

УДК 623.765:681.513.6

М.І. Литвиненко

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## МЕТОД ОРГАНІЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ ВІЙСЬКАМИ ТА ОЗБРОЄННЯМ З ВИКОРИСТАННЯМ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В ПЕРСПЕКТИВНИХ КОМПЛЕКСАХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ АВІАЦІЄЮ ТА ППО ПОВІТРЯНИХ СИЛ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

*Запропоновано метод організації управління військами та озброєнням в перспективних автоматизованих системах управління з використанням системи підтримки прийняття рішень.*

**Ключові слова:** управління, системи підтримки прийняття рішень, комплекси засобів автоматизації, формалізація знань.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Однією з вирішальних умов організації і успішного застосування військ та сил Повітряних Сил Збройних Сил України при вирішенні задач протиповітряної оборони об'єктів, своїх військ є обґрунтоване та своєчасне прийняття рішень відповідними особами бойових розрахунків (ОБР) центрів управління та оповіщення (ЦУО). Невизначеність, динамічність зміни повітряної обстановки, жорсткі часові рамки при виробі рішень в умовах необхідності обробки великих об'ємів інформації про повітряну обстановку (ПО) свідчать про необхідність підвищення ефективності діяльності ОБР. При цьому слід зазначити, що використання автоматизованих систем управління для вирішення задач управління військами та озброєнням не може значною мірою підвищити оперативність роботи ОБР. Це пов'язано з тим, що існує суттєве обмеження ОБР по об'єму інформації, яку вони можуть обробити в одиницю часу. Виникає потреба впровадження спеціальних систем обробки інформації про повітряного противника, свої сили та інше, яка б надавала ОБР узагальнену інформацію про обстановку, що склалася та дозволила сконцентрувати увагу на вирішенні головних задач, які визначені для кожної ОБР.

В ході бойової роботи ОБР ЦУО вирішують наступні головні задачі [2]:

1. Одержання, систематизація та постійний аналіз зведень і висновків про противника, які надходять з вищестоящих штабів, та добуваються своїми засобами з наступним їхнім уточненням.

2. Оцінка оперативно-тактичної обстановки, що склалася.

3. Уточнення ймовірного розподілу засобів повітряного нападу (ЗПН) противника по напрямках дій і об'єктам ударів з урахуванням конкретних умов і поточних змін обстановки.

4. Розробка варіантів дій своїх сил та засобів в залежності від дій повітряного противника.

5. Аналіз, оцінка й уточнення розроблених варіантів, виходячи з задуму дій противника, та ін.

Вирішення даних задач це складний процес, який включає в себе як оцінку даних про повітряного противника, свої сили і засоби, так і підготовку, на основі одержаної інформації, рекомендацій по вибору варіанту ведення бойових дій. Це зумовлює доцільність використання для їх вирішення систем підтримки прийняття рішень (СППР) [1]. При цьому повинні бути вирішені задачі формалізації знань про процес вирішення розглянутих вище задач.

Таким чином, розробка методу організації управління військами та озброєнням з використанням системи підтримки прийняття рішень в перспективних комплексах засобів автоматизації управління авіацією та ППО Повітряних Сил Збройних Сил України, є актуальною.

**Аналіз літератури.** У відомій літературі досить широко розглянуті методи формалізації знань про процес вирішення складних задач [1 – 3]. В них, при вирішенні задач обробки даних, фізична невизначеність враховується за допомогою методів теорії ймовірностей та математичної статистики [1, 2]. В логічних системах [3, 4] знання та дані розглядаються як логічні змінні, а відомості апріорного характеру про особливості предметної області представлені у вигляді булевих відношень. В наслідок значних розрахункових затрат, дані методи не можуть бути використані для вирішення розглянутих задач. В роботі [4] запропоновано розглядати процес обробки знань про предметну область як узгоджену фільтрацію, що обмежує область використання даних методів для вирішення задач розпізнавання та класифікації. Аналіз літератури показує, що методи формалізації знань, які використовуються для обробки інформації в СППР не придатні до використання в перспективних АСУ військами та озброєнням в наслідок обмежених описових можливостей цих методів та великих затрат часу на їх реалізацію. Це обумовлює необхідність вдосконалення методів формалізації знань про процес вирішення

задач пов'язаних з оцінкою оперативного-тактичної обстановки, оцінки дій повітряного противника, та проведення аналізу структури діяльності ОБР за умови використання СППР.

