

Дмитро Олександрович Каліновський
Сергій Валерійович Осієвський (кандидат технічних наук)
Інна Вікторівна Дзюба

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, Україна

РОЗРОБКА МОДЕЛІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ГНУЧКИХ МЕТОДОЛОГІЙ

У статті розглянуто вимоги до розробки системи підтримки прийняття рішення з використанням бази знань в залежності від положення Стратегічного оборонного бюлетеня України, формалізованого процесу прийняття воєнного рішення на основі стандартів НАТО та особливостей архітектури C4ISR. З точки зору проектування програмного забезпечення враховано стандарт направлений на процеси і організацію життєвого циклу інформаційних систем та маніфест гнучкої розробки. Розглянуті вимоги являються частковим переліком, який необхідний для побудови діаграм структури та поведінки, які описують автоматизоване управління військами на основі визначених принципів управління, ознак класифікації та базових функцій систем в країнах – членах НАТО. Розроблена функціональна модель процесу управління військами з використанням положень C4ISR, яка враховує послідовність виконання процесу прийняття воєнного рішення та дозволяє дослідити вплив кожної підсистеми на загальний результат.

Враховуючи формуляри програмного комплексу “Віраж-Планшет”, визначено кількісні показники інформації про повітряні об’єкти та засоби повітряного нападу, які використовуються особою, яка приймає рішення. Оцінена кількісна міра інформації, яка використана для визначення точок прийняття рішення відносно повітряних об’єктів, які супроводжуються.

Ключові слова: прийняття рішення, агентне моделювання, моделювання процесу, об’єм інформації.

Вступ

Постановка проблеми. Тенденція розвитку сучасних інформаційних технологій призводить до зростання складності створення інформаційних систем. Разом з тим змінюються інформаційні потреби та вимоги до систем автоматизованого управління військами (силами) (АСУВ), що в свою чергу ускладнює розробку і супровід таких систем. Основна частина трудовитрат при їх створенні припадає на розробку програмного забезпечення, баз даних та знань. Відбувається інтеграція нових зразків озброєння, яке на ряду з наявним повинно враховуватись, як при плануванні бойових дій так і в ході спільного бойового застосування. Наразі можливо стверджувати, що для переважної більшості видів сучасної зброї, базою являються інформаційні технології, які в свою чергу є основою для автоматизованих систем управління військами (силами). Тому для успішної розробки проекту інформаційної технології з визначеними особливостями та специфікою виникає необхідність в створенні моделі, яка б відображала систему з врахуванням всіх аспектів її функціонування, складних зв’язків та процесів, які протікають у визначені проміжки часу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботах [1-3] відзначено, як запровадження нового інформаційно-аналітичного забезпечення може впливати, як на зміну структури органів

військового управління (ОВУ) так і на порядок ведення бойових дій за рахунок підвищення оперативності системи управління, яка об’єднує угруповання військ різного складу і призначення в єдину інформаційну мережу. З іншої сторони відбувається реформування Збройних Сил (ЗС) України і перехід на стандарти та процедури НАТО [4], що спонукає висувати нові вимоги до системи управління, які необхідно враховувати ще на етапі проектування. Для своєчасного попередження матеріальних та часових втрат при створенні системи управління військами (СУВ).

Розглядаючи дослідження та публікації [5-7] підвищення ефективності системи управління досягається за рахунок гнучкості та використання новітніх інформаційних технологій. Проте відсутність єдиного методологічного підходу до побудови інформаційних систем та самого програмного забезпечення являється одним з недоліків.

Тому на сьогоднішній день залишається актуальним питання зниження часу прийняття рішення, розглядаючи етапи життєвого циклу, процесів вироблення рішення на основі правил, які визначають їх протікання і поведінку в залежності від ситуації та керівних документів.

Мета статті полягає у визначенні об’єму інформації, яка сприймається ОПР у відповідності до повітряної обстановки.

