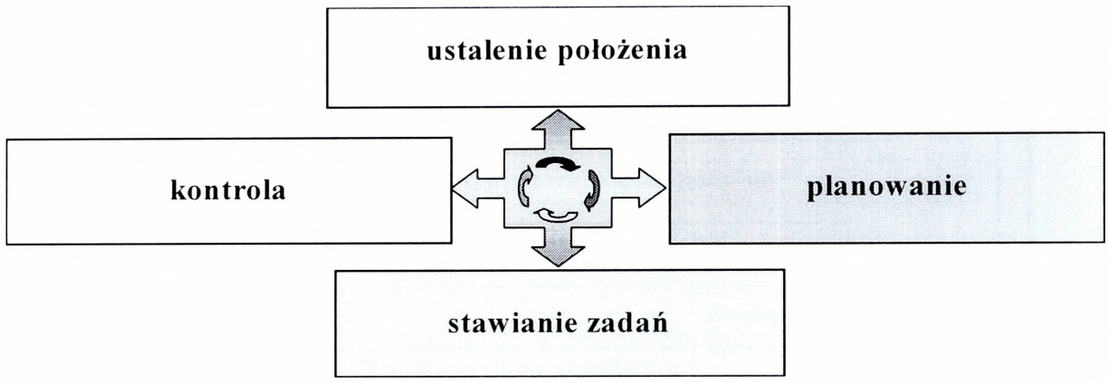
---

[34] J. Zieleniewski, „Organizacja zespołów ludzkich. Wstęp do teorii organizacji i kierowania", wyd. PWE, Warszawa 1992.

[35] J. Michniak i inni, „Metody i treść pracy zespołów funkcjonalnych na stanowisku dowodzenia wojsk lądowych", wyd. AON, Warszawa 2000, s. 9.

ponadto rozwinięcie tej problematyki można znaleźć również w wydawnictwach Instytutu Zarządzania i Dowodzenia AON [20,21,27,28,30,44,45].

Z analizy powyższych dokumentów wynika, że proces dowodzenia w dowództwie dywizji jest więc procesem informacyjno-decyzyjnym. Polega na cyklicznym zbieraniu i opracowaniu informacji, a następnie przetwarzaniu ich w decyzje, które doprowadza się w formie zadania do wykonawców. Przebiega **zgodnie z obowiązującymi procedurami i technikami w celu oceny sytuacji, tj. określenia tego, co się dzieje, zdecydowania, co robić, jakie podjąć działania oraz postawienia zadań i kontroli ich wykonania.** Można zatem wyróżnić cztery łączące się i przenikające się nawzajem **fazy, które zostały zilustrowane na rysunku 4.1**[36].

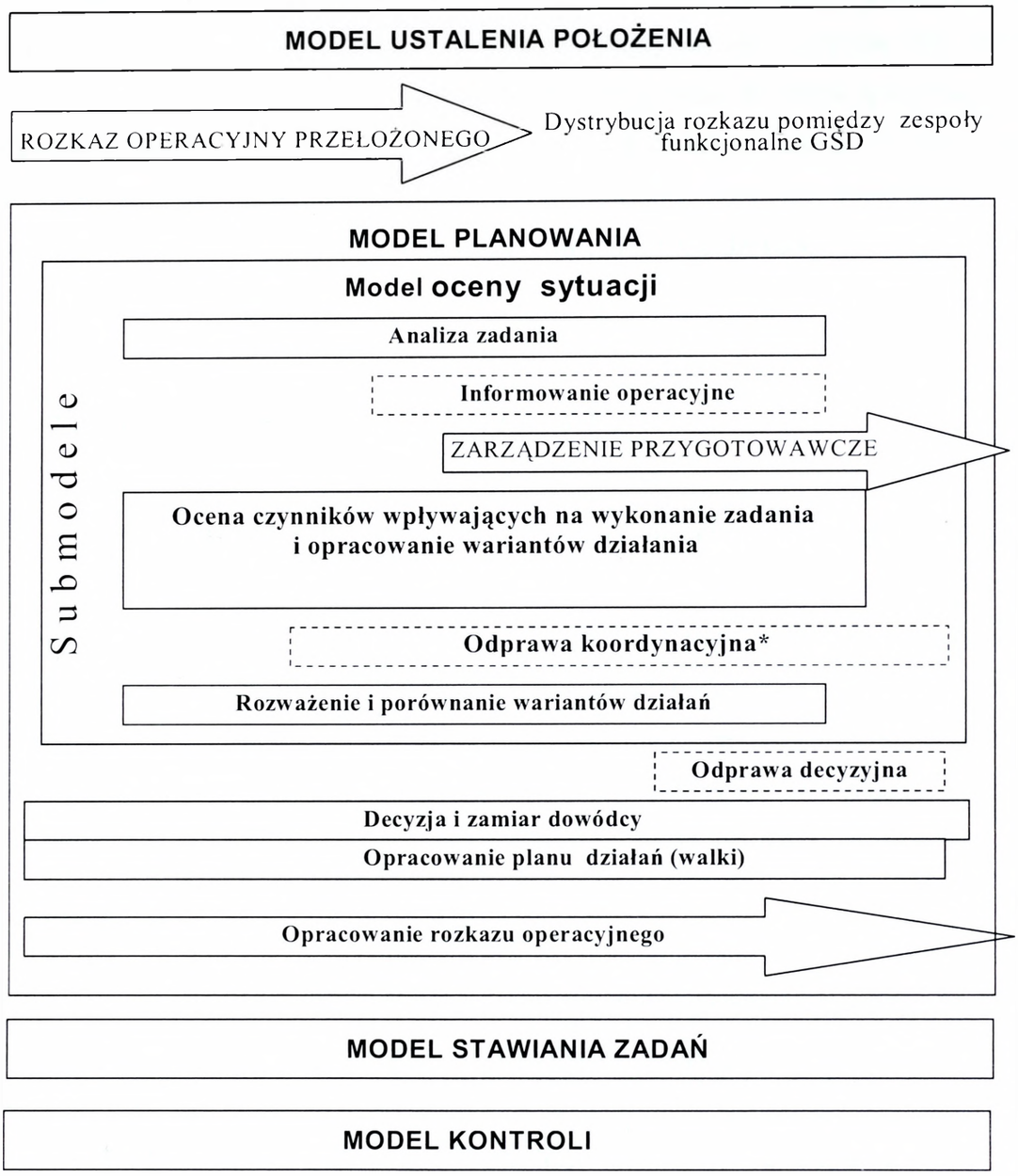


Rys. 4.1. Ogólny model cyklu decyzyjnego na GSD dywizji

Przedstawiony na rysunku ogólny model procesu dowodzenia w dywizji w chronologii z cyklem decyzyjnym jest w zasadzie identyczny na każdym szczeblu dowodzenia. Różnice w czynnościach zespołów funkcjonalnych SD wynikają z zadań jednostek występujących na poszczególnych szczeblach. Adekwatnie zmieniają się także struktury i obsada personalna komórek stanowisk dowodzenia realizujących ten proces[37].

Poszczególne fazy cyklu decyzyjnego składają się więc z etapów i wchodzących w ich skład czynności. Ich celem jest określenie kolejności, sposobów i terminów wykonania zadań w zakresie użycia dywizji w działaniach taktycznych wojsk lądowych. Wyszczególnienie czynności i kolejność ich realizacji w procesie dowodzenia w dywizji w poszczególnych fazach, i etapach cyklu decyzyjnego na GSD stanowią w istocie modele cząstkowe sytuacji decyzyjnych, które zilustrowane zostały na rysunku 4.2. oraz poddane algorytmizacji w dalszej części rozdziału.

[36] Tamże, s. 29.
[37] Struktura dowództw przedstawione są w dostępnej literaturze przedmiotu [21,30].



Legenda:
*- w miarę potrzeb może być więcej.

Rys. 4.2. Ramowy model cyklu decyzyjnego w dowództwie dywizji.

Ze względu na ograniczenia wynikające z tematu pracy badawczej poniżej przedstawiona zostanie problematyka modelowania sytuacji decyzyjnych w poszczególnych fazach i etapach procesu dowodzenia obejmująca czynności cyklu decyzyjnego wykonywane przede wszystkim na GSD dywizji przez dowódcę i zespół dowodzenia, oraz współpracujący bezpośrednio z nim zespół planowania.

W konkluzji można nadmienić także, że o ile w modelu ustalenia położenia, stawiania zadań i kontroli, zespół dowodzenia odgrywa najważniejszą rolę w procesie podejmowania decyzji, to w modelu **planowania**, który posiada pewną specyfikę polegającą w zasadzie na preparacji, czyli przygotowaniu przyszłych działań, dużą rolę odgrywają także pozostałe zespoły funkcjonalne, tj. zespół planowania, wsparcia dowodzenia, wsparcia działań (jeżeli jest organizowany) oraz zespół zabezpieczenia działań.

4.2. MODEL USTALENIA POŁOŻENIA

Z analizy procesu decyzyjnego w dywizji wynika, że ustalenie położenia jest punktem wyjściowym całego procesu dowodzenia. Realizowane jest z reguły przez **zespół dowodzenia** GSD dywizji, którym może kierować osobiście dowódca, jeżeli nie jest zaangażowany w inne przedsięwzięcia. Wówczas czynności dowódcy w tej fazie mogą pokrywać się z czynnościami zespołu dowodzenia. Należy jednak pamiętać, iż dowódca nie może być „unieruchomiony" w zespole dowodzenia. Wykonuje swe zadania tam, gdzie w danym momencie najlepiej może spełniać swoje funkcje, np. na WSD.

Z praktyki funkcjonowania dowództw wynika, że faza ta stanowi ciągły proces realizowany we wszystkich komórkach organizacyjno-funkcjonalnych GSD dywizji. Z chwilą otrzymania zadania następuje jednak szczególne zintensyfikowanie czynności w ramach ustalenia położenia, ukierunkowane na nowe zadanie, co pozwala na jego zakwalifikowanie jako pierwszej fazy cyklu decyzyjnego.

Przedmiotem działań w tej fazie jest stworzenie dowódcy dywizji jasnego i przejrzystego obrazu sytuacji, na podstawie którego może on ocenić, podjąć decyzję, postawić zadania i kierować działaniami. Faza ta charakteryzuje się pozyskiwaniem, gromadzeniem, porządkowaniem, przechowywaniem, wartościowaniem, porównywaniem i przedstawianiem wszelkiego rodzaju informacji dotyczących zarówno przeciwnika, jak i wojsk własnych oraz warunków wykonania zadania. Występują tutaj różne formy pracy sztabowej z wykorzystaniem technicznych środków przetwarzania danych. W wielu wypadkach regułą będzie, że z powodów czasowych i dużej objętości materiału faza ta będzie musiała zostać zrealizowana wcześniej. Ważne jest, aby podczas oceny położenia właściwie zdecydować, kiedy zajdzie potrzeba zdobycia nowych danych, a kiedy posiadana baza danych

wystarczy w dalszym postępowaniu. Tylko w nielicznych wypadkach taki podział i segregowanie danych osiągać będzie wystarczający stopień pewności.

W trakcie ustalenia położenia analizowane i przedstawiane są więc następujące grupy informacji pochodzące z różnych źródeł:

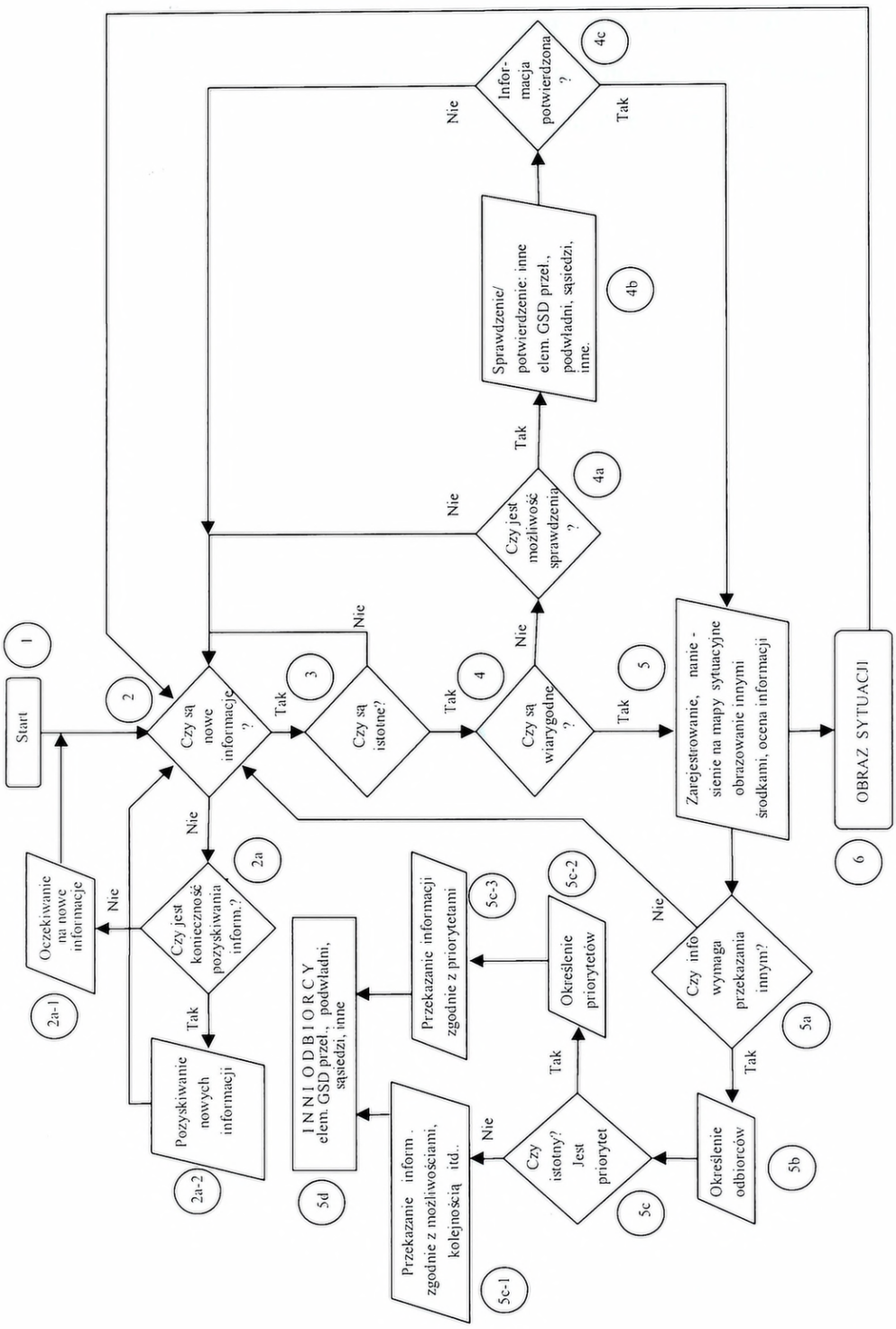
- posiadane (sytuacyjne) – dokumenty dowodzenia, instrukcje, zarządzenia i rozkazy długoterminowe;
- wpływające (sytuacyjne i dyrektywne) – zarządzenie przygotowawcze, rozkaz operacyjny wraz z załącznikami od przełożonego, meldunki i wnioski od podwładnych;
- zdobywane (sytuacyjne) – z rozpoznania, rekonesansu, kontroli, wymiany informacji, itp.

Informacje posiadane są w sposób ciągły uzupełniane poprzez informacje wpływające, do których zalicza się: rozkazy (zarządzenia) operacyjne, zarządzenia przygotowawcze, komunikaty, meldunki, inne uzyskane dane.

