

УДК 621.396

А.И. Тимочко

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

ОЦЕНКА ОПЕРАТИВНОСТИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ НАЗНАЧЕНИИ ВОЗДЕЙСТВИЙ ПО ОБЪЕКТАМ ПРОТИВНИКА

Предложен подход для оценки оперативности принятия решений на пунктах управления при назначении воздействий динамическими объектами по целям противника. В качестве показателя оперативности принята вероятность того, что решение будет принято за время, обеспечивающее его реализацию и возможность выдачи соответствующих распоряжений подчиненным. Представлен алгоритм определения интервала времени на принятие решения о назначении воздействия динамического объекта по цели.

Ключевые слова, оперативность, принятие решений, динамический объект, показатель, вероятность, воздействие, математическое ожидание, случайная величина.

Введение

Постановка проблемы. Отдельные летательные аппараты (ЛА), подразделения и части авиации, выполняющие воздействия по целям противника (перехват) назовем динамическими объектами (ДО). Они воспринимают внешние физические воздействия и откликаются на них изменением выходных физических величин, характеризующих состояние и поведение объекта.

Введение в состав специального математического и программного обеспечения АСУ алгоритмов определения параметров воздействия ДО по противнику требует оценки их эффективности. Эффективность принятия решений может оцениваться следующими показателями:

- оперативность принятия решений на пункте управления (ПУ) при назначении воздействий;
- коэффициент обоснованности вырабатываемых рекомендаций для принятия решений на ПУ при назначении воздействий по целям противника;
- математическое ожидание числа уничтоженных динамическими объектами целей.

Данный аспект обуславливает актуальность статьи, в которой рассмотрим только оперативность принятия решений при назначении воздействий.

Анализ последних исследований и публикаций. Необходимая оперативность принятия решений обеспечивается соответствием цикла принятия решения подлетному времени воздушной цели (ВЦ) к рубежу выполнения задачи (РВЗ).

Показатель оперативности $P_{оп}$ – вероятность того, что решение будет принято за время, обеспечивающее его реализацию и возможность выдачи соответствующих распоряжений подчиненным.

Показатель зависит от располагаемого $t_{расп}$ и потребного времени $t_{потр}$.

Опишем процесс выработки рекомендаций в терминах событий [1].

Пусть событие А состоит в том, что рекомендации выработаны в момент времени, не превосходящий $t_{расп} + \Delta t$; а событие В – в том, что рекомендации выработаны на интервале, превосходящем $t_{расп}$. Тогда значения случайной величины времени окончания выработки рекомендаций z удовлетворяют неравенству $t_{расп} < z \leq t_{расп} + \Delta t$. Т.е., величина z находится в пределах $(t_{расп}, t_{расп} + \Delta t)$. Воспользовавшись соотношением для условных вероятностей, получим:

$$P(A/B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)} = \frac{P(t_{расп} + \Delta t) - P(t_{расп})}{1 - P(t_{расп})}. \quad (1)$$

Пусть существует предел μ ($\mu = 1/t_{потр}$), характеризующий вероятность $P(t_{расп})$ [1]:

$$\mu = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t_{расп} + \Delta t) - P(t_{расп})}{\Delta t \cdot (1 - P(t_{расп}))} = \frac{P'(t_{расп})}{1 - P(t_{расп})}.$$

Откуда после интегрирования получим:

$$P(t_{расп}) = 1 - \exp\left(-\int_0^{t_{расп}} \mu dt_{расп}\right), \quad (2)$$

где μ – интенсивность выработки рекомендаций.

Зафиксировав $t_{потр}$, получим:

$$P_{оп} = 1 - \exp\left(-\frac{t_{расп}}{t_{потр}}\right), \quad (3)$$

где $t_{потр}$ – среднее время сбора и обработки информации, синтеза и принятия решения;

Далее необходимо определить интервал времени для принятия решения о назначении воздействий летательного аппарата по цели.

Цель статьи. Разработка подхода для оценки оперативности принятия решений на ПУ при назначении воздействий динамическими объектами по противнику.

Основной материал

Для определения интервала времени на принятие решения о назначении воздействия ДО по цели положим подход, рассмотренный в работе [1].