Виклад основного матеріалу дослідження

Розробка моделі СППР передбачає визначення вимог, які до неї висуваються ще перед її розробкою. До таких вимог віднесемо:

положення Стратегічного оборонного бюлетеня України [1], який визначає шляхи досягнення перспективної моделі Збройних Сил України, відповідно до визначених стратегічних цілей розвитку сил оборони з урахуванням вимог, що ґрунтуються на принципах і стандартах, прийнятих у збройних силах держав – членів НАТО;

процес прийняття військового рішення (ППВР) за стандартами НАТО (Military Decision Making Process (MDMP))[2];

ознаки класифікації та базові функції АСУВ використовуючи концепцію ведення воєнних дій в єдиному інформаційному просторі з використанням об'єднаних інформаційно-управляючих мереж (Network-Centric Warfare) в межах програми “Системи управління, зв'язку, аналітичного забезпечення, розвідки і спостереження” (Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance (C4ISR)) [3]

створена та використана Міністерством оборони США U.S. Department of Defense (USDoD);

міжнародний стандарт ISO/IEC/IEEE 12207:2017 “Systems and software engineering — Software life cycle processes” направлений на процеси і організацію життєвого циклу ІС [4];

маніфест гнучкої розробки (Manifesto of Agile Software Development), прикладами якого являються Extreme Programming (XP), Scrum, Feature Driven Development (FDD), Crystal та Dynamic Systems Development Method (DSDM) [5];

проектна методологія Rational Unified Process (RUP), яка являється оболонкою процесів з визначеним словником та вільною структурою проектування з використанням програмного забезпечення Any Logic [6];

Відповідно до вимог оборонного бюлетеня щодо побудови перспективної моделі Збройних Сил України та Білої книги 2021 року, схему управління та застосування частин та підрозділів повітряних сил необхідно розглядати в складі командування об'єднаних сил. З огляду на те, що функції підготовки, розвитку і забезпечення військ (сил) є підготовчими етапами, які направлені на досягнення високих бойових можливостей бойового застосування (Рис.1).



Рис.1. Варіант схеми управління

Важливою умовою являється зрозуміло сформуване завдання на операцію, яке буде відповідати на питання: хто проводить операцію; що має бути досягнуто; коли буде проведена; місце проведення та чому вона проводиться. Так, як

угруповання об'єднаних сил формуються в залежності від завдання та специфіки застосування відповідного (найявного) комплексу військ (сил), які виділяються. Іншими словами командувач угруповання має в своєму підпорядкуванні війська

(сили) всіх видів. Такі умови є найсприятливішими для взаємодії наявних військ (сил) при виконанні визначених завдань відповідно стандартів НАТО. Проте розглядаючи вертикаль управління від бойової одиниці до особи, яка приймає рішення на ураження цілей залишаються незмінні: ІС різного рівня “Дельта”, “Кропива”, “Вираж-планшет”, “ГІС Арта”; АСУ стратегічного та оперативного

управління “Дзвін”, АС тактичної ланки сухопутних військ “Простір”, АСУ управління авіацією та ППО “Ореанда”. Перелічені ІС та АСУ в сукупності відповідають концепції С4ISR проте елементи процесу прийняття воєнного рішення, який закладений в основу, повинен також відповідати стандартам НАТО (Рис. 2). [2]