Ustalenie położenia jest, jak podkreślono wcześniej fazą ciągłą, która jest kontynuowana permanentnie w całym procesie dowodzenia.
Można jednakże wyodrębnić „momenty szczególne", które inicjują (ściślej: intensyfikują) tę fazę, np.: otrzymanie rozkazu operacyjnego (zarządzenia przygotowawczego) od przełożonego.

Z badań wynika, że celem ustalania położenia jest uzyskanie maksymalnie aktualnego i wiarygodnego obrazu sytuacji, niezbędnego do realizacji dalszych przedsięwzięć cyklu decyzyjnego. Czynności, będące odzwierciedleniem pracy zespołu dowodzenia GSD dywizji realizowane w tej fazie przedstawiono w postaci algorytmu na rys. 4.3.

Pierwszym problemem, który musi być rozwiązany przez zespół dowodzenia jest odpowiedź na pytanie: „czy są nowe informacje?". Jeżeli nie ma nowych informacji, być może konieczne jest pozyskanie ich z innych dostępnych źródeł (zob. rys. 4.3). Jeżeli są, określenia wymaga, czy są one rzeczywiście istotne, i wreszcie, czy są wiarygodne oraz czy istnieje możliwość sprawdzenia ich wiarygodności (czynności 4-4c).



Rys. 4.3. Przykładowy algorytm pracy zespołu dowodzenia (dowódcy) w toku ustalania położenia.

Źródło: Środowisko zautomatyzowanych systemów dowodzenia szczebla taktycznego, AON Warszawa 2001.

Wiadomości wiarygodne po zarejestrowaniu obrazowane są na mapach sytuacyjnych[38] zespołu dowodzenia, tworząc obraz aktualnej sytuacji (czynności 2-6). Pozyskanie nowych informacji wymaga także odpowiedzi na pytanie, czy są one potrzebne innym odbiorcom (oczywiście, jeżeli ci potencjalni odbiorcy nie byli źródłem pozyskania danych). Jeżeli jest potrzeba przekazania nowych informacji innym, należy w razie potrzeby określić priorytety przekazania i doprowadzić te informacje do zidentyfikowanych adresatów (czynności 5-5d). Pojęcie „inni odbiorcy" w prezentowanym modelu oznacza:

— przełożonego (dowódcę korpusu);

— inne elementy SD dywizji ;

— dowódców oddziałów (pododdziałów);

— sąsiadów, elementy wspierające;

— lokalne władze cywilne na obszarze działań itp.

W dywizji, gdzie równocześnie mogą funkcjonować 2 –3 stanowiska dowodzenia, mapy sytuacyjne powinny być prowadzone równolegle we wszystkich komórkach organizacyjno-funkcjonalnych tych stanowisk. Mapy poszczególnych komórek organizacyjno - funkcjonalnych uzupełniana się zgodnie z wytycznymi szefa sztabu, zazwyczaj co kilka godzin. Jeśli stanowiska dowodzenia wyposażone są i połączone zautomatyzowanym systemem dowodzenia, uaktualnianie sytuacji w danym systemie odbywa się automatycznie, a zmiany obrazowane są na mapach sytuacyjnych przedstawianych na monitorach lub innych środkach zobrazowania sytuacji.

4.3. MODEL PLANOWANIA DZIAŁANIA

Faza druga – planowanie działania odgrywa rolę szczególną. W trakcie tej fazy dokładnym analizom i ocenom podlega zadanie otrzymane od przełożonego oraz wszelkie czynniki wpływające na jego wykonanie. Spośród czterech faz cyklu procesu dowodzenia, faza druga – planowanie - odgrywa rolę szczególną. W trakcie tej fazy dokładnym analizom i ocenom podlega zadanie otrzymane od przełożonego oraz wszelkie czynniki wpływające na

[38] Mapa sytuacyjna, której przykłady są w dostępnej literaturze problemu [16,21,30] powinna zawierać: linie rozgraniczenia, inne linie koordynacyjne oraz elementy dowodzenia i koordynacji działań wybrane informacje na temat przełożonego i sąsiadów istotne dla prowadzonych działań, położenie i charakter działań wojsk własnych (dwa szczeble w dół), rozmieszczenie stanowisk dowodzenia, położenie i działania przeciwnika, inne informacje ważne dla danej komórki SD.

jego wykonanie. W tej wreszcie fazie powstają warianty działania wojsk własnych, następnie szczegółowo rozważane i porównywane w celu stworzenia dowódcy jak najlepszych warunków do podjęcia decyzji. W ramach planowania podejmowana jest też decyzja oraz zostaje sformułowany i wygłoszony (przez dowódcę) zamiar działania. Powstaje w tym czasie również plan działania, a także zasadniczy dokument dowodzenia o charakterze dyrektywnym – rozkaz operacyjny (bojowy).

Faza planowania podzielona jest na cztery następujące po sobie w logicznej kolejności etapy. Można wyróżnić zatem nw. modele (rysunek 4.2.):

— oceny sytuacji,

— podjęcia decyzji,

— sporządzenie planu działania,

— sporządzenie rozkazu operacyjnego.

4.3.1. MODEL OCENY SYTUACJI

Celem **oceny sytuacji** jest między innymi stworzenie jak najbardziej przejrzystego i obiektywnego obrazu wartościowania w/w czynników, na bazie których dowódca dywizji będzie mógł podjąć decyzję.

Istotą oceny sytuacji jest znalezienie najlepszego sposobu rozwiązania problemu. Podczas oceny sytuacji należy wykonać następujące czynności (rysunek 4.2.):, które w pracy badawczej przedstawiono w postaci submodeli:

– analizy zadania;

– oceny czynników wpływających na wykonanie zadania i ustalenie wariantów działania;

– rozważenia i porównania wariantów działania.

Czynności realizowane w tym etapie związane są bowiem bezpośrednio z analizami i ocenami problemów mających zasadniczy wpływ na przyszłe działania wojsk własnych, chociaż granice pomiędzy nimi są dość płynne.

Submodel analizy zadania

Praca nad nowym zadaniem rozpoczyna się z reguły po jego otrzymaniu w postaci **wstępnego zarządzenia operacyjnego, rozkazu operacyjnego** lub **zarządzenia operacyjnego**. Jednak w pewnych sytuacjach dowódca może sam rozpocząć ten proces. Otrzymanie zadania zazwyczaj inicjuje nowy cykl procesu dowodzenia. Analiza zadania jest pierwszą czynnością fazy planowania i etapu oceny sytuacji. Stanowi ona punkt krytyczny na drodze do osiągnięcia założonego celu. Sposób w jaki przeprowadzi się analizę zadania oraz wnioski do jakich dochodzi się w jej wyniku wpływają zasadniczo na organizację i dalszą pracę dowództwa. Ewentualne błędy popełnione podczas realizacji tej czynności mają negatywny wpływ na całokształt pracy, i w konsekwencji doprowadzić mogą nawet do niewykonania zadania.

Podczas analiza zadania, będącej bardzo ważną czynnością w procesie oceny sytuacji precyzuje się, **co** i **w jakim celu** należy wykonać aby zrealizować otrzymane zadanie. Aby rozwiązać ten problem i wyciągnąć właściwe wnioski należy odpowiedzieć na szereg bardziej szczegółowych pytań:

— Jakie jest zadanie i zamiar przełożonego i jaka jest rola mojego związku taktycznego (oddziału) w realizacji jego planów ?

— Czego wymaga przełożony lub należy wykonać aby zrealizować jego zamiar?

— Czy i jeśli tak to jakie istnieją ograniczenia swobody działania?

— Czy nastąpiły znaczące zmiany sytuacji od momentu podpisania rozkazu przez przełożonego?, jeśli tak - to czy wiedząc o tych zmianach postawiłby on takie samo zadanie?

Wnioski, które wynikają z przeprowadzonej analizy zadania formułuje się najczęściej w postaci:

— sprecyzowanego zadania własnego,

— myśli przewodniej dowódcy,

— kryteriów do porównania wariantów działania,

— wynikłych z wstępnej kalkulacji czasu wytycznych do pracy dowództwa,

— zadań do pracy sztabu i podległych wojsk.

Z praktyki działania sztabów wynika, że mogą być różne metody przeprowadzenia analizy zadania, które zależą od:

— modelu pracy przyjętego przez dowódcę,

— zgrania i wyszkolenia oficerów sztabu,

— posiadanego czasu.

Rozpatrując analizę zadania w kontekście **modelowania sytuacji decyzyjnych**, należy odnotować, że całe spektrum przedsięwzięć związanych z planowaniem jest w zasadzie obszarem odpowiedzialności zespołu planowania. Jednak analiza zadania pozostaje problemem zastrzeżonym dla dowódcy dywizji. Dowódca każdorazowo określa, czy będzie prowadził analizę zadania sam, czy z szefem sztabu lub dodatkowo innymi, wybranymi przez siebie osobami funkcyjnym dowództwa dywizji. Jednak za ostateczny produkt końcowy analizy, to znaczy za sprecyzowane zadanie własne, myśl przewodnią oraz wytyczne do planowania odpowiada bezpośrednio dowódca dywizji. Z praktyki funkcjonowania sztabów wynika, że problemy te są zazwyczaj rozwiązywane w oparciu o wcześniej opracowane algorytmy działania.

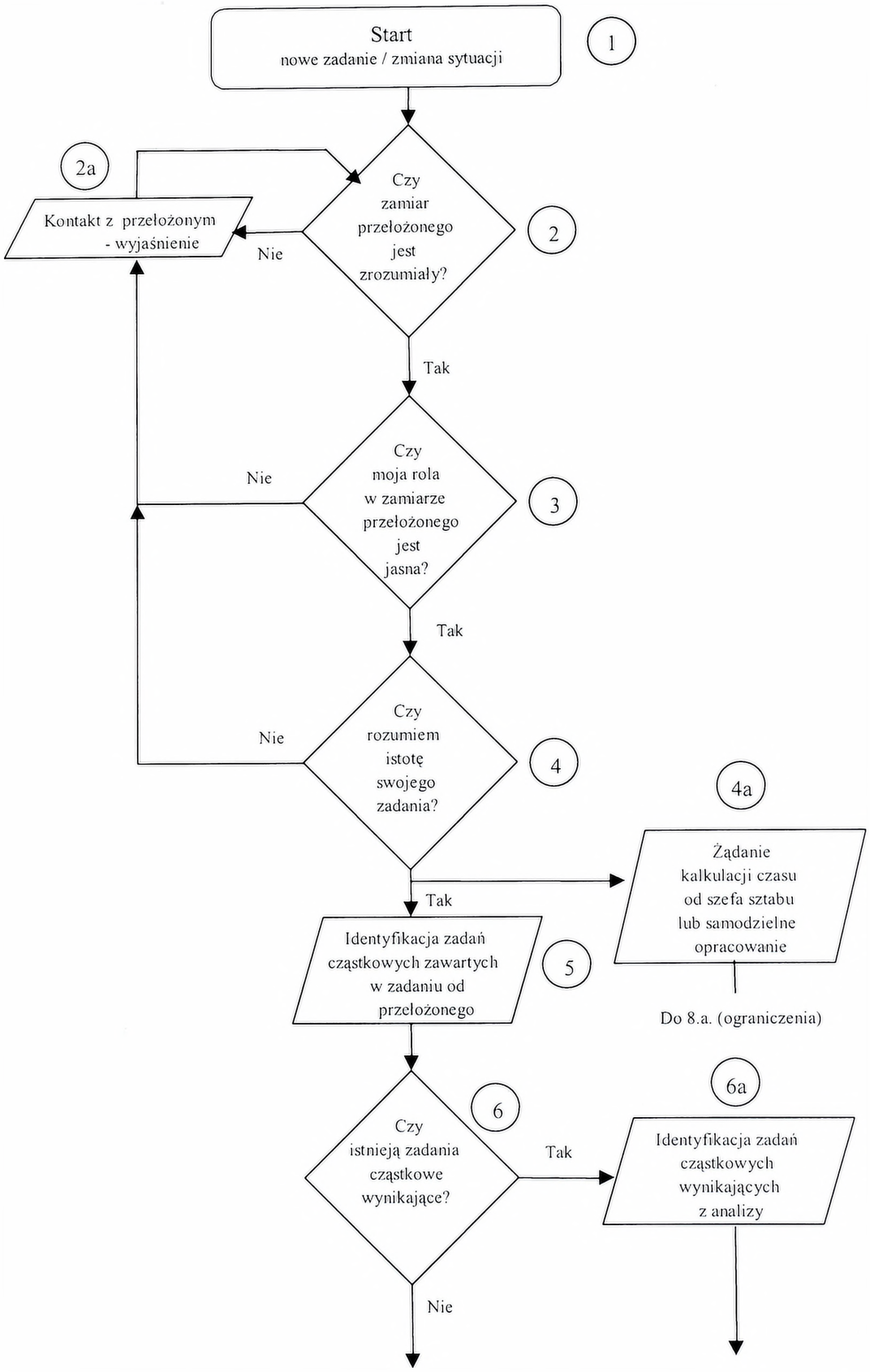
Na rysunku 4.4. przedstawiono przykładowy algorytm pracy dowódcy dywizji podczas analizy zadania[39] akcentując poszczególne problemy, które muszą zostać rozwiązane.

Rozpoczynając analizę zadania dowódca dywizji przede wszystkim dąży do zrozumienia zamiaru dowódcy przełożonego, swojej roli w tym zamiarze oraz istoty swojego zadania. W razie wątpliwości musi zwrócić się do przełożonego w celu ich wyjaśnienia. W międzyczasie nakazuje szefowi sztabu lub jednemu z oficerów operacyjnych przygotowanie kalkulacji czasu (jeżeli prowadzi analizę sam, przygotowuje kalkulację samodzielnie (czynności 1-4a).