**Мета статті.** В статті наводиться метод організації управління військами та озброєнням з використанням системи підтримки прийняття рішень в перспективних комплексах засобів автоматизації управління авіацією та ППО Повітряних Сил Збройних Сил України.

## Основний розділ

Усі ЦУО повинні бути інтегровані між собою та з Центром повітряних операцій (ЦПО) за допомогою сучасних систем зв'язку та апаратури передачі даних, що забезпечує оперативний обмін інформацією різного виду конфіденційності. Можливості ЦПО та ЦУО по управлінню мають бути рівнозначні. Для цього ЦПО і ЦУО об'єднуються за схемою, коли можливо здійснювати управління військами (силами) з ЦПО як через ЦУО, так і безпосередньо (кожний – з кожним) (рис. 1). На ЦПО та ЦУО повинна бути єдина інформація про обстановку, що складається (єдиний інформаційний простір), яка має надходити по закритих каналах (оптико-волоконних, радіо, радіорелейних, тропосферних і космічних) зв'язку.

При такій схемі здійснюється відхід від послідовної обробки та передачі інформації, зникає дублювання через зменшення рівнів управління (поєднуються оперативно – стратегічний та тактичний рівні), та підвищується оперативність управління військами (силами). Крім того, знижується загальна вартість утримання системи управління.

Крім того, використання новітніх інформаційних технологій дасть змогу (за рахунок уніфікації комплексів технічних засобів КЗА) виключити зі структури управління надлишкові засоби автоматизації і забезпечити управління військами та озброєнням Повітряних Сил Збройних Сил України в єдиному інформаційному просторі.

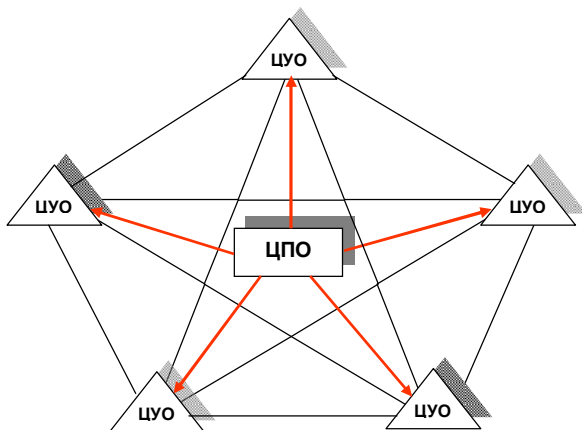


Рис. 1. Схема бойового управління авіацією та ППО Повітряних Сил

Одним з перспективних напрямків автоматизації задач управління захистом повітряного простору є використання технологій, які дозволяють автоматизовано вирішувати такі інтелектуальні задачі, як: розпізнавання типів (класів) і характеру дій повітряних об'єктів, класів ОТО на основі об'єднання різно-рідної, неповної і неточної інформації, прогнозування дій і розкриття задуму повітряного противника; визначення напрямків головного і допоміжних ударів ЗПН; оцінку співвідношення сил протиборчих сторін; прогнозування варіантів дій ЗПН противника; синтез можливих варіантів використання своїх сил і засобів та вибір найкращого варіанта; контроль за виконанням прийнятого рішення і його корегування з урахуванням динаміки повітряної обстановки та ін. Виходячи з того, що СППР – інтелектуальна система, що надає можливості аналізу ситуацій, постановки задач, вироблення, контролю й оцінки варіантів рішень, що забезпечують досягнення поставленої цілі. Принципово новим в забезпеченні автоматизованого рішення задач управління в запропонованій СППР є методологія представлення та маніпулювання знаннями, яка впливає на побудову всієї системи.

Як відомо, метод формалізації знань про ОТО повинен задовольняти наступним вимогам [5]: враховувати можливість формалізації різних аспектів знань (алетичних, дісизіональних, каузальних, дионтичних і ін.) [5]; володіти властивістю несуперечності; забезпечувати заданий ступінь повноти опису наочної області; забезпечувати заданий ступінь оперативності пошуку рішень; забезпечувати можливість отримання множині альтернативних варіантів рішень.