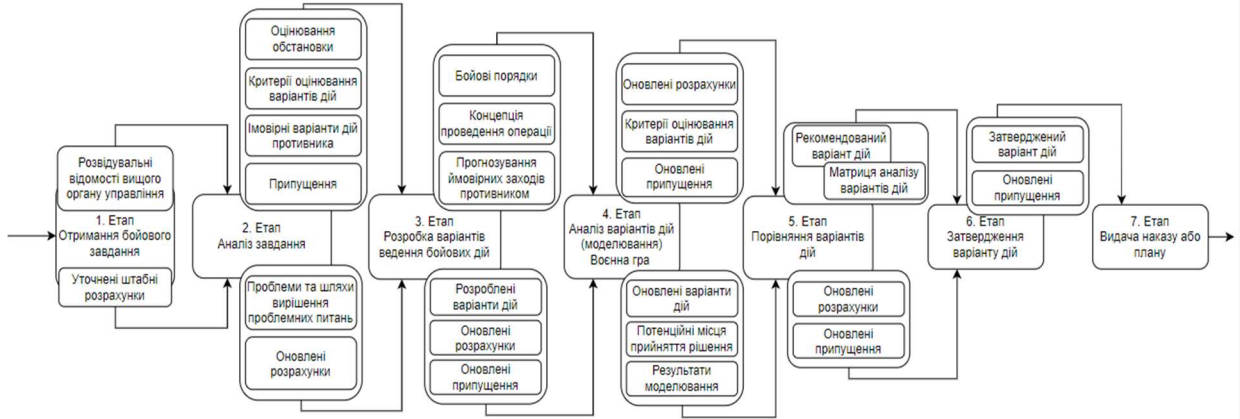


Рис. 2. Процес прийняття воєнного рішення за стандартами НАТО

Враховуючи архітектуру та концепцію взаємодії складових програми С4ISR розроблено модель ППВР. За допомогою методології IDF0 (Integrated DEFinition) розроблена діаграма А-0 (рис. 3), як правило, моделювання засобами IDEF0 є першим етапом вивчення будь-якої системи.

на кожному з етапів може бути використано діяльність як ОПР так і СППР.

Керуючись методологією RUP побудовано діаграму варіантів використання (діаграма прецедентів), яка є графом і складається з множини акторів, прецедентів (варіантів використання), асоціацій між акторами та прецедентами, відношень серед прецедентів, та відношень узагальнення між акторами.

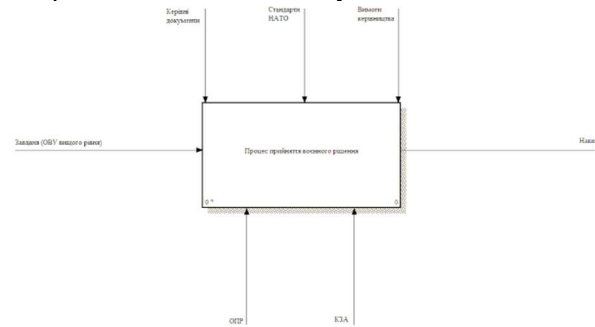


Рис. 3. Функціональна підсистема А-0

Прямокутником зображений ППВР. Вхідна стрілка з ліва визначає вхідну інформацію яка необхідна для початку ППВР і на основі якої отримаємо вихідну стрілку (наказ) результат. В нашому випадку вхідна інформація представлена завданням від органу військового управління (ОВУ) вищого рівня. Стрілки які входять з низу визначають за допомогою чого відбувається процес: ОПР, ІС, КЗА, СППР, АСУ. Стрілки які входять зверху визначають управляючі впливи відповідно до якого протікає ППВР, чому в процесі саме така послідовність дій. Керівні документи, опис технології, стандарти НАТО, вимоги керівника.

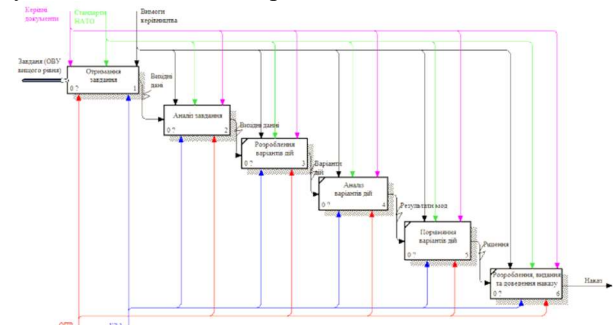


Рис. 4. ППВР А-0

Декомпозиція діаграми А-0 буде мати вигляд як на рис.4.

Використовуючи стандартні види відношень між акторами і варіантами використання діаграма варіантів Рис. 5 містить:

- асоціації (англ. association relationship);
- включення (англ. include relationship);
- розширення (англ. extend relationship);
- узагальнення (англ. generalization relationship);
- обов'язкова інформація (binding information).

Діючі елементи моделі:

зовнішнє середовище (умови обстановки, стан та положення військ противника) – формування завдання;

об'єкти управління – системи органів військового управління (ОВУ);

засоби збору та обробки інформації- приведення зібраної інформації до графічного, чисельного або

лінгвістичного подання;

засоби відображення інформації – відображення інформації відповідно до способу подання;

ОПР - вироблення та оцінка варіантів рішення, прийняття рішення, реалізація прийнятого

рішення;

технічні засоби взаємодії – доведення рішення, контроль виконання;

інші джерела інформації – фактори, що впливають на діяльність ОПР.