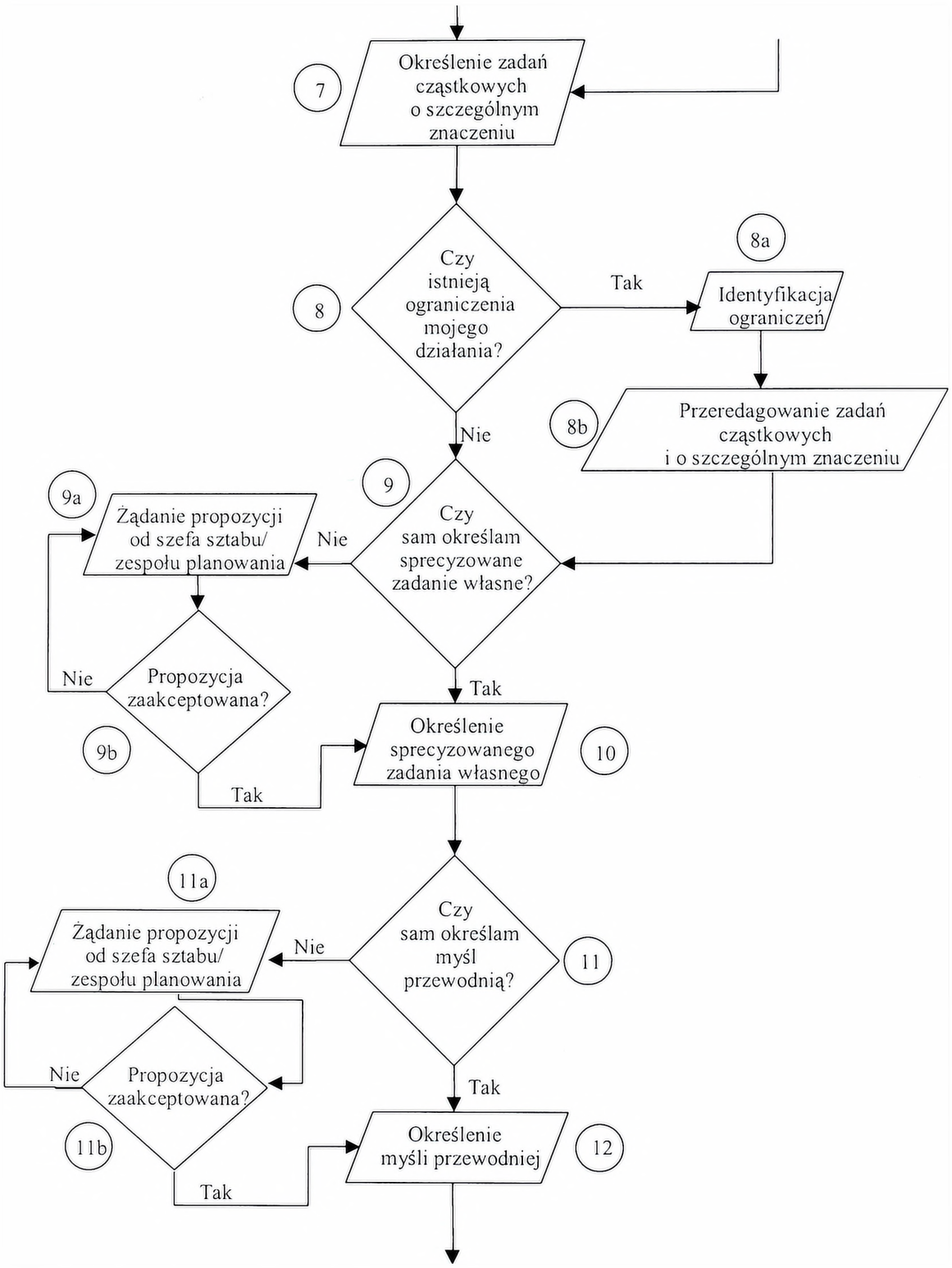
Kolejnymi czynnościami są: identyfikacja zadań cząstkowych zawartych w zadaniu otrzymanym od przełożonego oraz, jeśli istnieją, zadań cząstkowych wynikających z samej analizy. Po ich identyfikacji i określeniu zadań cząstkowych o szczególnym znaczeniu (czynności 5-7) dowódca określa ograniczenia swobody swojego działania i dąży do sprecyzowania zadania własnego.

---

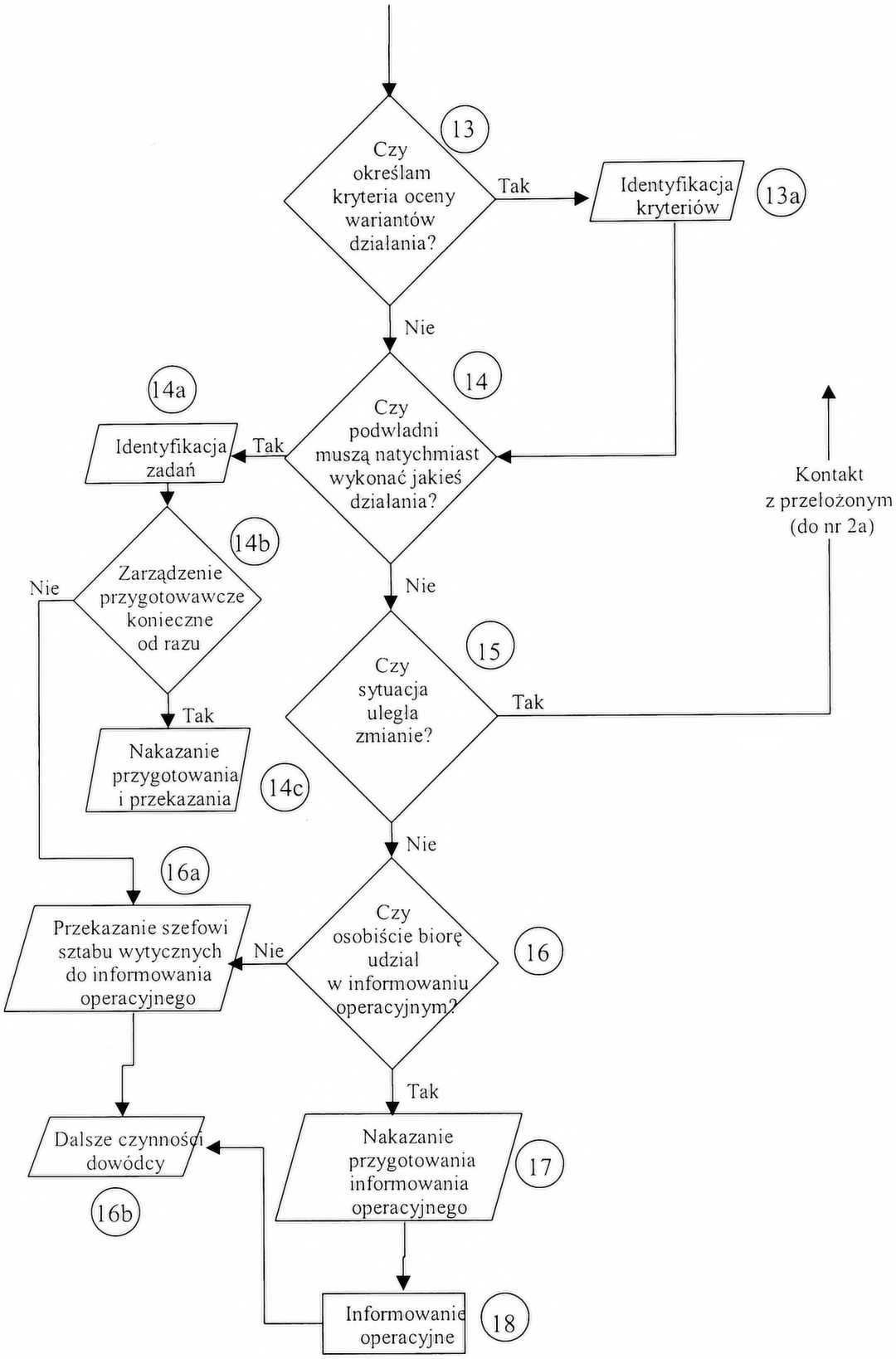
[39]W czasie, gdy dowódca prowadzi analizę zadania, zespół dowodzenia realizuje zadania związane z fazami ustalania położenia oraz kontroli.



Rys. 4.4. Przykładowy algorytm pracy dowódcy dywizji podczas analizy zadania (cz.1.).
Źródło: Środowisko zautomatyzowanych systemów dowodzenia szczebla taktycznego, AON Warszawa 2001.



Rys. 4.4. Przykładowy algorytm pracy dowódcy dywizji podczas analizy zadania (cz.2.).
Źródło: Środowisko zautomatyzowanych systemów dowodzenia szczebla taktycznego, AON Warszawa 2001.



Rys. 4.4. Przykładowy algorytm pracy dowódcy dywizji podczas analizy zadania (cz.3.).
Źródło: Środowisko zautomatyzowanych systemów dowodzenia szczebla taktycznego, AON Warszawa 2001.

Może je określić osobiście, a w przypadku prowadzenia analizy przy pomocy szefa sztabu może również zażądać od niego propozycji brzmienia sprecyzowanego zadania własnego. Podobnie postępuje następnie w zakresie formułowania myśli przewodniej (czynności 8-12).

Kolejnymi problemami są kryteria do oceny przyszłych wariantów działania (czynności 13-13a) oraz określenie ewentualnych zadań, które dowódcy oddziałów (pododdziałów) muszą jak najszybciej wykonać. Zadania te znajdą się następnie w zarządzeniu przygotowawczym (czynności 14-14c).

Po rozwiązaniu tych problemów dowódca dywizji musi odpowiedzieć sobie na pytanie, czy od momentu kiedy przełożony postawił mu zadanie do chwili obecnej nie zaszły tak daleko idące zmiany w sytuacji, które pozwalają sadzić, iż w chwili obecnej dowódca przełożony inaczej określiłby zadanie. Jeżeli takie wątpliwości istnieją, konieczny jest kontakt z przełożonym (czynność 15).

Dowódca dywizji może wziąć udział w **informowaniu operacyjnym**, może też zlecić jego prowadzenie szefowi sztabu. W zależności od wyboru, nakazuje przygotowanie informowania i sam przekazuje na nim wnioski i wytyczne wynikłe z analizy zadania, lub przekazuje je szefowi sztabu, który będzie prowadził informowanie operacyjne, a sam przystępuje do innych czynności (czynności 16-18).

Informowanie operacyjne

Z obserwacji ćwiczeń prowadzonych w AON wynika, że do informowania operacyjnego dowódcy oddziałów (pododdziałów) przywiązują dużą wagę. Z reguły prowadzą informowanie operacyjne osobiście, w celu zapoznania szefów zespołów funkcjonalnych i oficerów rodzajów wojsk z treścią otrzymanego zadania, czynnikami determinującymi jego sprawną realizację oraz wydania wytycznych do dalszej pracy. Najczęściej uczestnikom informowania operacyjnego przekazuje się dwie grupy informacji.

W pierwszej kolejności przekazywane są wnioski z ustalenia położenia oraz ogólne wnioski z analizy zadania we wszystkich obszarach zainteresowania.

W następnej kolejności przedstawiana jest organizacja pracy w dowództwie, na podstawie wytycznych dowódcy. Zakres i treść wytycznych każdorazowo określa dowódca w porozumieniu z szefem sztabu. Zespół autorski uważa, że wytyczne powinny zawierać przede wszystkim:

- sprecyzowane zadanie własne;

– myśl przewodnią dowódcy;

– zadania, które zapewnią skupienie pracy dowództwa zgodnie z intencjami jego dowódcy;

– czasy: zakończenia oceny sytuacji, odpraw koordynacyjnych oraz odprawy decyzyjnej i czasu postawienia zadań podwładnym;

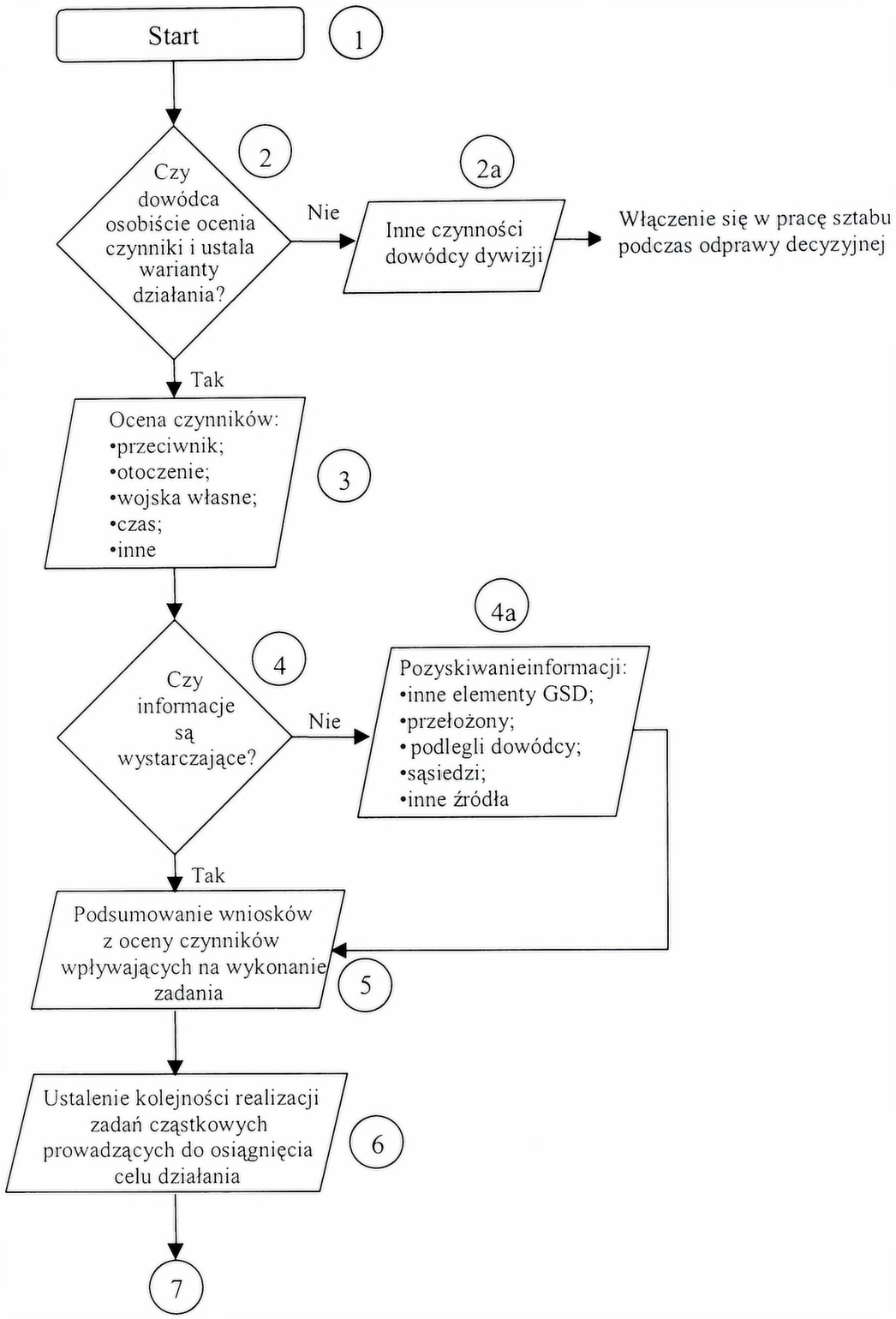
– kryteria do porównania wariantów użycia oddziałów (pododdziałów) wsparcia dowodzenia.

Ponadto wytyczne mogą zawierać inne wskazówki w zależności od otrzymanego zadania, czynnika czasu oraz doświadczenia oficerów sztabu i jego zgrania jako całości, na przykład uwagi co do sporządzenia zarządzenia przygotowawczego.