### Розробка формалізованого представлення процесу вирішення оперативно-тактичних задач

При розробці формалізованого представлення знань про предметну область необхідно врахувати логико-аналітичний характер рішення задач прийняття рішень про тип ОТО [3], особливість діяльності ОБР, направленої на приведення керованої системи до заданого цільового стану. Для формалізації таких знань в [2] обґрунтовано сумісне використання мережевих і логічних моделей знань. Зокрема йдеться про використання гібридних моделей, заснованих на використанні структури цільових установок (СЦУ) і обчислення предикатів першого порядку (ПП). При цьому СЦУ задається у вигляді кортежу [5]:

$$T_{\text{по}}^{\text{сцу}} = \langle W^{\text{сцу}}, M^{\text{сцу}} \rangle,$$

де  $T_{\text{по}}^{\text{сцу}}$  – формалізована теорія ПО побудована з використанням СЦУ;  $W^{\text{сцу}}$  – множина цілей (станів) процесу управління;  $M^{\text{сцу}}$  – множина відносин між елементами множини  $W^{\text{сцу}}$ .

Формалізоване уявлення знань про визначену ПО з використанням ПП [1] задається кортежем:

$$T_{\text{по}}^{\text{ип}} = \langle L^{\text{ип}}, C^{\text{ип}}, S \rangle;$$

де  $T_{\text{по}}^{\text{ип}}$  – формалізоване представлення знань ПО засноване на ПП;  $L^{\text{ип}}$  – формальна мова ПП [1 – 3];  $C^{\text{ип}}$  – операції приєднання наслідків;  $S$  – множина нелогічних аксіом, що описують властивості ПО, заданих з використанням формальної мови  $L^{\text{ип}}$  і операції приєднання наслідків  $C^{\text{ип}}$  [5].

Отже, формалізацію знань про процес розпізнавання ОТО доцільно провести використовуючи метод багатоетапної формалізації знань. Таким чином для формалізації знань про процес розпізнавання ОТО, необхідно розглянути і формалізувати знання про початкові дані, на підставі яких відбувається прийняття рішення про тип ОТО.

*Визначення початкових даних.* Аналіз результатів проведення командно-штабних навчань [2], науково-дослідних робіт, керівництва по організації бойової роботи, а також існуючої системи тривоги і етапів переведення Збройних Сил США і НАТО у різні види бойової готовності, дозволяє зробити висновки про те, що оцінка ОТО ОБР, проводиться на основі обмеженої кількості ознак, що характеризують ОТО. Так, наприклад, процес розпізнавання ОТО «Початок бойових дій» може бути формалізований таким чином [5]:

початок масованого удару СВН держави  $j$  по відношенню до держави  $i$ :

$$\text{НАЧМУ}(\text{СВН}_j, \Gamma_i); \quad (1)$$

передислокація озброєних сил країни  $j$  до державного кордону між державами  $j, i$ :

$$\text{ПЕРЕДИСЛ}(\text{ВС}_j, \Gamma_{j,i}); \quad (2)$$

розгортання озброєних сил країни  $j$  у державного кордону держави  $i$ :

$$\text{РАЗВЕРТ}(\text{ВС}_j, \Gamma_{j,i}); \quad (3)$$

початок навчань озброєних сил держави  $j$ :

$$\text{НАЧУЧ}(\text{ВС}_j); \quad (4)$$

зміна інтенсивності технічної розвідки держави  $j$ :

$$\text{ИНТТЕХР}(\Gamma_j); \quad (5)$$

зміна інтенсивності радіообміну в озброєних силах держави  $j$ :

$$\text{ИНТРАДОБМ}(\Gamma_j); \quad (6)$$

зміна стану чергових сил держави  $j$ :

$$\text{ИЗМСОСТДС}(\text{ВС}_j, \Gamma_j); \quad (7)$$

чергування СВН держави  $j$  в повітрі:

$$\text{ДЕЖ}(\text{СВН}_j); \quad (8)$$

чергування літаків ДРЛО держави  $j$  в повітрі:

$$\text{ДЕЖ}(\text{ДРЛО}_j); \quad (9)$$

підвищення інтенсивності всіх видів розвідки держави  $j$ :

$$\text{ИНТР}(\Gamma_j); \quad (10)$$

політ повітряного судна уздовж державного кордону без заявки (поза планом):

$$\text{ПОЛЕТ}(\text{ВС}_k, \Gamma_{j,i}) \wedge \text{ВНЕПЛ}(\text{ВС}_k, \text{ЗАЯВКА}_n); \quad (11)$$