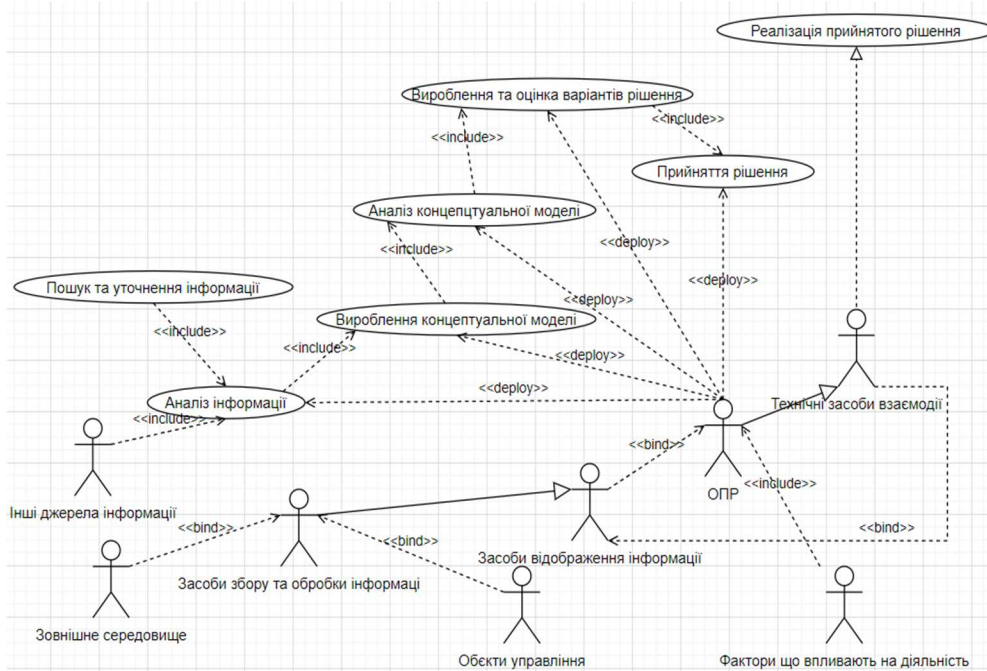


Рис. 5. Діаграма варіантів використання

Початкова дія іде від зовнішнього середовища і об'єктів управління, які взаємодіють з засобами збору та обробки інформації. Після збору інформації вона відображається на засобах відображення, в залежності від способу подання. Отримавши завдання ОПР здійснює аналіз інформації та при необхідності здійснюється додатковий пошук та її уточнення. Крім того інформація може бути отримана від інших джерел, які доступні під час процесу прийняття рішення. Після проведення аналізу здійснюється вироблення концептуальної моделі, що складається з переліку взаємопов'язаних понять. Вона включає в явному виді логіку, алгоритми, припущення й обмеження, на основі рівня знань ОПР. Аналіз концептуальної моделі покладено на ОПР, який її розробляє. Провівши аналіз концептуальної моделі ОПР переходить до вироблення та оцінки варіантів рішення. Вироблення варіантів рішення в свою чергу може займати найбільшу частину часу, яка необхідна ОПР для прийняття рішення. Це зумовлено використанням різних методів розподілу зусиль, які залежить від наявного ресурсу і необхідної потреби їх реалізації для рішення вторинних завдань або послідовних основних. Приймавши рішення, ОПР взаємодіє з технічними засобами для доведення свого рішення до підпорядкованих частин для подальшої реалізації. Контроль виконання здійснюється за допомогою зворотної взаємодії, через технічні засоби або засоби відображення інформації.

Використовуючи спеціальне програмне забезпечення (СПЗ) Any Logic зображено процес прийняття рішення при зчитуванні різних типів формулярів повітряної обстановки програмного комплексу "Віраж-Планшет". До складу формуляра входять розпізнавальний знак і літерно-цифровий підпис. Розрізняють такі типи:

короткий формуляр №1 (Рис. 6), містить номер повітряної цілі ;



Рис. 6. Короткий формуляр №1

короткий формуляр №2 (Рис.7), містить номер цілі, кількісний склад, індекс належності;

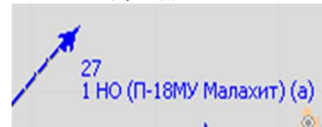


Рис. 7. Короткий формуляр №2

повний формуляр (Рис. 8), містить номер цілі, кількісний склад, індекс належності, швидкість (км/г), висота (гм);