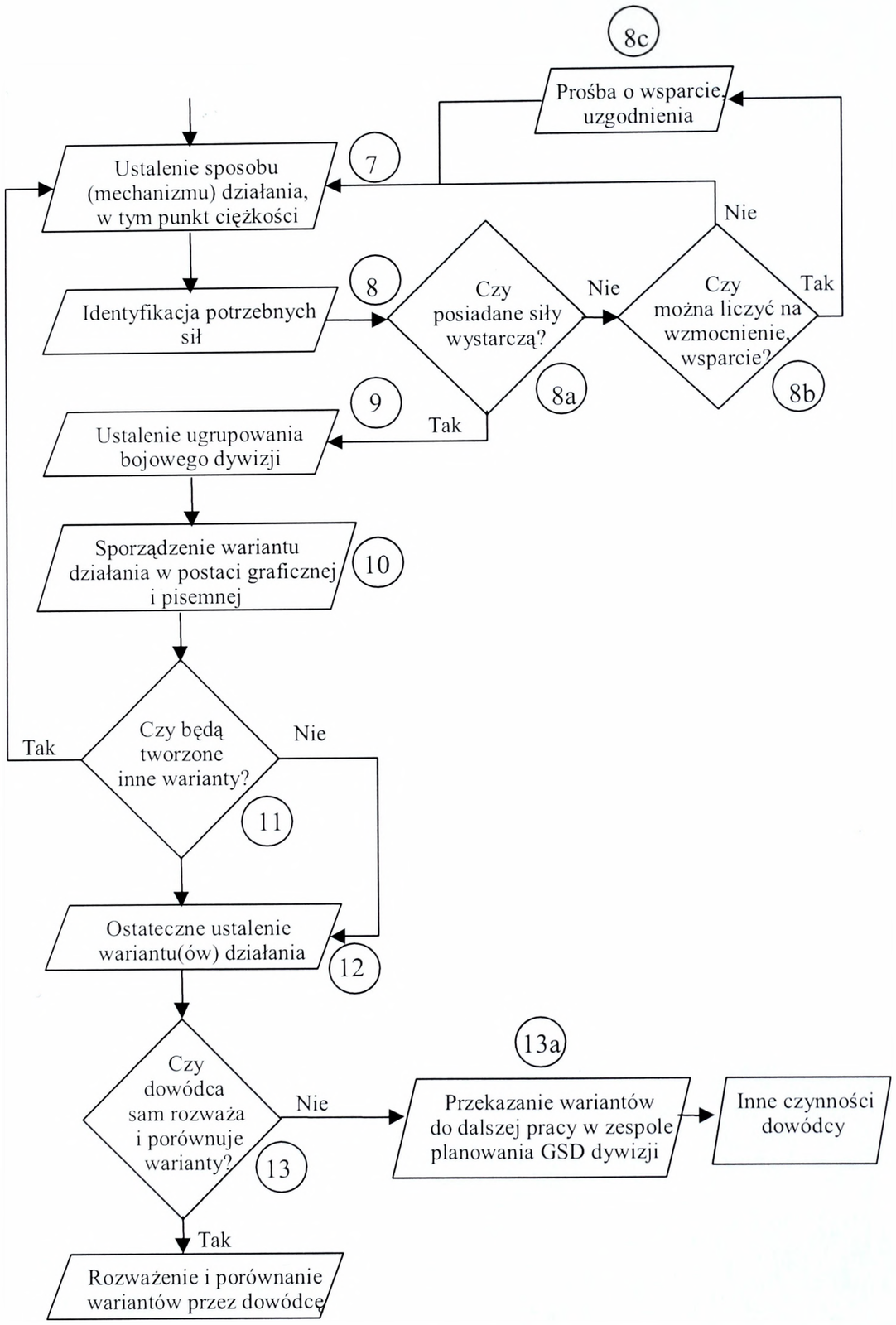
Przykłady przebiegu informowania operacyjnego, oraz układ i treść zarządzenia przygotowawczego przedstawione są w dostępnej literaturze problemu [30,49].

Modele oceny czynników wpływających na wykonanie zadania i ustalenie wariantów działania wojsk własnych

Ocena czynników wpływających na wykonanie zadania i ustalenie wariantów działania wojsk własnych jest zadaniem zespołu planowania centrum dowodzenia SD dywizji. Na tych szczeblach dowodzenia typowym modelem pracy dowódcy jest pozostawienie rozwiązania problemów identyfikacji, rozważenia i porównania wariantów działania zespołowi dowodzenia centrum dowodzenia GSD dywizji. Dowódca włączy się w tą pracę w trakcie odprawy decyzyjnej w celu podjęcia decyzji co do dalszych działań. Jednakże w pewnych sytuacjach dowódca może sam dokonać oceny czynników i osobiście określić warianty działania. Należy jednak mieć świadomość, iż na szczeblu dywizji ilość informacji może przerosnąć możliwości jednego człowieka i samodzielne działanie dowódcy w tym zakresie traktować należy raczej jako wyjątek, nie zasadę. Na rysunku 4.5. przedstawiono przykładowy algorytm pracy dowódcy dywizji w takich właśnie sytuacjach, gdy z powodu np. ograniczonego czasu zdecydował się na samodzielne rozwiązanie problemu.



Rys. 4.5. Przykładowy algorytm pracy dowódcy dywizji podczas oceny czynników wpływających na wykonanie zadania i ustalenia wariantów działania (cz1.).
Źródło: Środowisko zautomatyzowanych systemów dowodzenia szczebla taktycznego, AON Warszawa 2001.



Rys. 4.5. Przykładowy algorytm pracy dowódcy dywizji podczas oceny czynników wpływających na wykonanie zadania i ustalenia wariantów działania (cz.2.).

Źródło: Środowisko zautomatyzowanych systemów dowodzenia szczebla taktycznego, AON Warszawa 2001.

Po zdecydowaniu, iż osobiście rozwiąże poruszony problem, dowódca dywizji dokonuje oceny czynników wpływających na wykonanie zadania, to znaczy:

— przeciwnika;

— otoczenia;

— wojsk własnych;

— czasu;

— innych, specyficznych dla danej sytuacji czynników.

Mimo, iż wykonuje te czynności samodzielnie, w miarę potrzeb i możliwości korzysta z informacji posiadanych przez inne komórki GSD dywizji. Jeżeli informacje są niewystarczające do dokonania tych ocen, dowódca pozyskuje informacje z możliwych źródeł i podsumowuje wnioski wypływające z oceny czynników (czynności 1-5).

Kolejną istotną czynnością jest ustalenie kolejności realizacji zadań cząstkowych prowadzących do osiągnięcia celu (czynność 6), a następnie ustalenie sposobu działania (pokonania obrony, załamania natarcia, itp.), czyli „mechanizmu" wykonania zadania, w tym punktu ciężkości (czynność 7). Identyfikacja tych problemów pozwala następnie na ustalenie sił niezbędnych do wykonania zadania. Jeżeli posiadane siły są niewystarczające, zaś wzmocnienie niedostępne, należy szukać innego sposobu działania (czynności 8 – 8c). Następnym problemem jest ustalenie ugrupowania bojowego, jako konsekwencji przyjętego sposobu działania, a następnie przygotowanie wariantu działania w postaci graficzno-pisemnej (czynności 9-10). Jeżeli będą tworzone inne warianty (a zwykle będą), czynności oznaczone numerami 7-10 powtórzą się, aż do skonstruowania niezbędnej zdaniem dowódcy dywizji ilości wariantów działania.

Dalsza praca dowódcy zależeć będzie od faktu, czy przekaże on przygotowane przez siebie warianty do dalszego opracowywania w zespole planowania SD dywizji (rozwiązanie typowe), czy też sam rozpocznie ich rozważenie i porównanie, szczególnie w przypadku ograniczonego czasu (czynności 13-13a).

Odprawa koordynacyjna

Zgodnie z planem pracy dowództwa, po opracowaniu wariantów działania organizowana jest odprawa koordynacyjna, podczas której zapoznawani są z opracowanymi wariantami działania kierownicy wszystkich zespołów funkcjonalnych stanowiska dowodzenia. Celem takiej odprawy jest umożliwienie specjalistycznym zespołom SD

rozpoczęcia opracowywania swoich wariantów – koncepcji wykorzystania sił i środków wsparcia i zabezpieczenia – odpowiednio do wariantów działania ustalonych przez Zespół Planowania Centrum Dowodzenia. Należy jednak pamiętać, iż stopień szczegółowości oraz zakres wariantów specjalistycznych będzie różny w zależności od specyfiki rodzaju wojsk. Nie mogą one również odbierać inicjatywy i swobody działania dowódcom jednostek rodzajów wojsk. To właściwi dowódcy jednostek specjalistycznych, nie zaś oficerowie sztabu, podejmują ostateczne decyzje w zakresie wykorzystania podległych sobie sił. Możliwym jest także, aby podczas tej odprawy dowódca zapoznał się z efektami dotychczasowej pracy sztabu w tym zakresie. Może on zaaprobować opracowane warianty działania, zgłosić swoje uwagi, spostrzeżenia, polecić je zmodyfikować lub nakazać niektóre z nich odrzucić. Podkreślić należy, że warianty działania w toku planowania są „organizmami żywymi" i stosownie do prowadzonych analiz, kalkulacji oraz zmieniającej się sytuacji można (i należy) je modyfikować dążąc do identyfikacji najlepszych sposobów wykonania zadania. Przykład odprawy koordynacyjnej poświeconej zapoznaniu z wariantami działania wojsk własnych przedstawiony jest w dostępnej literaturze problemu [20]. Podczas odprawy koordynacyjnej istotną rolę odgrywa wizualizacja przekazywanych informacji. W tym celu należy wykorzystać dostępne multimedialne środki i formy przekazu.

Z obserwacji ćwiczeń wynika, że odprawę koordynacyjną z reguły prowadzi szef sztabu, uczestniczą szefowie zespołów funkcjonalnych i specjaliści rodzajów wojsk. W toku jej trwania szeroko wykorzystuje się wyniki prowadzonej oceny sytuacji w poszczególnych zespołach.

Modele rozważenia i porównania wariantów działania

Przedsięwzięcia te stanowią kolejne czynności w fazie planowania, których celem jest określenie zalet i wad poszczególnych wariantów wykonania zadania w konfrontacji z prawdopodobnym sposobem działania przeciwnika oraz wyłonienie wariantu, który będzie rekomendowany dowódcy.

Cel ten osiąga się poprzez określenie zdarzeń jakie mogą mieć miejsce podczas realizacji danego wariantu działania, od jego rozpoczęcia aż do osiągnięcia zamierzonego celu – tzn. wykonania zadania. Przyjmuje się, że najczęściej stosowaną techniką powinna być symulacja[40] przyszłych działań zgodnie z przyjętymi wariantami, będąca próbą określenia

[40]Etapy postępowania w trakcie przygotowywania i przeprowadzania symulacji oraz podstawowe techniki rozważania wariantów działania (wg etapów, kierunków, obiektów) są wystarczająco przedstawione w literaturze przedmiotu [30,44,48]. Rozwiązania autorów w tym względzie przedstawione zostały w rozdziale3.

przyszłych zdarzeń zgodnie z zasadą: akcja – reakcja – przeciwreakcja. Uczestnikami symulacji są przede wszystkim członkowie Zespołu Planowania oraz Zespołu Rozpoznania Centrum Dowodzenia SD „prowadzący" sytuację po stronie wojsk własnych (ZP) i przeciwnika (ZR). Mogą w niej brać udział także przedstawiciele zespołów (w zależności od potrzeb) z Centrum Wsparcia Działań oraz innych stosownie do ustaleń szefa sztabu lub szefa Zespołu Planowania Centrum Dowodzenia. W zależności od posiadanego czasu, można w ten sposób „rozegrać" wszystkie warianty w całości lub tylko ich wybrane, szczególnie ważne fragmenty. Rezultatami symulacji (których przedstawienie może być celem kolejnej odprawy koordynacyjnej), są wnioski dotyczące :

— zmian potencjału wojsk własnych w czasie i przestrzeni;

— zmian w ugrupowania wojsk własnych;

— potrzeb w zakresie wzmocnienia, wsparcia, rozpoznania, zabezpieczenia logistycznego;

— prawdopodobnego działania przeciwnika;

— wpływu terenu na działania wojsk własnych i przeciwnika;

— obszarów o kluczowym znaczeniu;

— decydujących wydarzeń i czasu itp.

W trakcie symulacji powinny być identyfikowane również fakty i przewidywania niezbędne do sporządzenia planu synchronizacji działań (wstępnego zarysu graficzno-tabelarycznego), po jednym dla każdego wariantu działania. Plan taki, zdaniem zespołu autorskiego celowo jest wykonywać w oddziale wsparcia dowodzenia, a jego przykład przedstawiony jest w dostępniej literaturze przedmiotu [12,24,28].

Sformułowane w wyniku symulacji wnioski i oceny poszczególnych wariantów użycia, powinny być wykorzystane do ich przyjęcia, zmodyfikowania bądź wręcz odrzucenia jako nie spełniające wymaganych kryteriów.

Odrzucenie wariantu działania może nastąpić ze względu na brak możliwości zapewnienia operatywnego dowodzenia, jeżeli do zaproponowanego na odprawie koordynacyjnej wariantu działania niemożliwe jest zapewnienie terminowej, skrytej i ciągłej łączności.

Modyfikacja wariantu działania może być podyktowana okresowymi brakami zapewnienia efektywnego dowodzenia w wyniku niemożności zabezpieczenia dotychczasowego wariantu pod względem ciągłej, terminowej lub skrytej łączności (gdy taka

modyfikacja jest możliwa – mieści się w ogólnej koncepcji wariantu działania a zmiana spowoduje zapewnienie łączności).

Po wykonaniu tych czynności i uzyskaniu niezbędnych danych o rozważanych wariantach, biorący udział w odprawie koordynacyjnej przedstawiciele zespołów funkcjonalnych mogą przystąpić do porównania wariantów działania.

W celu porównania wariantów działania sztab może posłużyć się następującymi metodami:

— wad i zalet,

— głosowania,

— innych kryteriów[41] określonych przez dowódcę podczas informowania operacyjnego.

Rozpatrując problem rozważenia i porównania wariantów działania w kontekście modelowania sytuacji decyzyjnych należy wziąć pod uwagę w jakim stopniu dowódca dywizji będzie angażował się osobiście w ten proces.

Jeżeli dowódca nie uczestniczy bezpośrednio w rozważeniu i porównaniu wariantów działania, gdyż realizuje inne ważniejsze czynności, np. dowodzi podległymi elementami ugrupowania bojowego w ramach realizacji poprzedniego zadania, pozostawiając zespołowi planowania rozwiązywanie kolejnych problemów planistycznych to, jest to typowe rozwiązanie, pozwalające w pełni wykorzystać potencjał intelektualny sztabu. Włącza się w pracę zespołu planowania zazwyczaj na odprawie decyzyjnej, podejmując decyzję co do przyszłych działań.