провокаційні дії повітряного судна до держави  $j$ , біля кордонів держави  $i$ :

$$\text{ПРОВОК}(\text{ВС}_{k,j}, \Gamma_i); \quad (12)$$

політична обстановка між державами  $j$  і  $i$ :

$$\text{ПОЛИТНАПР}(\Gamma_j, \Gamma_i). \quad (13)$$

Приведена формалізація початкових даних дозволяє перейти до етапу розробки формалізованого опису процесу розпізнавання ОТО.

### Розробка формалізованого опису процедури розпізнавання

Відповідно до багатоетапної процедури формалізації знань про предметну область, розглянемо процес рішення задачі розпізнавання ОТО.

З аналізу літератури витікають наступні закономірності, які характерні для вирішення завдання розпізнавання типу ОТО.

1. Якщо був виявлений початок масованого удару СВН, це однозначно свідчить про початок військових дій.

2. Сукупність даних про те, що війська противника передислоковані і розгорнуті в прикордонній смузі, а також оголошені великомасштабні навчання свідчить про те, що противник планує почати бойові дії. Наявність тільки одного з цих чинників говорить про певну ступінь можливості початку бойових дій.

3. Враховуючи те, що угруповання озброєних сил і засобів повітряного нападу розгорнутих в мирний час противником, достатньо для проведення широкомасштабних бойових дій проти держави яка обороняється, чинниками які свідчитимуть про початок бойових дій будуть: підвищення інтенсивності розвідки технічними засобами розвідки, зміна інтенсивності радіообміну, зміна стану чергових сил противника, незаплановані польоти авіації противника уздовж межі, провокаційні дії повітряних суден противника, наявність політичної напруженості між державами. Отримано формалізоване представлення початкових даних для побудувати вирішального правила, для визначення факту настання ОТО «початок бойових дій» держави  $j$  проти держави  $i$ , з використання ПП першого порядку:

$$\begin{aligned} & \text{НАЧБД}(\Gamma_j, \Gamma_i) \equiv \text{НАЧМУ}(\text{СВН}_j, \Gamma_i) \vee \\ & \vee ((\text{ПЕРЕДИСЛ}(\text{ВС}_j, \Gamma_{j,i}) \vee \\ & \vee \text{РАЗВЕРТ}(\text{ВС}_j, \Gamma_{j,i}) \vee \text{НАЧУЧ}(\text{ВС}_j)) \vee \\ & \vee [(\text{ИНТТЕХР}(\Gamma_j) \wedge \text{ИНТРАДОБМ}(\Gamma_j)) \vee \\ & \vee (\text{ИЗМСОСТДС}(\text{ВС}_j, \Gamma_j) \vee \text{ДЕЖ}(\text{СВН}_j) \vee \\ & \vee \text{ДЕЖ}(\text{ДРЛО}_j) \vee \text{ИНТР}(\Gamma_j)) \vee \\ & \vee \text{ПОЛЕТ}(\text{ВС}_k, \Gamma_{j,i}) \wedge \\ & \wedge \text{ВНЕПЛ}(\text{ВС}_k, \text{ЗАЯВКА}_n) \vee \\ & \vee \text{ПРОВОК}(\text{ВС}_{k,j}, \Gamma_i) \vee \text{ПОЛИТНАПР}(\Gamma_j, \Gamma_i)]. \end{aligned} \quad (14)$$

Враховуючи те, що процес розпізнавання відбувається в динамічній області і знання значення кожного чинника відомо лише з якимсь ступенем упевненості запишемо вирішальне правило в наступному вигляді (15).