Рис. 8. Повний формуляр

розгорнутий формуляр (Рис. 9), відображає панель “параметри цілі” з поточними координатами цілі та розрахованими курсом та швидкістю з урахуванням часу старіння інформації від останнього повідомлення

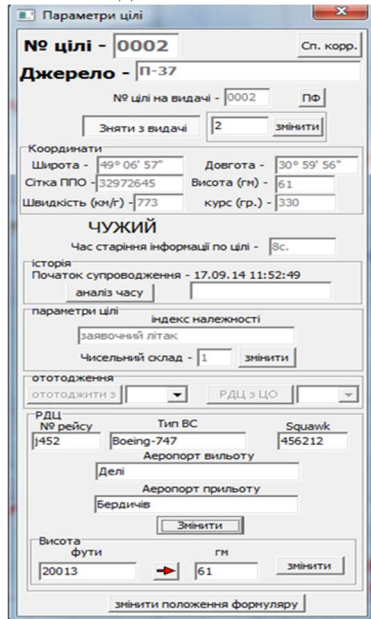


Рис. 8. Розгорнутий формуляр

Елементи відображення містять кількість інформації в інформаційній моделі, що реалізуються з однаковою імовірністю, тобто:

$$\sum_{i=1}^N P_i = 1 \quad (1)$$

де N – обсяг інформаційного навантаження;

P_i – імовірність i -го інформаційного навантаження.

Відповідно до формули Р. Хартлі [8] кількість інформації в кожному повідомленні формуляру становитиме:

$$I = K \log_2 N \quad (2)$$

де K – довжина повідомлення (кількість символів в повідомленні), N – кількість символів в алфавіті.

Для визначення кількості інформації в одному елементі:

$$i = \log_2 N \quad (3)$$

При поданні формалізованих повідомлень використовуються 33 букви українського алфавіту та цифровий діапазон від 0 до 9.

Отже для першого формуляру кількість інформації складає:

$$I_1 = 4 \log_2 10 = 13 \text{ біт} \quad (4)$$

для другого:

$$I_2 = (4 \log_2 10) + (21 \log_2 45) = 129 \text{ біт} \quad (5)$$

для третього:

$$I_3 = 4 \cdot (4 \log_2 10) + (21 \log_2 45) = 169 \text{ біт} \quad (6)$$

Згідно [7, 8, 9], людина, в середньому, читає незнайомий текст зі швидкістю 600 знаків/хв, тобто час читання одного знаку $t = 0,1$ с розвиваючи при цьому сутісну потужність $N = 200 \text{ біт} / \text{с}$ і пропускає інформаційний потік $N_p = 50 \text{ біт} / \text{с}$,

що є фізіологічною межею. Аналізуючи дані про гостроту зору в роботі [10] оцінюється пропускна здатність периферичного відділу зорового апарата, що включає сітківку й передавальні зорові волокна, значенням $4,42 \cdot 10^7 \text{ біт} / \text{с}$, що становить приблизно 30 – 60 біт/с при читанні незнайомого тексту.

У процесі роботи ОПР, як правило, активує формуляр розширеного вигляду один раз за весь час перебування ЗПН (засоби повітряного нападу) в зоні відповідальності. В основному використовується короткий формуляр №1 або №2. При цьому час зберігання інформації не перевищує 20 с [11], що відіграє домінуючу роль в процесі безпосереднього ведення супроводу і потребує постійного оновлення інформації. Враховуючи середній період оновлення інформації від радіолокаційної станції (РЛС) (основне та допоміжне джерело радіо-локаційної інформації (РЛІ)) який становить 5 с або 10 с в залежності від режиму, та верхню та нижню межу числа Міллера [8]. Актуальна інформація про максимальну кількість ЗПН, яку зможе сприйняти ОПР за один оберт антени складе 645 біт, а утримати в короткочасній пам'яті протягом 20 с – він зможе 1161 біт (9 ЗПН), що наближається до верхнього значення числа Міллера.

Використовуючи агентне моделювання отримаємо Рис. 9.