W pewnych uwarunkowaniach dowódca może jednak osobiście uczestniczyć w rozważeniu i porównaniu wariantów, przy czym może to przybrać formę:

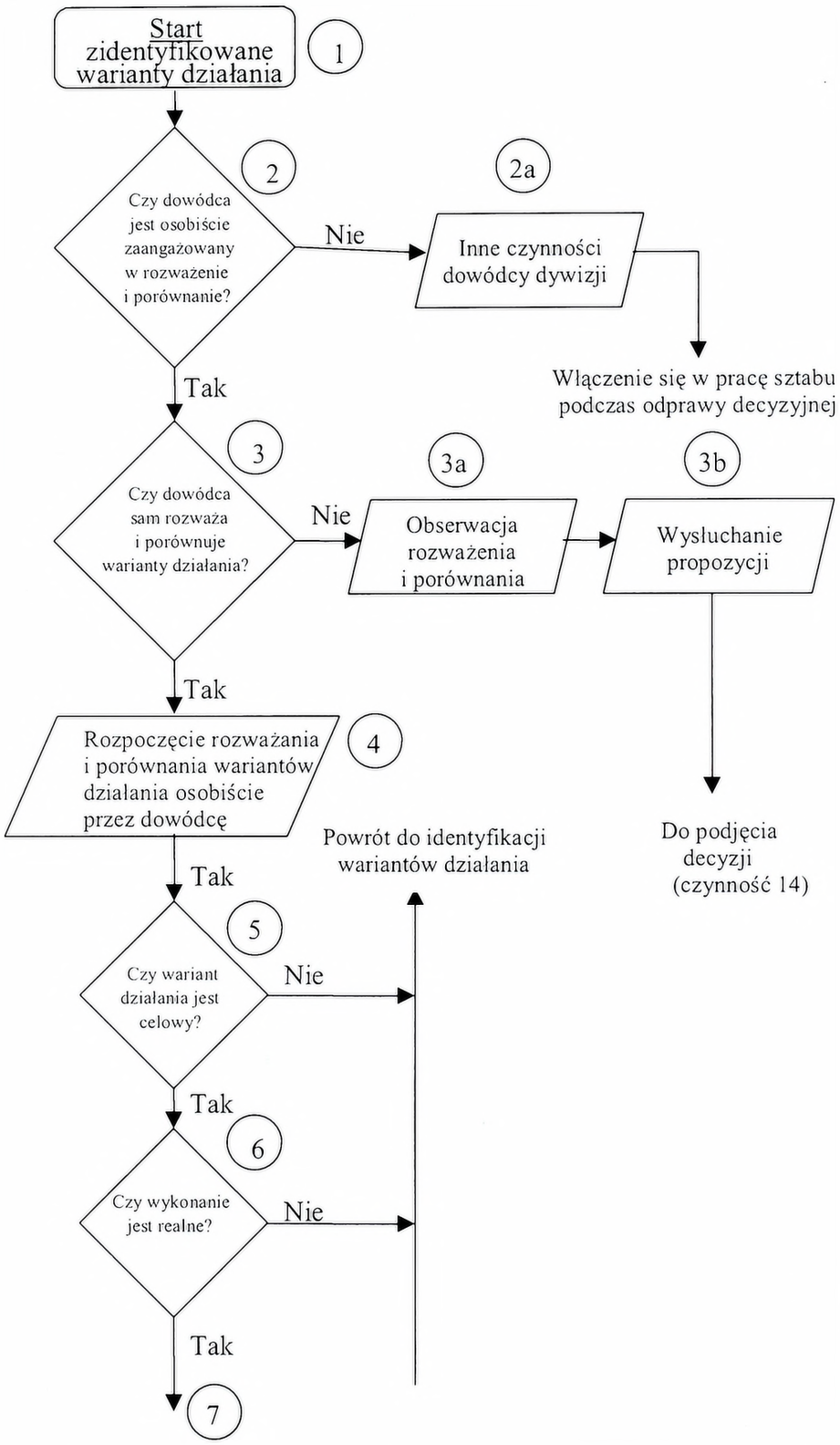
— obserwacji prowadzonego rozważenia i porównania, wysłuchiwania wniosków zespołu planowania i wyrobienia własnego punktu widzenia na problem, a następnie podjęcia decyzji – wówczas jego czynności nie odbiegają od modelu pracy zespołu planowania w tym zakresie;

— osobistego, samodzielnego rozważenia i porównania wariantów działania i w konsekwencji podjęcia decyzji – co na tych szczeblach dowodzenia nie jest zjawiskiem typowym, ale nie można go także wykluczyć.

---

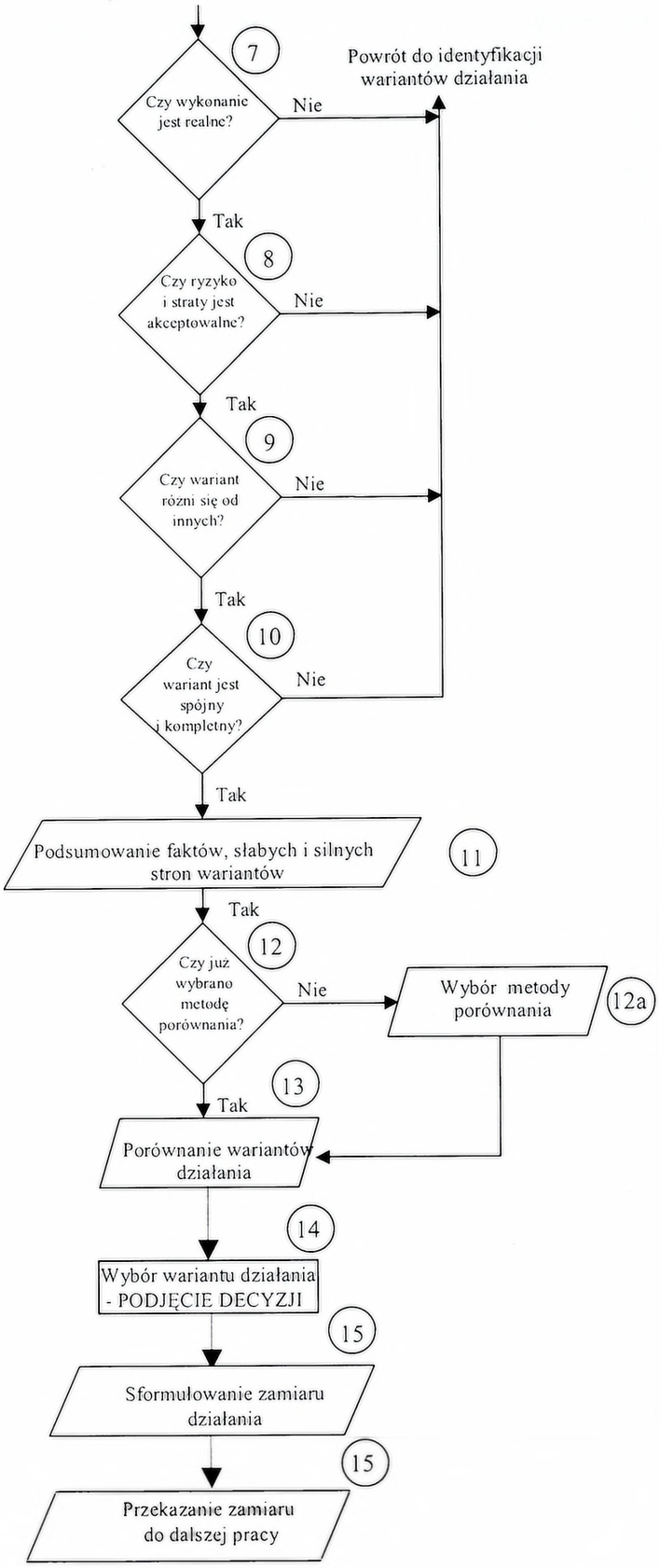
[41] Wielokryterialny model wyboru optymalnego wariantu działania przedstawiony został w podrozdziale 3.1. niniejszej pracy badawczej.

Na rysunku 4.6. przedstawiono przykładowy algorytm postępowania dowódcy dywizji w tym drugim wypadku.



Rys. 4.6. Przykładowy algorytm pracy dowódcy dywizji w trakcie osobistego rozważenia i porównania wariantów działania (cz.1.).

Źródło: Środowisko zautomatyzowanych systemów dowodzenia szczebla taktycznego, AON Warszawa 2001.



Rys. 4.6. Przykładowy algorytm pracy dowódcy dywizji w trakcie osobistego rozważenia i porównania wariantów działania (cz.2.).

Źródło: Środowisko zautomatyzowanych systemów dowodzenia szczebla taktycznego, AON Warszawa 2001.

Po zapoznaniu się z przygotowanymi przez zespół planowania wariantami działania (lub samodzielnym ich określeniu dowódca dywizji dokonuje rozważenia wariantów. Jeżeli na niższym szczeblu stanowi to już problem, tym bardziej w dywizji dowódca nie jest w stanie samodzielnie przeprowadzić symulacji wariantów. Wobec powyższego rozważenie wariantów działania polegać będzie na sformułowaniu odpowiedzi na następujące pytania (czynności 4-10):

— czy wariant działania jest celowy – czy jego realizacja jest zgodna z celem korpusu i prowadzi do wykonania zadania?;

— czy jest realny – możliwy do realizacji?;

— czy poziom ryzyka i przewidywane straty są możliwe do zaakceptowania?;

— czy wariant w istotny sposób (pod względem sposobu działania) różni się od pozostałych?;

— czy jest spójny i kompletny, to znaczy czy jednoznacznie określa kto, co, kiedy, gdzie, jak i w jakim celu ma wykonać?.

Negatywna odpowiedź na którekolwiek z tych pytań wymusza albo odrzucenie wariantu albo konieczność jego modyfikacji. Niekiedy konieczny jest powrót do czynności określenia wariantu działania na nowo.

Następnie dowódca dywizji dokonuje zestawienia wniosków z rozważenia, w szczególności słabych i silnych stron wariantów i określa metodę porównania wariantów (jeżeli nie ustalono tego wcześniej) – czynności 11-12a. Porównuje warianty zgodnie z przyjętą metodą porównawczą[42] i podejmuje decyzję – dokonuje wyboru jednego z nich. Kolejnym krokiem jest sformułowanie na podstawie wybranego wariantu zamiaru działania i przekazanie go do zespołu planowania w celu sporządzenia rozkazu operacyjnego (czynności 13-16). Czynności ostatnie odbywają się zazwyczaj na odprawie decyzyjnej.

[42] Wielokryterialny model oceny porównawczej zgrupowań wojsk przedstawiony został w podrozdziale 3.2. niniejszej pracy badawczej.

4.3.2. DECYZJA I ZAMIAR DOWÓDCY, OPRACOWANIE PLANU DZIAŁANIA

Następnym, bardzo ważnym etapem planowania jest odprawa decyzyjna. Celem odprawy decyzyjnej jest **stworzenie dowódcy warunków do podjęcia decyzji** oraz samo jej podjęcie, czyli **wybór przez dowódcę jednego z opracowanych wariantów działania**. Zakłada się, że podstawą do przeprowadzenia odprawy decyzyjnej jest opracowanie nw. dokumentów pomocniczych:

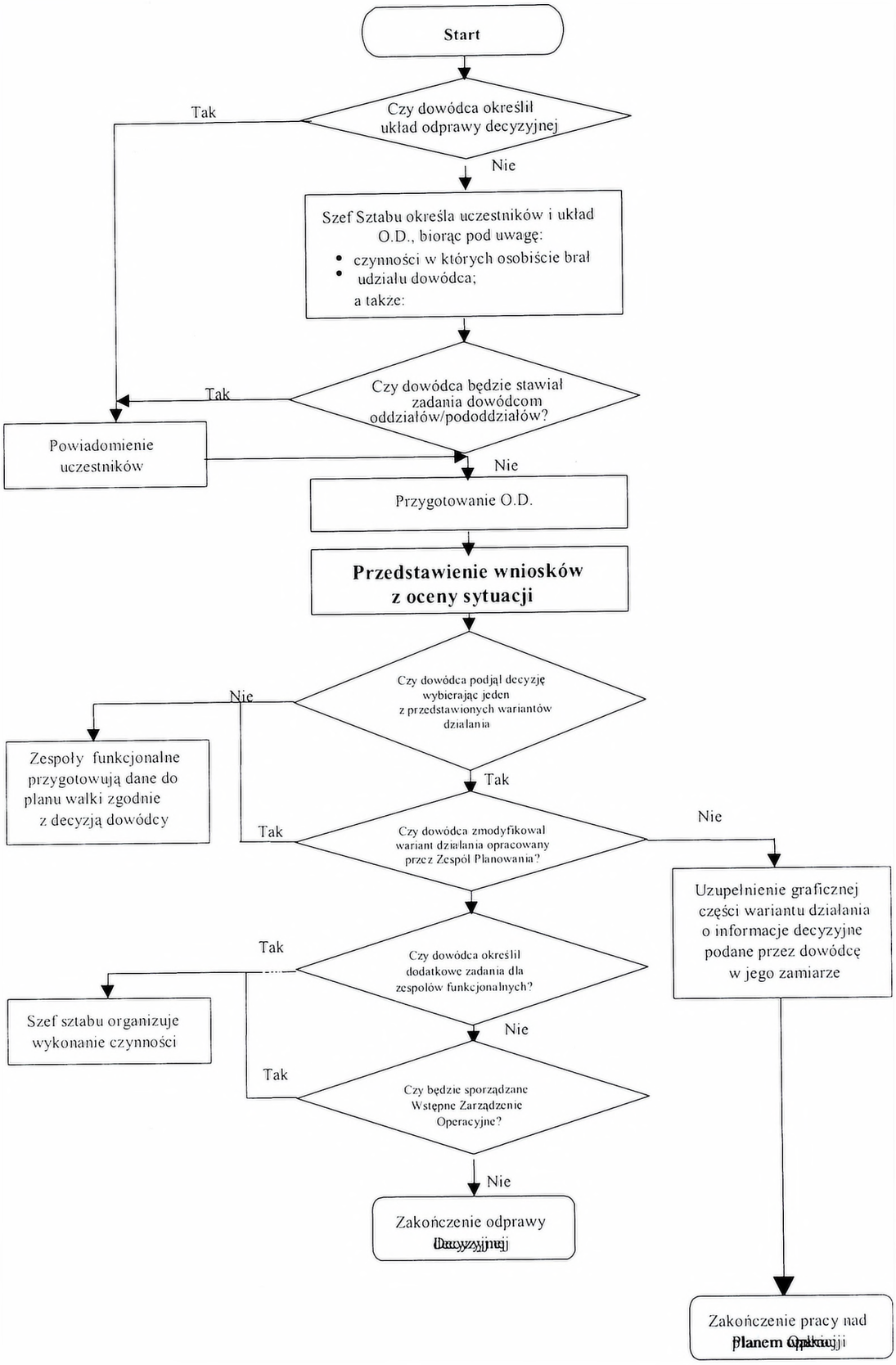
- oleatu oceny terenu;
- oleatu (oceny) prawdopodobnego sposobu oddziaływania przeciwnika;
- oleatów (szkiców) wariantów działania wojsk własnych;
- zadania własnego (tak jak zapisano w p. 2 rozkazu operacyjnego) oraz myśli przewodniej dowódcy;
- niezbędnych kalkulacji, tabel i innych pomocniczych dokumentów wykorzystywanych dla uzasadnienia wariantów.

Za przebieg i organizację odprawy decyzyjnej ponosi odpowiedzialność szef sztabu[43]. W odprawie, obok dowódcy i szefa sztabu uczestniczą kierownicy zespołów organizacyjno – funkcjonalnych stanowiska dowodzenia, gdzie prezentowane są wyniki pracy dowództwa, a szef sztabu wskazuje rekomendowany wariant działania dowódcy do akceptacji. W omówieniach ćwiczeń prowadzonych w AON podkreśla się, że w toku odprawy decyzyjnej szczególne znaczenie odgrywa **przestrzeganie dyscypliny czasowej** oraz podawanie tylko tych informacji, które mają znaczenie z punktu widzenia konieczności zdecydowania się na sposób rozwiązania problemu decyzyjnego przez dowódcę.

Jednak najlepszym rozwiązaniem jest, gdy dowódca sam określi układ odprawy decyzyjnej, tzn.: kto? co? powinien przedstawić w jej trakcie – szef sztabu odprawę tą tylko zorganizuje. W odprawie tej mogą wziąć udział dowódcy brygad (równorzędni) wykonujący zadania w rejonie kluczowym (punkcie ciężkości), na pozycji przedniej lub też wyznaczeni zgodnie z decyzją dowódcy dywizji. Przykładowy algorytm przedstawiający przebieg odprawy decyzyjnej przedstawiono na rysunku 4.7.

---

[43] Ogólna metodyka przeprowadzenia odprawy decyzyjnej przedstawiona jest w: Michniak J. i inni, Metody i treść pracy zespołów funkcjonalnych na stanowisku dowodzenia wojsk lądowych, wyd. AON, Warszawa 2000.