В (15) відбито можливість настання даної події, що формально задається введенням модального оператора можливості - М.

$$\begin{aligned} &M \text{ НАЧБД}(\Gamma_j, \Gamma_i) \equiv \text{НАЧМУ}(\text{СВН}_j, \Gamma_i) \vee \\ &\vee ((\text{ПЕРЕДИСЛ}(\text{ВС}_j, \Gamma_{j,i})) \vee \\ &\vee \text{РАЗВЕРТ}(\text{ВС}_j, \Gamma_{j,i}) \vee \text{НАЧУЧ}(\text{ВС}_j)) \vee \\ &\vee [(\text{ИНТТЕХР}(\Gamma_j) \wedge \text{ИНТРАДОБМ}(\Gamma_j)) \vee \\ &\vee (\text{ИЗМСОСТДС}(\text{ВС}_j, \Gamma_j) \vee \text{ДЕЖ}(\text{СВН}_j) \vee \\ &\vee \text{ДЕЖ}(\text{ДРЛО}_j) \vee \text{ИНТР}(\Gamma_j)) \vee \\ &\vee \text{ПОЛЕТ}(\text{ВС}_k, \Gamma_{j,i}) \wedge \\ &\wedge \text{ВНЕПЛ}(\text{ВС}_k, \text{ЗАЯВКА}_n) \vee \\ &\vee \text{ПРОВОК}(\text{ВС}_{k,j}, \Gamma_i) \vee \text{ПОЛИТНАПР}(\Gamma_j, \Gamma_i)]. \end{aligned} \quad (15)$$

Знання про взаємозв'язок між фактами в даній предметній області і формалізоване представлення мети вирішення задачі розпізнавання, дозволяють перейти до 4 етапу методу багатоетапної формалізації знань, і представити процес рішення задачі розпізнавання ОТО у вигляді СЦУ. Розроблений формалізований опис знань про процес розпізнавання ОТО, дозволяє перейти до реалізації процедури прийняття рішення, реалізованої для даної СЦУ.

### Розробка процедури прийняття рішення

При реалізації процедури прийняття рішення, з використанням СЦУ необхідно врахувати таке:

1. Значеннями істинності початкових даних можуть бути як виключно логічні 0 або 1, так і належати до нечіткого інтервалу [0;1];

2. Необхідність врахування того, що значення істинності можуть мати різний ступінь істинності (детерміновану або безперервну);

3. Необхідність отримання оцінки модального вислову про можливість настання даної події, яка задовольняє умовам віддзеркалення динамічності зміни ситуацій в повітряному просторі, так і дозволяє представляти різні оцінки (логічні, лінгвістичні, нечіткі) процесам що відбувається.

Для реалізації процедури прийняття рішення про тип ОТО, можливо скористатися методом запропонованим в [4], де в якості апарату узагальнення результатів інтерпретації висловів асоціативної симетричної суми вигляду [4] розглядається:

$$\sigma(x, y) = \frac{x + y - x * y}{1 + x + y - 2xy}. \quad (16)$$

Для формування, вирішального правила у вигляді (15), поставимо у відповідність висловам 1-13,15 малі букви латинського алфавіту a, b, c, d, i, f, g, h, j, k, l, m, n, o, які у вирішальному правилі будуть інтерпретовані як значення оцінки істинності відповідного вислову. Вершини 2.1, 2.2, 2.3, 3.1 відповідно позначимо як: v1, v2, v3, w1.

Тоді остаточний вигляд для обчислення значення істинності вирішального правила (16) у вигляді симетричної суми одержимо:

$$o = \frac{a + v1 + v2 + v3 + w1 - a \cdot v1 \cdot v2 \cdot v3 \cdot w1}{1 + a + v1 + v2 + v3 + w1 - 2 \cdot a \cdot v1 \cdot v2 \cdot v3 \cdot w1}. \quad (17)$$

При цьому необхідно відзначити, що можливо використовувати замість (16), інші генератори симетричних сум, які більш адекватно описують властивості зв'язків між фактами і цілями в даній предметній області. Розроблений метод формалізації знань процесу вирішення задач характерних для ОБР ЦУО, розглянутий на прикладі формалізації знань про процес оцінки ОТО, доцільно застосовувати і для формалізації більшості розглянутих вище задач. Наряду з розробкою методів формалізації знань необхідно розглянути питання пов'язані з зміною процесу діяльності ОБР, які використовують СППР.