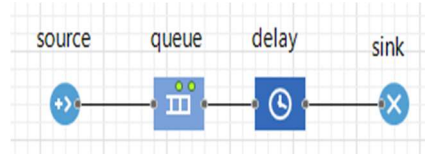


Рис. 8. Модель сприйняття формулярів ЗПН, де:

- блок створення короткого формуляру кожні 10 с;

- буфер формулярів очікуючих розподіл відповідно до пріоритету;

- блок часу затримки в залежності від типу формуляру і часу необхідного ОПР для сприйняття інформації;

- блок знищення формуляру (зняття з супроводження).

Висновки й перспективи подальших досліджень

Фактична кількість ЗПН, що перевищує 9 формулярів, змушує ОПР сприймати інформацію частково, або сприймати заново (оновлювати), акцентуючи свою увагу виключно на сегменті, в якому здійснюється супровід. У цьому випадку, решта інформації може бути втрачена.

Таке представлення допомагає структурувати процес прийняття рішення і виявити труднощі ОПР при прийнятті рішення без допоміжних засобів. Серед них виділено: труднощі з обробкою великої кількості інформації, що необхідна для вироблення концептуальної моделі її аналізу та прийняття рішення.

Література

- 1. Загорка О.М.**, Особливості та принципи побудови мережецентричної системи управління угруповання військ(сил) / О.М. Загорка, В.В. Коваль, В.В. Тюрін, В.Г. Малюга, І.О. Загорка // Збірник наукових праць Харківського університету ПС. – Х.: ХНУПС, 2016. – Вип. 3(48). – С. 7-11. **2. Кушнір О. І.**, Давикоза О. П., Кучеренко Ю. Ф. Аналіз впливу “гібридної” війни на розвиток автоматизованої системи управління авіацією та ППО Збройних Сил України. Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. 2017. № 2(27). С. 116–120. **3. Теоретичні основи управління угрупованням військ(сил) у сучасних умовах збройної боротьби : монографія / О. М. Загорка, А. К. Павліковський, А. А. Корецький, С. О. Кириченко, І. О. Загорка ; за заг. ред. І. С. Руснака. Київ : НУОУ ім. Івана Черняхівського, 2020. 248 с. **4. Візія Збройних Сил України** URL: <https://www.mil.gov.ua/special/news.html?article=55107>. **5. Пашетник О.Д.**, Аналіз світових тенденцій розвитку автоматизованих систем управління військами і зброєю. Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. Харків, 2015. № 2 (19). С. 64–68. **6. Кривоножко Г.Є.**, Сучасні тенденції розвитку автоматизованих систем управління спеціального призначення / Г. Є. Кривоножко, Д. В. Петров, А. А. Жовтун, З. М. Пономаренко // Збірник наукових праць [Військового інституту телекомунікацій та інформатизації]. - 2017. - Вип. 2. - С. 58-63. **7. Сніцаренко П.М.**, Досвід збройних сил провідних країн світу в інтересах удосконалення інформаційного забезпечення Збройних Сил України / Сніцаренко П. М., Саричев Ю. А., Ткаченко В. А., Зубков В. П. // Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень. 2021. Вип 2 (72). - С. 40-50. **8. Теорія прийняття рішень органами військового управління: монографія / В.І. Ткаченко, Є.Б. Смірнов та ін. // За ред. В.І. Ткаченка, Є.Б. Смірнова. - Х.: ХУПС, 2008. - 545 с. **9. Трофімов Ю.Л.**, Інженерна психологія: Підручник. — К.: Либідь, 2002. - 264 с. **10. T.N. Cornsweet.** Visual Perception. Academic Press, New York, 1970. **11. Товажнянський Л.Л.**, Романовський О.Г., Бондаренко В.В. та ін. Основи педагогіки вищої школи: навч. посіб. Харків : НТУ ХПІ, 2005. 600 с.****

DEVELOPMENT OF A DECISION-MAKING MODEL USING FLEXIBLE METHODOLOGIES

Dmytro Kalinovskiy
Serhii Osiiievskiy (Candidate of Technical Sciences)
Inna Dziuba