Rys. 4.7. Przykładowy algorytm odprawy decyzyjnej.
Źródło: Środowisko zautomatyzowanych systemów dowodzenia szczebla taktycznego, AON Warszawa 2001.

W przypadku, gdy o układzie odprawy decyzyjnej będzie decydował szef sztabu, powinien on wziąć pod uwagę czynności w których wcześniej brał udział dowódca osobiście, gdyż wnioski z tych czynności mogą zostać pominięte, w celu poświęcenia więcej czasu na zasadniczy cel odprawy decyzyjnej, podjęcie przez dowódcę decyzji i wygłoszenie przez niego zamiaru.

Bezpośrednio po odprawie następuje tworzenie planu walki – gdyż etap ten jest ściśle powiązany z przedsięwzięciami z odprawy decyzyjnej. Postępowanie takie jest oczywiście związane z technologią tworzenia planu operacji, którym jest część graficzna wariantu działania zaakceptowanego przez dowódcę i uzupełniona o dane z jego zamiaru[44].

W algorytmie tym przedstawiono również sytuację, gdy dowódca nie decyduje się na żaden z wariantów opracowanych w zespole planowania, ale jest to sytuacja tylko hipotetyczna, ponieważ zakłada się, że dowództwo dysponując: czasem, doświadczeniem, specjalistami z różnych dziedzin wiedzy wojskowej, procedurami, i informacjami, jest w stanie opracować najlepsze z możliwych sposoby wykonania zadania, wykorzystujące maksymalnie własne możliwości, teren i słabości przeciwnika, minimalizując przy tym poniesione straty i ryzyko związane z wykonaniem zadania.

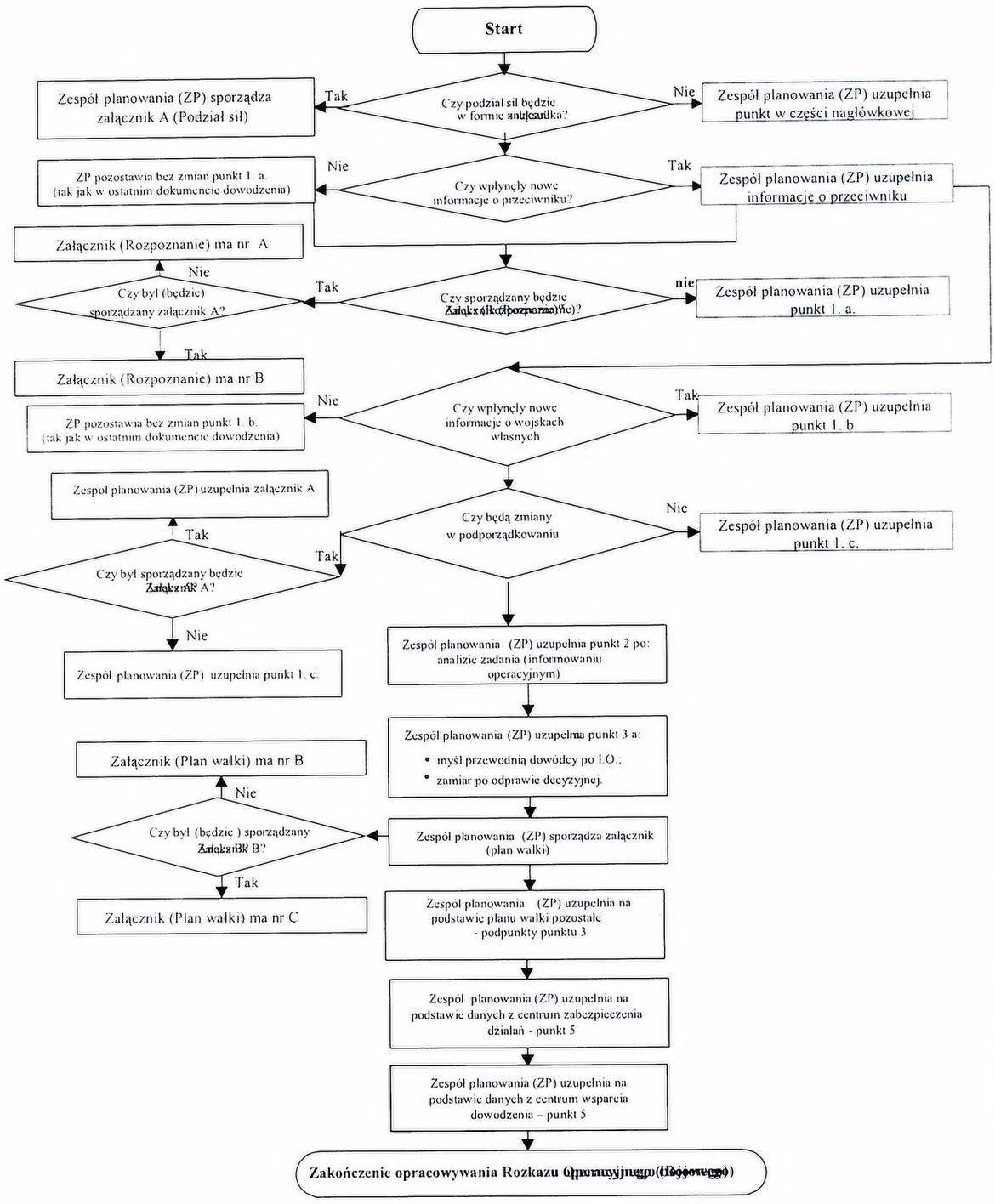
4.3.3. OPRACOWANIE ROZKAZU OPERACYJNEGO (BOJOWEGO)

Ostatnim etapem fazy planowania jest sporządzenie rozkazu operacyjnego (bojowego). Mimo tego, że etap ten stwarza duże trudności podczas algorytmizacji poszczególnych czynności, to w literaturze problemu [21,16,30,51] można spotkać rozwiązania tego problemu. Na rysunku 4.8. przedstawiono przykładowy algorytm opracowania rozkazu operacyjnego (bojowego). Czynność tą trudno jest algorytmizować, można natomiast przedstawić sposób postępowania, przy wypełnianiu poszczególnych punktów rozkazu oraz uzupełnianiu ich załącznikami.

Z obserwacji pracy dowództw wynika, że tworzenie rozkazu operacyjnego, jest etapem praktycznie trwającym przez całą fazę planowania, natomiast w trakcie etapu sporządzenie rozkazu operacyjnego jest on (rozkaz operacyjny) kończony. Można dodać tylko, że informacje do punktów 1a i 1b opracowywane są na podstawie otrzymywanych dokumentów dowodzenia od przełożonego i w związku z tym ich treść nie jest ściśle związana z wnioskami wypracowywanymi w trakcie fazy planowania. Dlatego też punkty te

[44]Za opracowanie planu działań (operacji) odpowiada bezpośrednio zespół planowania.

mogą być uzupełniane dużo wcześniej w zależności od tego kiedy otrzymaliśmy ostatnie dane. Mimo, że bezpośrednią odpowiedzialność za jego opracowanie zespół planowania to podpisuje go i wydaje dowódca dywizji.



Rys. 4.8. Przykładowy algorytm opracowania rozkazu operacyjnego.
Źródło: Środowisko zautomatyzowanych systemów dowodzenia szczebla taktycznego, AON Warszawa 2001.

4.4. MODEL STAWIANIA ZADAŃ

Sposób postawienia zadań może być różny i będzie zależał od wielu czynników (m. in.: od posiadanego czasu, stopnia doświadczenia i wyszkolenia dowództw, stanu posiadania i poziomu technicznych środków łączności i wspomagania procesu dowodzenia).

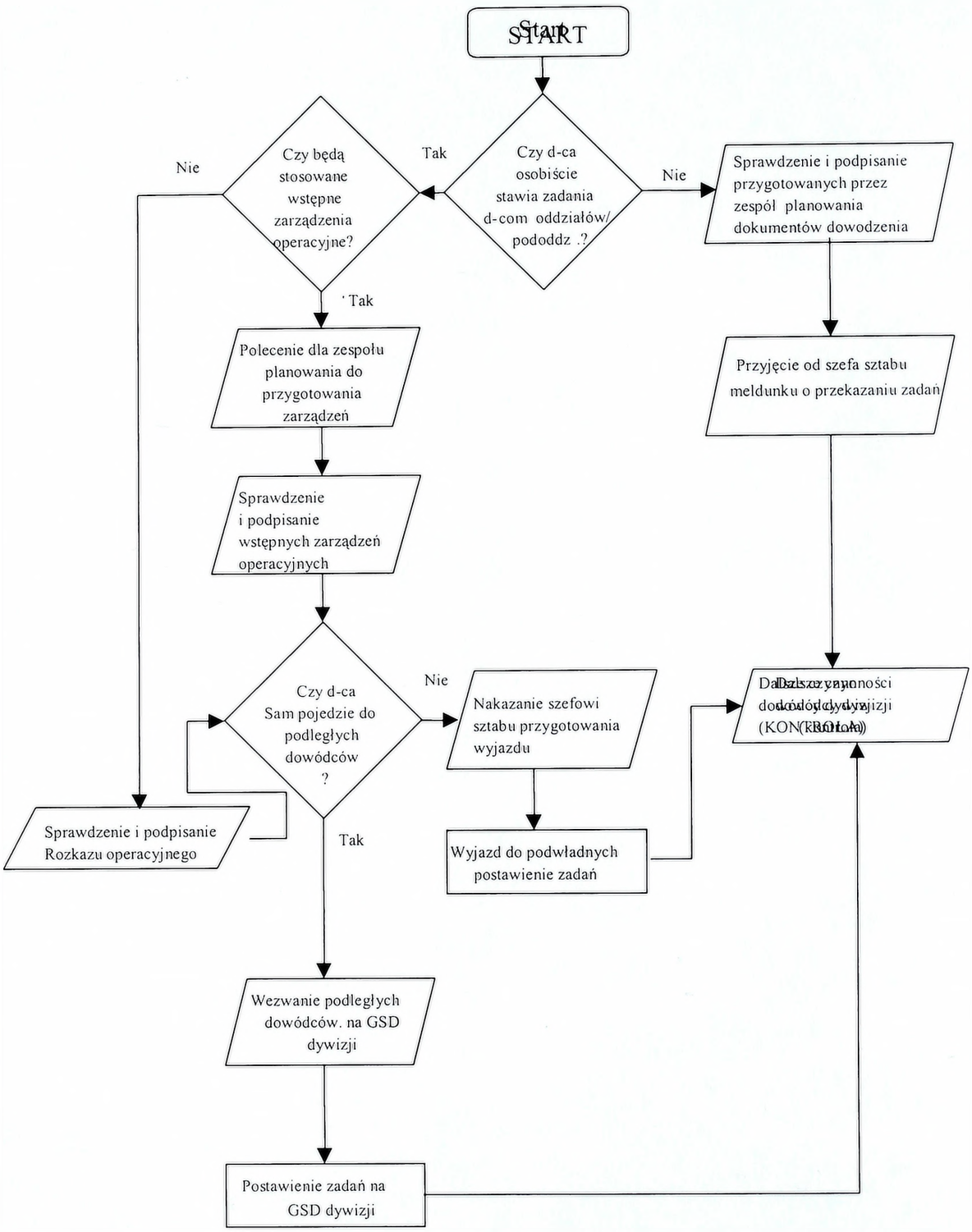
Stawianie zadań jest kolejną (trzecią) fazą cyklu procesu dowodzenia. Polega na doprowadzeniu do wykonawców zadań wynikających z decyzji podjętej przez dowódcę. Formalnie rozpoczyna się ona po zakończeniu opracowywania pełnego rozkazu operacyjnego wraz z niezbędnymi załącznikami i uzupełnieniami. Zgodnie jednak z przyjętą procedurą dowodzenia podwładni mogą otrzymać zadania bojowe wcześniej w formie zarządzenia przygotowawczego (ZP), wstępnego zarządzenia operacyjnego (WZO). Wówczas faza ta rozpocznie się praktycznie nieco wcześniej – po sporządzeniu planu działania (walki), a więc na jego podstawie niezbędnych WZO.

Z doświadczeń ćwiczeń prowadzonych w AON, wynika, iż najlepszym sposobem postawienia zadań jest osobiste ich przekazanie podwładnym przez dowódcę. Osobisty kontakt przełożonego i podwładnego pozwala na dokładne przekazanie zadania oraz umożliwia szybkie i jednoznaczne wyjaśnienie niejasności lub wątpliwości. Daje też dowódcy możliwość sprawdzenia czy podwładni właściwie zrozumieli postawione im zadania.

W zależności jednak od sytuacji dowódca dywizji musi zdecydować o sposobie doprowadzenia tych informacji (zadań) do podwładnych. Może on osobiście przekazać je podwładnym lub pozostawić to oficerom swojego sztabu. Jeżeli zespół planowania GSD dywizji przygotowuje wstępne zarządzenie operacyjne, po jego sporządzeniu dowódca sprawdza je i podpisuje. W przypadku gdy wstępne zarządzenie operacyjne nie jest stosowane, dowódca przechodzi od razu do sprawdzenia i podpisania rozkazu operacyjnego. Samo doprowadzenie zadań do wykonawców może być rozwiązane poprzez:

- osobisty kontakt dowódcy dywizji z dowódcami oddziałów/pododdziałów;
- na GSD dywizji;
- na SD podwładnych;
- przekazanie zadań w imieniu dowódcy poprzez oficerów sztabu dywizji;

Na rysunku 4.9. przedstawiono przykładowy algorytm przebiegu pracy dowódcy dywizji w trakcie trwania fazy stawiania zadań.



Rys. 4.9. Przykładowy algorytm przebiegu pracy dowódcy dywizji w trakcie stawiania zadań.*Źródło: Środowisko zautomatyzowanych systemów dowodzenia szczebla taktycznego, AON Warszawa 2001.*

Z praktyki dowództw wynika również, iż w wypadku braku czasu stawianie zadań na miejsce po zakończeniu odprawy decyzyjnej, w której w takiej sytuacji biorą udział podlegli dowódcy. Pomimo, iż rozkaz operacyjny nie jest jeszcze gotowy, otrzymują oni ustne zadania od dowódcy i jeżeli jest to możliwe, kopie oleatów z wariantem działania wybranym przez dowódcę. Z formalnego punktu widzenia jest to wydanie ustnych wstępnych zarządzeń operacyjnych. Porządek stawiania zadań (po podjęciu przez dowódcę decyzji i ogłoszeniu zamiaru) jest analogiczny do przedstawionego powyżej. Wymagane jest jednak przekazanie pisemnego (pisemno – graficznego, graficznego) dokumentu dowodzenia dostarczonego adresatowi tak szybko, jak to jest możliwe.

4.5. MODEL KONTROLI

Czynności wykonywane w ramach kontroli, będącej ostatnią fazę cyklu decyzyjnego procesu dowodzenia umożliwiają zapewnienie ciągłości tego cyklu. Rezultaty kontroli stanowią także podstawę do uaktualniania posiadanych danych o sytuacji, a głównie ustalania położenia i realizacji kolejnych faz cyklu.

Zakładane cele kontroli najczęściej dotyczą sprawdzenia efektów (skutków) dotychczasowego planowania, wpływają na racjonalne postawienie zadań oraz sposoby ich wprowadzania w życie.

Z badań wynika, że za realizację procesu kontroli odpowiedzialny jest dowódca dywizji. Kontrola powinna być realizowana przez:

- ustanowienie elementów kontroli;
- organizację synchronizacji działań;
- monitorowanie sytuacji;
- podejmowanie działań mających na celu zmniejszenie różnicy pomiędzy stanem zaplanowanym a rzeczywistym.