При розробці програмної реалізації імітаційної моделі процесу діяльності ОБР кожній дузі графа ставиться у відповідність певне значення ймовірності переходу зі стану в стан, а також час на виконання роботи для такого переходу. Проведені дослідження діяльності ОБР при оцінці ПО без використання СППР та з використанням СППР дозволили отримати оцінку оперативності оцінки роботи ОБР по оцінці ПО. Оцінку оперативності діяльності ОБР по оцінці повітряної обстановки проведено з використанням такого виразу [4]:

$$K_{\text{НВУ}} = P(\bar{t}_{\text{потр}} < t_{\text{расп}}) = 1 - \exp^{-t_{\text{расп}} / \bar{t}_{\text{потр}}}; \quad (20)$$

де  $t_{\text{расп}}$  – час, який є в розпорядженні ОБР для оцінки ПО;  $\bar{t}_{\text{потр}}$  – необхідний час для оцінки ПО ОБР.

Отримані результати дозволяють стверджувати, що в результаті використання запропонованих методів автоматизації оцінки ПО оперативність їх оцінки ОБР підвищиться на 12-20%.

### Висновки

В статті запропоновано удосконалений метод організації управління військами та озброєнням з використанням системи підтримки прийняття рішень в перспективних комплексах засобів автоматизації управління авіацією та ППО Повітряних Сил Збройних Сил України. Основу даного методу складають удосконалений за рахунок сумісного використання модальних та немодальних знань метод формалізації знань, на основі яких організується обробка інформації про ПО. Удосконалено процедуру обробки знань з метою отримання результатів логічного виведення за умов використання модальних знань. Розроблена структура діяльності ОБР з урахуванням можливості використання СППР у КЗА ЦУО. Даний метод дозволяє комплексно підійти до розробки формального апарату вирішення оперативно-тактичних задач та розробити і впровадити алгоритми діяльності ОБР при використанні перспективних КЗА створених з використанням технологій СППР.

## Список літератури

1. Теоретические основы автоматизации процессов выработки решений в системах управления / В.Е. Ярушек, В.П. Прохоров, Б.Н. Судаков, А.В. Мишин. – Х.: ХВУ, 1993. – 446 с.
2. Довідник з протиповітряної оборони / А.Я. Торпчин, І.О. Романеско, Ю.Г. Даник, Р.Е. Пащенко та ін. – К.: МО України, Х: ХВУ, 2003. – 368 с.
3. Представление и использование знаний: Пер. с японского / Под ред.. Х. Уэно, М. Исидзука.- М.: Мир, 1987. –220 с.

4. Искусственный интеллект. Справочник в 3-х книгах. Книга 2. Модели и методы / Под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Радио и связь, 1990. – 304 с.

5. Павленко М.А. Разработка процедуры многоэтапной формализации знаний для экспертных систем реального времени / М.А. Павленко // Системы обработки информации. – Х.: ХВУ, 2004. – Вып. 9 (37). – С. 124-133.

Надійшла до редколегії 2.12.2012

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Ю.В. Стасєв, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### **МЕТОД ОРГАНИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ВОЙСКАМИ И ВООРУЖЕНИЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПЕРСПЕКТИВНЫХ КОМПЛЕКСАХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ АВИАЦИЕЙ И ПВО ВОЗДУШНЫХ СИЛ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ УКРАИНЫ**

М.И. Литвиненко

*Предложен метод организации управления войсками и вооружением у перспективных автоматизированных систем управления с использованием системы поддержки принятия решений.*

**Ключевые слова:** управление, системы поддержки принятия решений, комплексы средств автоматизации, формализация знаний.

### **METHOD OF ORGANIZATION OF MANAGEMENT TROOPS AND ARMAMENT WITH THE USE OF SYSTEM OF SUPPORT OF MAKING A DECISION IN PERSPECTIVE COMPLEXES OF FACILITIES OF AUTOMATION OF MANAGEMENT AVIATION AND AIR DEFENCE OF AIRCRAFTS OF MILITARY POWERS OF UKRAINE**

M.I. Litvinenko

*The method of organization of management troops and armament is offered at perspective automated control the system with the use of the system of support of making a decision.*

**Keywords:** management, systems of support of making a decision, complexes of facilities of automation, formalization of knowledges.