Kharkiv national Air Forces University named after I. Kozhedub, Kharkiv, Ukraine

The article considers the requirements for the development of a decision support system using a knowledge base depending on the provisions of the Strategic Defense Bulletin of Ukraine, a formalized military decision-making process based on NATO standards and features of the C4ISR architecture. From the point of view of software design, the standard aimed at the processes and organization of the informational system life cycle and the flexible development manifesto are taken into account. The considered requirements are a partial list, which is necessary for the construction of structure and behavior diagrams that describe the automated control of troops based on defined management principles, classification features and basic functions of systems in NATO member countries. A functional model of the troop management process using C4ISR provisions has been developed, which takes into account the sequence of the decision making system process and allows to investigate the impact of each subsystem on the overall result. Taking into account the forms of the "Viraj-Tablet" software complex, quantitative indicators of information about air objects and means of air attack used by the decision-maker were determined. Quantitative measure of information used to determine decision points regarding escorted air objects is estimated.

Keywords: *decision making, agent modeling, process modeling, volume of information.*

References

- 1. Zahorka O.M.**, Osoblyvosti ta prynstypy pobudovy merezhetsentrychnoi systemy upravlinnia uhrupovannia viisk(syl) / O.M. Zahorka, V.V. Koval, V.V. Tiurin, V.H. Maliuha, I.O. Zahorka // Zbirnyk naukovykh prats Kharkivskoho universytetu PS. – Kh.: KhNUPS, 2016. – Vyp. 3(48). – S. 7-11. **2. Kushnir O. I.**, Davykoza O. P., Kucherenko Yu. F. Analiz vplyvu “hibrydnoi” viiny na rozvytok avtomatyzovanoi systemy upravlinnia aviatsiieiu ta PPO Zbroinykh Syl Ukrainy. Nauka i tekhnika Povitrianykh Syl Zbroinykh Syl Ukrainy. 2017. № 2(27). S. 116–120. **3. Teoretychni osnovy upravlinnia uhrupovanniam viisk (syl) u suchasnykh umovakh zbroinoi borotby : monhrafiia / O. M. Zahorka, A. K. Pavlikovskiy, A. A. Koretskyi, S. O. Kyrychenko, I. O. Zahorka ; za zah. red. I. S. Rusnaka. Kyiv : NUOU im. Ivana Cherniakhovskoho, 2020. 248 s. **4. Viziiia Zbroinykh Syl Ukrainy** URL: <https://www.mil.gov.ua/special/news.html?article=55107>. **5. Pashchetnyk O.D.**, Analiz svitovykh tendentsii rozvytku avtomatyzovanykh system upravlinnia viiskamy i zbroieiu. Nauka i tekhnika Povitrianykh Syl Zbroinykh Syl Ukrainy. Kharkiv, 2015. № 2 (19). S. 64–68. **6. Kryvonozhko H.Ie.**, Suchasni tendentsii rozvytku avtomatyzovanykh system upravlinnia spetsialnoho pryznachennia / H. Ye. Kryvonozhko, D. V. Petrov, A. A. Zhovtun, Z. M. Ponomarenko // Zbirnyk naukovykh prats [Viiskovoho instytutu telekomunikatsii ta informatyzatsii]. - 2017. - Vyp. 2. - S. 58-63. **7. Snitsarenko P.M.**, Dosvid zbroinykh syl providnykh krain svitu v interesakh udoskonalennia informatsiinoho zabezpechennia Zbroinykh Syl Ukrainy / Snitsarenko P. M., Sarychev Yu. A., Tkachenko V. A., Zubkov V. P. // Zbirnyk naukovykh prats Tsentru voienno-strategichnykh doslidzhen. 2021. Vyp 2 (72). - S. 40-50. **8. Teoriia pryiniattia rishen orhanamy viiskovoho upravlinnia: monhrafiia / V.I. Tkachenko, Ye.B. Smirnov ta in. // Za red. V.I. Tkachenka, Ye.B. Smirnova. - X.: KhUPS, 2008. - 545 s. **9. Trofimov Yu.L.**, Inzhenerna psykholohiia: Pidruchnyk. — K.: Lybid, 2002. - 264 s. **10. T.N. Cornsweet.** Visual Perception. Academic Press, New York, 1970. **11. Tovazhnianskyi L.L.**, Romanovskiy O.H., Bondarenko V.V. ta in. Osnovy pedahohiky vyshchoi shkoly: navch. posib. Kharkiv : NTU KhPI, 2005. 600 s.****