Kontrola wykonania zadań jest więc **istotną częścią działań podejmowanych w tej fazie cyklu, a jej cechą szczególną jest to, że należy postrzegać ją w dwóch aspektach: przeciwnik – wojska własne.**

W pierwszym wypadku konieczne jest określenie, w jaki sposób realizowane przedsięwzięcia mogą oddziaływać na funkcjonowanie systemu walki przeciwnika, a tym samym uzyskanie odpowiedzi na pytania:

- w jaki sposób przeciwnik ocenia nasze działania w zakresie zapewnienia bezpieczeństwa informacji?
- do jakich wniosków mogą lub powinny go skłonić przedsięwzięcia podejmowane w dywizji?

W drugim wypadku należy wykryć i usunąć niedociągnięcia powstałe w czasie realizacji zadań przez podległe oddziały i pododdziały.

Z powyższego wynika, że bardzo ważną rolę podczas kontroli realizacji tych zadań odgrywa **monitorowanie sytuacji**. W tym celu powinny być wykorzystywane dane:

- z meldunków od podwładnych;
- z wizyt dowódcy (oficerów sztabu) u podległych mu wojsk;
- od wysyłanych grup kontrolnych specjalistów rodzajów wojsk oraz organizowanych po linii funkcjonalnej;
- z elementów (punktów) zarządzania i kierowania bieżącym funkcjonowaniem poszczególnych elementów.

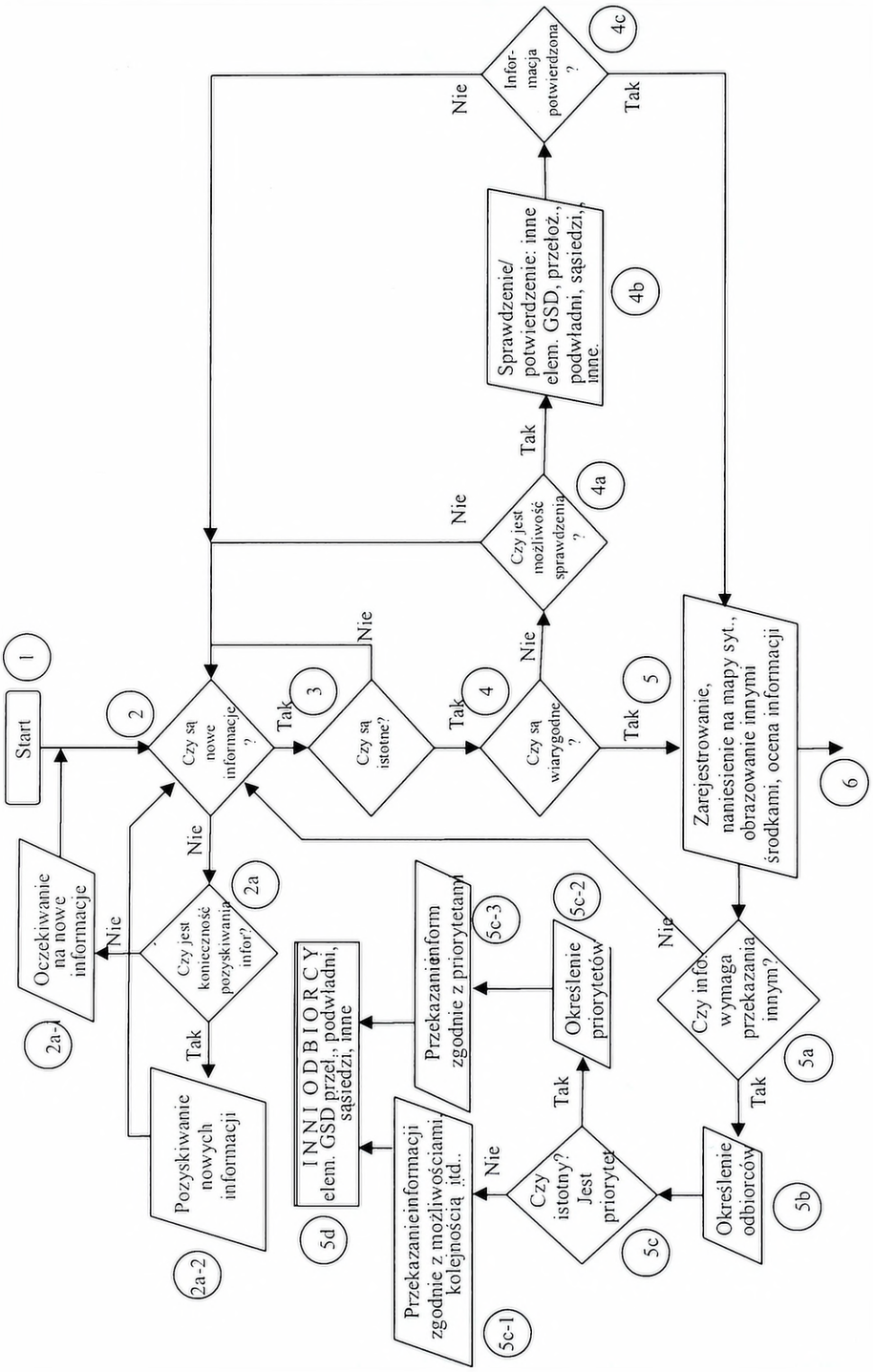
Meldunki od podwładnych obejmują zarówno meldunki terminowe jak i doraźne i stanowią podstawę do ciągłej aktualizacji danych o sytuacji.

Wizyty dowódcy w podległych wojskach stanowią efektywne narzędzie kontroli w rękach każdego dowódcy. Pozwalają im przekonać się osobiście jak przebiega realizacja rozkazów, które wydali oraz w jakim stanie fizycznym i moralnym znajdują się ich podwładni. Zapewniają także warunki do najbardziej realnej oceny zdolności bojowej podległych sił.

Grupy kontrolne specjalistów rodzajów wojsk oraz organizowane po linii funkcjonalnej są szczególnie użyteczne w przypadku niejasnych lub skomplikowanych sytuacji potęgowanych brakiem meldunków od podwładnych. Formowane z oficerów sztabu, wysyłane są w celu upewnienia dowódcy, iż jego rozkazy zostały odebrane i są we właściwy sposób realizowane. Kontrole po linii funkcjonalnej są szczególnie przydatne w zakresie oceny funkcjonowania systemu dowodzenia i sieci łączności, ich zabezpieczenia bojowego i logistycznego.

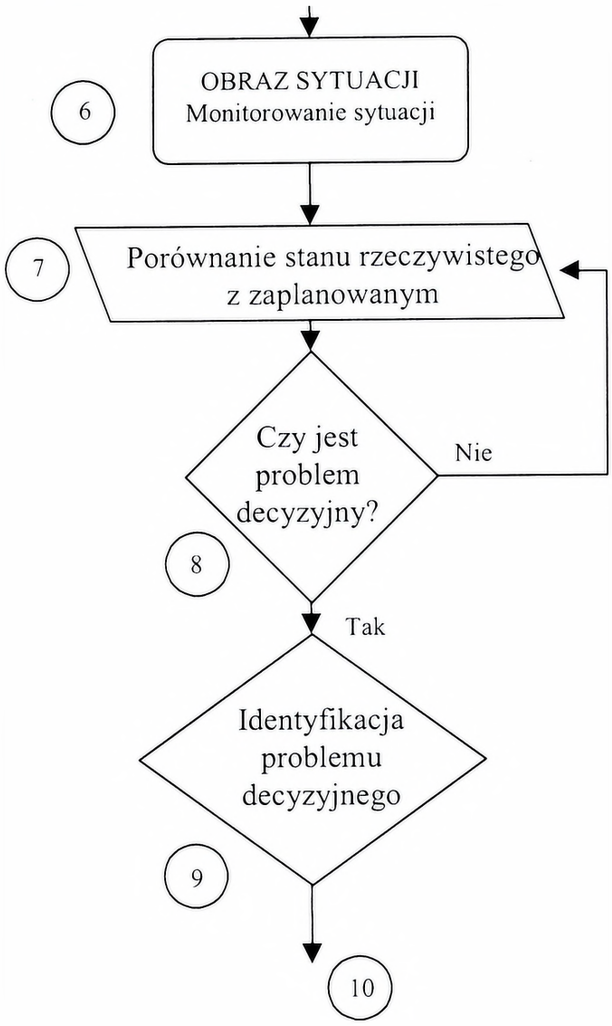
Analizując fazę kontroli w kontekście modelowania sytuacji decyzyjnych można postawić tezę, że dla dowódcy i zespołu dowodzenia GSD dywizji faza ta, podobnie jak faza ustalania położenia ma więc charakter ciągły. Do momentu zarejestrowania pozyskanych informacji, naniesienia na mapy sytuacyjne lub zobrazowania innymi środkami, czynności dowódcy dywizji i zespołu dowodzenia w ramach kontroli pokrywają się z ustalaniem

położenia (por. rys. 4.3– czynności 1-5). Na rysunku 4.10. przedstawiono algorytm dalszej pracy dowódcy i zespołu dowodzenia GSD dywizji, związanej z fazą i funkcją kontroli.



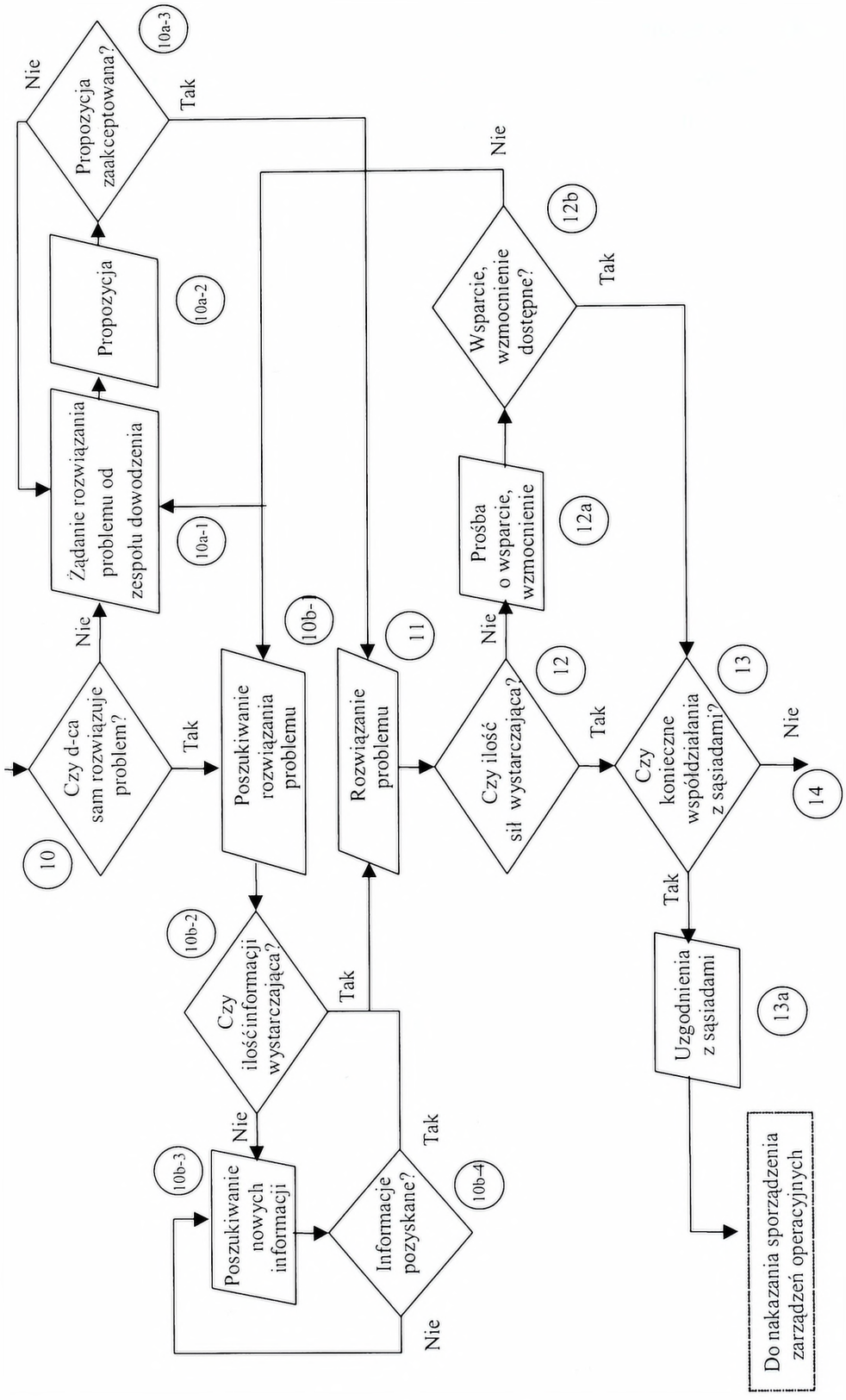
Rys. 4.10. Przykładowy algorytm pracy dowódcy i zespołu dowodzenia GSD dywizji, w fazie kontroli (cz.1.).

Źródło: Środowisko zautomatyzowanych systemów dowodzenia szczebla taktycznego, AON Warszawa 2001.



Rys. 4.10. Przykładowy algorytm pracy dowódcy i zespołu dowodzenia GSD dywizji, w fazie kontroli (cz.2.).
Źródło: Środowisko zautomatyzowanych systemów dowodzenia szczebla taktycznego, AON Warszawa 2001.

Monitorowana sytuacja pozwala na porównanie stanu zaplanowanego z rzeczywistym, a tym samym umożliwia sformułowanie odpowiedzi na pytanie czy pojawił się problem decyzyjny (czynności 6-8). Jeżeli tak, zachodzi konieczność jego identyfikacji, tzn. jednoznacznego sformułowania problemu (czynność 9). Dowódca dywizji musi następnie wybrać czy sam rozwiąże ten problem, czy też zażąda propozycji jego rozwiązania od zespołu dowodzenia. Niezależnie od tego, potencjalny sposób rozwiązania problemu musi być następnie oceniony pod kątem posiadanego potencjału i ewentualnego wsparcia przez szczebel nadrzędny. Jeżeli ilość sił / środków okaże się niewystarczająca, a wsparcie niedostępne, zachodzi konieczność powrotu do czynności poszukiwania rozwiązania problemu.



Rys. 4.10. Przykładowy algorytm pracy dowódcy i zespołu dowodzenia GSD dywizji, w fazie kontroli (cz.3.)

Źródło: Środowisko zautomatyzowanych systemów dowodzenia szczebla taktycznego, AON Warszawa 2001.

Jeżeli rozwiązanie jest realne, należy ustalić ewentualną konieczność współdziałania z sąsiadami i jeżeli konieczność taka wystąpi, nawiązać kontakt z sąsiednimi elementami w celu dokonania niezbędnych uzgodnień (czynności 10-13). Zidentyfikowany sposób rozwiązania problemu decyzyjnego jest następnie przygotowywany przez zespół dowodzenia SD brygady/dywizji w postaci zarządzeń operacyjnych i doprowadzany do wykonawców (czynności 14-16).

Kolejnym zagadnieniem jest pozyskiwanie informacji o konsekwencjach wprowadzenia w życie zarządzeń, czyli powrót do pierwszego pytania algorytmu – „czy są nowe informacje?" (czynność 17). Odpowiedź na to pytanie powoduje powtórzenie cyklu kontroli zgodnie z przedstawionym algorytmem.

W konkluzji można podkreślić iż cechą typową procesu kontroli w obszarze szeroko rozumianego dowodzenia powinno być wykraczanie poza ramy konkretnych działań wojsk, tzn. że kontrola powinna być prowadzona w okresach przygotowawczych, w toku prowadzenia działań (obronnych, zaczepnych, itp.) jak i po ich zakończeniu. Wynika to z faktu, że przedsięwzięcia realizowane w fazie kontroli na potrzeby działań bieżących, muszą być również ukierunkowane na prowadzenie przez wojska przewidywanych przyszłych działań. Pozwoli to na przystąpienie do kolejnego cyklu decyzyjnego z określonym potencjałem danych na potrzeby kolejnego ustalenia położenia.

ZAKOŃCZENIE I WNIOSKI

Przeprowadzone w ramach pracy badawczej badania ugruntowały przekonanie zespołu autorskiego o potrzebie i aktualności ich podjęcia. Zaprezentowane w czterech rozdziałach merytorycznych wyniki obejmują metodologiczne podstaw budowy modeli, wybrane metody analiz wielokryterialnych, wielokryterialne modele sytuacji decyzyjnych oraz wybrane problemy modelowania procesu decyzyjnego na przykładzie sytuacji decyzyjnych w dowództwie związku taktycznego wojsk lądowych.

Zakres badań i zastosowane metody badawcze pozwoliły na osiągnięcie założonego celu badań, realizację zadań badawczych i końcową weryfikację hipotezy roboczej. Praca stanowi, zdaniem autorów, znaczący wkład w rozwiązanie problemu systematyzowania i modelowania sytuacji decyzyjnych wynikających z uwarunkowań współczesnego, cyfrowego pola walki. Zawiera więc wyniki badań, które mają wymierne walory zarówno poznawcze jak i utylitarne. Treści przedstawione w pracy nie stanowią jednak pełnego i wyczerpującego rozwiązania problemów wynikających z modelowania procesów i sytuacji decyzyjnych na współczesnym polu walki. Przedstawione poglądy i rozwiązania mogą stanowić asumpt do podejmowania dalszych działań tym obszarze. Konieczność ta wynika zarówno z charakteru głównego problemu badawczego, który jest problemem otwartym, jak też z istnienia w jego otoczeniu wielu nie opracowanych naukowo problemów.

Podejmując w następnej kolejności problematykę projektowania koncepcyjnego modelowania sytuacji decyzyjnych należy mieć na uwadze, że w niedługim czasie proces dowodzenia w związku taktycznym będzie zautomatyzowany[45]. O słuszności powyższej tezy dobitnie świadczą wnioski z wojny w rejonie Zatoki Perskiej, gdzie wykorzystane przez wojska koalicji antyirackiej nowe technologie, głównie w dziedzinie automatyzacji, informatyzacji dowodzenia i kierowania uzbrojeniem doprowadziły do sytuacji, w której Irak przegrał wojnę zanim ona się na dobre rozpoczęła.

W aspekcie powyższego, podczas automatyzacji procesu dowodzenia należy mieć świadomość, że współczesnym wyzwaniem nie jest nowoczesny sposób przetwarzania danych przy pomocy indywidualnych komputerów lub w lokalnym podsystemie, lecz włączenie ich do pracy sieciowej. Z badań poziomu automatyzacji dowodzenia w armiach

[45] Uważa się, że zautomatyzowany system dowodzenia będzie niefunkcjonalny, jeżeli jego budowa oparta jest na nieperspektywicznych rozwiązaniach strukturalno-organizacyjnych. Współczesne wymagania oraz aspekty interoperacyjności stwarzają konieczność dążenia do jego funkcjonalnej standaryzacji i integracji wszystkich elementów przygotowania wojsk oraz kierowania nimi w działaniach bojowych.

państw zachodnich [22,52], a także naszych projektów koncepcyjnych[46] wynika, że ich rdzeniem jest wspólny dla wszystkich komórek dowództw pakiet realizacji zadań ogólnosystemowych oraz powiązane z nim pakiety realizacji zadań specjalistycznych.

W celu automatyzacji cyklu decyzyjnego należy zatem wyposażyć zautomatyzowane miejsca pracy poszczególnych zespołów funkcjonalnych w sprzężone sieciami teleinformatycznymi pakiety informatyczne:

- pakiet grafiki operacyjnej, obrazujący:
  a) otrzymane zadanie oraz położenie podległych jednostek,
  b) położenie wojsk przeciwnika,
  c) otrzymane i planowane zadania,
  d) wykonanie części graficznej planów działania, użycia wojsk itp.,
  e) inne;
- baza danych o siłach i środkach, obejmująca:
  a) przeciwnika,
  b) wojska własne,
  c) możliwości ogniowe, taktyczno-bojowe,
  d) analizy stosunku sił,
  e) potrzeby w siłach i środkach,
  f) inne;
- baza danych operacyjnego przygotowania terenu, definiująca istniejące uwarunkowania wpływu czynników pola walki:
  a) terenu,
  b) infrastruktury,
  c) warunków meteorologicznych,
  d) zagrożeń skażeniami przemysłowymi,
  e) inne;
- moduł symulacji działań bojowych i zobrazowania dynamiki walki (ogólnosystemowy i specjalistyczne), umożliwiający prowadzenie:
  a) wariantowania działań przeciwnika,
  b) wariantowania działania wojsk korpusu,
  c) porównanie wariantów działania,
  d) inne;

---

[46]Projekt koncepcyjny zautomatyzowanego systemu dowodzenia wojskami lądowymi „Kolorado", wyd.

- pakiety specjalistycznych zadań użytkowych, wykorzystywane przez oficerów rodzajów wojsk do specjalistycznych analiz, prognoz[47], zestawień i kalkulacji operacyjno taktycznych;
- moduł zabezpieczenia logistycznego, umożliwiający realizację zadań i przeprowadzenia niezbędnych kalkulacji w zakresie zabezpieczenia logistycznego wojsk;
- edytor sformalizowanych dokumentów bojowych, służący do edycji i przesyłania zarządzeń przygotowawczych, wstępnych zarządzeń operacyjnych, rozkazów operacyjnych wraz z aneksami i apendyksami;
- pakiet sieciowych usług ogólnosystemowych, umożliwiający wymianę danych pomiędzy zespołami funkcyjnymi SD oraz z otoczeniem zewnętrznym.

Należy nadmienić, że potrzeba przyjęcia takiego kierunku, który jednoznacznie kojarzy się cyfryzacją pola walki wychodzi naprzeciw dynamicznemu wzrostowi mocy obliczeniowej komputerów oraz sieci transmisji danych znajdujących się obecnie na etapie projektowania.

Przedstawione poglądy i sugestie autorów stanowią solidną bazę do podejmowania praktycznych rozwiązań w obszarze modelowania działań bojowych, modelowania sytuacji decyzyjnych, komputerowego wspomagania podejmowania decyzji czy też automatyzacji procesu dowodzenia. Czy zostaną one wykorzystane w działalności praktycznej? Pozytywną odpowiedź na to pytanie przyniesie, zdaniem autorów, niedaleka przyszłość.

Centrum Informatyki Sztabu Generalnego WP, Warszawa 1997.

[47]: Janczak J. Modelowanie symulacyjne zagrożenia elektronicznego mobilnego systemu łączności związku operacyjnego wojsk lądowych, wyd. AON, Warszawa 2000.

BIBLIOGRAFIA

1. AAP- 6 NATO Glossary of Terms and Definition.
2. ATP-3.2 Land Operations, Brussels, MAS 2001
3. Bellinger B., Quantifizierung, Bewertung und Bestgestaltung betrieblicher Rechtsbeziehungen, Berliner Wissenschaftliche Gesollschaft e.V., Jahrbuch 1978.
4. Chyliński A., Metoda Monte Carlo w bankowości, wyd. TWIGGER S.A., Warszawa 1999.
5. Czerwiński Z., Guzik B., Prognozowanie ekonometryczne, wyd. PWE, Warszawa 1980.
6. Dittmann P., Metody prognozowania sprzedaży w przedsiębiorstwie, wyd. AE, Wrocław 1996.
7. Fahrmeir L., Tutz G., Multivariate Statistical Modelling Based on Generalized Linear Models, ed. Springer, New York 2001.
8. Gatnar E., Symboliczne metody klasyfikacji danych, wyd. PWN, Warszawa 1998.
9. Grabiński T., Wydymus S., Zeliaś A., Metody taksonomii numerycznej w modelowaniu zjawisk społeczno-gospodarczych, wyd. PWN, Warszawa 1989.
10. Grobler A., Prawda a racjonalność naukowa, wyd. Iner Esse, Kraków 1993.
11. Gutenbaum J., Modelowanie matematyczne systemów, wyd. OMNITECH PRESS, Warszawa 1992.
12. Heermann D.W., Podstawy symulacji komputerowych w fizyce, wyd. WNT, Warszawa 1997.
13. Hipsz S., Karolak Z., Olearczuk E., Jak powstaje technika wojskowa, wyd. MON, Warszawa 1981.
14. Hotelling H., Differential Equations Subject to Errors and Population Estimates, Journal of the American Statistical Association, 1927.
15. Janicki A., Izydorczyk A., Komputerowe metody w modelowaniu stochastycznym, wyd. WNT, Warszawa 2001.
16. Janczak J., Wisz A., Metody i treść pracy dowództw jednostek wsparcia dowodzenia, wyd. AON, Warszawa 2004.
17. Jaskulski P., Taksonomia numeryczna, wprowadzenie do problematyki klasyfikacji", Biuletyn Antropologiczny Tom 1. 1997.
18. Kaczmarek W., Ścibiorek Z., Przyszłe pole walki, Warszawa, wyd. AON 1995.
19. Kieżun W., Sprawne zarządzanie organizacją, wyd. SGH, Warszawa 1997.
20. Klawitter Z., Metody i treść pracy zespołów funkcjonalnych na stanowisku dowodzenia wojsk lądowych Cz. IV. Odprawa koordynacyjna, wyd. AON, Warszawa 2001.
21. Klawitter Z., Prusiński N., Metody i treść pracy zespołów funkcjonalnych na stanowisku dowodzenia wojsk lądowych Cz. IV. Opracowanie planu działania i rozkazu operacyjnego, wyd. AON, Warszawa 2001.
22. Koncepcja automatyzacji procesu dowodzenia na szczeblu brygady (BZ, BPanc) i dywizji (DZ,DPanc), praca zbiorowa pod redakcją J. Michniak, wyd. AON, Warszawa1999.
23. Kotarbiński T., Z zagadnień ogólnej teorii walki, wyd. Sekcji Psychologicznej Towarzystwa Wiedzy Wojskowej, Warszawa 1938.
24. Kręcikij J., Metodyka pracy sekcji dowodzenia stanowiska dowodzenia oddziału i związku taktycznego, wyd. AON, Warszawa 2002.
25. Kręcikij J., Współczesne kierowanie wojskami. Proces dowodzenia, wyd. AON, Warszawa 2002.
26. Kręcikij J., Strzoda M., Sporządzanie i wykorzystanie graficznych dokumentów dowodzenia. Mapy sytuacyjne, wyd. AON, Warszawa 1998.

27. Kręcikij J., Strzoda M., Sporządzanie i wykorzystanie graficznych dokumentów dowodzenia. Aneks (Plan działania) do rozkazu operacyjnego, wyd. AON, Warszawa 1999.
28. Kręcikij J., Wołejszo J., Rozważenie wariantów działania metodą symulacji, Warszawa, AON 1999.
29. Kwiatek L., Pokorski G., Sobiech G., Model funkcjonalny systemu operacyjno-dowódczego ZSyD", materiał z Konferencji Naukowej „Automatyzacja Dowodzenia – Jelenia Góra 1998".
30. Michniak J. i inni, Metody i treści pracy zespołów funkcjonalnych na stanowiskach dowodzenia wojsk lądowych, wyd. AON, Warszawa 2000.
31. Michniak J, Wisz A., Środowisko zautomatyzowanych systemów dowodzenia szczebla taktycznego, wyd. AON, Warszawa 2001.
32. Nowak E., Metody taksonomiczne w klasyfikacji obiektów społeczno-gospodarczych, wyd. PWE, Warszawa 1990.
33. Pakiet norm obronnych regulujących zasady pracy oficerów w procesie dowodzenia wojskami., wyd. AON, Warszawa 1999.
34. Paluchiewicz B., Analiza matematyczna, wyd. KT, Kraków 2003.
35. Pawłowski Z., Teoria prognozy ekonomertrycznej, wyd. PWN, Warszawa 1974.
36. Pelc M., Wybrane problemy metodologiczne wojskowych badań naukowych, wyd. AON, Warszawa 1998.
37. Regulamin działań Wojsk Lądowych, wyd. DWLąd., Warszawa 1999.
37. Sienkiewicz P., Analiza systemowa, wyd. Bellona, Warszawa 1994.
38. Sienkiewicz P. i inni, Podstawy analizy i inżynierii systemów, t.2, wyd. AON 2002.
39. Smolik S., Wyznaczanie parametrów krzywej logistycznej, Przegląd statystyczny R.XXXII- zeszyt 4-1985.
40. Spustek H., Analiza błędów w badaniach wojskowych, Zeszyty Naukowe ,wyd. AON Nr 2(39) 2000.
41. Stoner J., i inni, Kierowanie, wyd. PWE, Warszawa, 2001.
42. Strzoda M., Metody i treść pracy zespołów funkcjonalnych na stanowisku dowodzenia wojsk lądowych Cz. IV. Opracowanie wariantów działania, wyd. AON, Warszawa 2001.
43. Strzoda M., Metody i treść pracy zespołów funkcjonalnych na stanowisku dowodzenia wojsk lądowych Cz. IV. Porównanie wariantów działania, wyd. AON, Warszawa 2001.
44. Strzoda M., Prusiński N., Metody i treść pracy zespołów funkcjonalnych na stanowisku dowodzenia wojsk lądowych Cz. IV. Ustalenie położenia i meldunek sytuacyjny, wyd. AON, Warszawa 2001.
45. Ścibiorek Z., Podejmowanie decyzji, Agencja Wydawnicza Ulmak, Warszawa 2003.
46. Wołejszo J., Metody i treść pracy zespołów funkcjonalnych na stanowisku dowodzenia wojsk lądowych Cz. IV. Rekonesans, wyd. AON, Warszawa 2001.
47. Wołejszo J., Metody i treść pracy zespołów funkcjonalnych na stanowisku dowodzenia wojsk lądowych Cz. IV. Rozważanie wariantów działania, wyd. AON, Warszawa 2001.
48. Wołejszo J., Trembecki J. Metody i treść pracy zespołów funkcjonalnych na stanowisku dowodzenia wojsk lądowych Cz. IV. Analiza zadania i informowanie operacyjne, wyd. AON, Warszawa 2001.
49. Założenia na oprogramowanie instalacji pilotowej PZSD ZT, Etap II, wyd. PIT, Warszawa 2000.
50. Zasady przygotowania i opracowywania podstawowych dokumentów dowodzenia, wyd. Szt. Gen. WP, Warszawa 2002.
51. Zaskórski P., Automatyzacja procesów dowodzenia, Wydawnictwo Adam Marszałek, Toruń 2001.
52. Zieleniewski J., „Organizacja zespołów ludzkich. Wstęp do teorii organizacji i kierowania", wyd. PWE, Warszawa 1992.

BIBLIOTEKA GŁÓWNA - ARCHIWUM
Nr ewid. 57800
Akademii Obrony Narodowej