Величина $t_{расп}$ зависит от начала принятия решения на ПУ, скорости полета цели $V_{ц}$ и времени ее подлета к РВЗ:

$$t_{расп} = \frac{R_{BC}^p - R_{BC}^n}{V_{ц}}, \tag{4}$$

где R_{BC}^p – реализованный рубеж принятия решения на ПУ; R_{BC}^n – рубеж принятия решения на применение динамического объекта.

$$R_{BC}^p = D_{обн} - V_{ц} \cdot t_{рТВ}, \tag{5}$$

где $D_{обн}$ – дальность обнаружения цели;

$t_{рТВ}$ – суммарное работное время цепочки ПУ подразделений обнаружения цели.

$$R_{BC}^n = d + V_{ц} \cdot (t_{общ} + t_{пол}), \tag{6}$$

где d – дальняя граница рубежа воздействия ДО; $t_{общ}$ – цикл управления; $t_{пол}$ – время полета ДО к РВЗ.

Проанализируем цикл управления (рис. 1).

Обычно пассивное время $t_{общ}$ состоит из времени $t_{оц обст}$, $t_{пр реш}$, $t_{зап}$, $t_{рул}$, $t_{взл}$ [1 – 3].

Характеристики воздушных ударов в военных операциях последних лет позволили получить интервал располагаемого времени для анализа обстановки и выработки соответствующих рекомендаций:

$$t_{расп} = [t_{расп1}, t_{расп2}] \text{ мин.}$$

Математическое ожидание ресурса времени на принятие решения на управление подчиненными

$$\text{равно } M^*(t_{расп}) = \frac{t_{расп1} + t_{расп2}}{2} \text{ мин.}$$

Определим доверительный интервал (I_{β}) для значения $M^*(t_{расп})$. Для построения I_{β} , соответствующего доверительной вероятности β , найдем значение оценки дисперсии \bar{D} [4]:

$$\bar{D} = \left(\sum_{i=1}^n t_{распi} / n - M^*(t_{расп}) \right) \cdot \frac{n}{n-1}, \tag{7}$$

где n – количество элементов $t_{расп(i)}$.

Найдем такую величину ϵ_{β} , для которой

$$P \left(\left| M^*(t_{расп}) - M(t_{расп}) \right| < \epsilon_{\beta} \right) = \beta. \tag{8}$$

Тогда с заданной вероятностью β значение $M^*(t_{расп})$ попадет в интервал:

$$I_{\beta} = (M^*(t_{расп}) - \epsilon_{\beta}; M^*(t_{расп}) + \epsilon_{\beta}). \tag{9}$$

При решении задач обработки статистических данных рекомендуется значение β выбирать из интервала [0,9; 0,999]. Тогда доверительный интервал для $M^*(t_{расп})$ составляет:

$$I_{\beta} = (I_{\beta1}, I_{\beta2}). \tag{10}$$

Оперативность принятия решений при назначении воздействий по целям определяется как:

$$P_{оп}(t_{потр}) = 1 - e^{-\lambda t_{расп}}. \tag{11}$$

На основании критерия χ^2 Пирсона проверим согласование экспериментальных данных с гипотезой о том, что случайная величина $t_{потр}$ распределена по экспоненциальному закону. В качестве уровня значимости примем $\alpha = 0,01$.

Составим таблицу вероятностей попадания случайной величины $t_{потр}$, подчиненной экспоненциальному закону распределения, в следующие k разрядов (табл. 1) [4].

Вычислим вероятности p_i , соответствующие экспоненциальному закону распределения, по формуле $p_i = 1 - e^{-\lambda t_{расп}}$ (табл. 2).

Найдем значение χ^2 :

$$\chi^2 = n \sum_{i=1}^N \frac{(P_i^* - P_i)^2}{P_i}. \tag{12}$$

Таблица 1

Вероятность попадания $t_{потр}$ в k разрядов

Разряды	$t_{расп1} - t_{расп\alpha}$	$t_{расп\alpha} - t_{расп\beta}$...	$t_{распk} - t_{расп2}$
Вероятности P_i^*	P_{i1}^*	P_{i2}^*	...	P_{ik}^*

Таблица 2

Вероятность p_i , соответствующая экспоненциальному закону распределения

Разряды	$t_{расп1} - t_{расп\alpha}$	$t_{расп\alpha} - t_{расп\beta}$...	$t_{распk} - t_{расп2}$
Вероятности p_i	P_{i1}	P_{i2}	...	P_{ik}

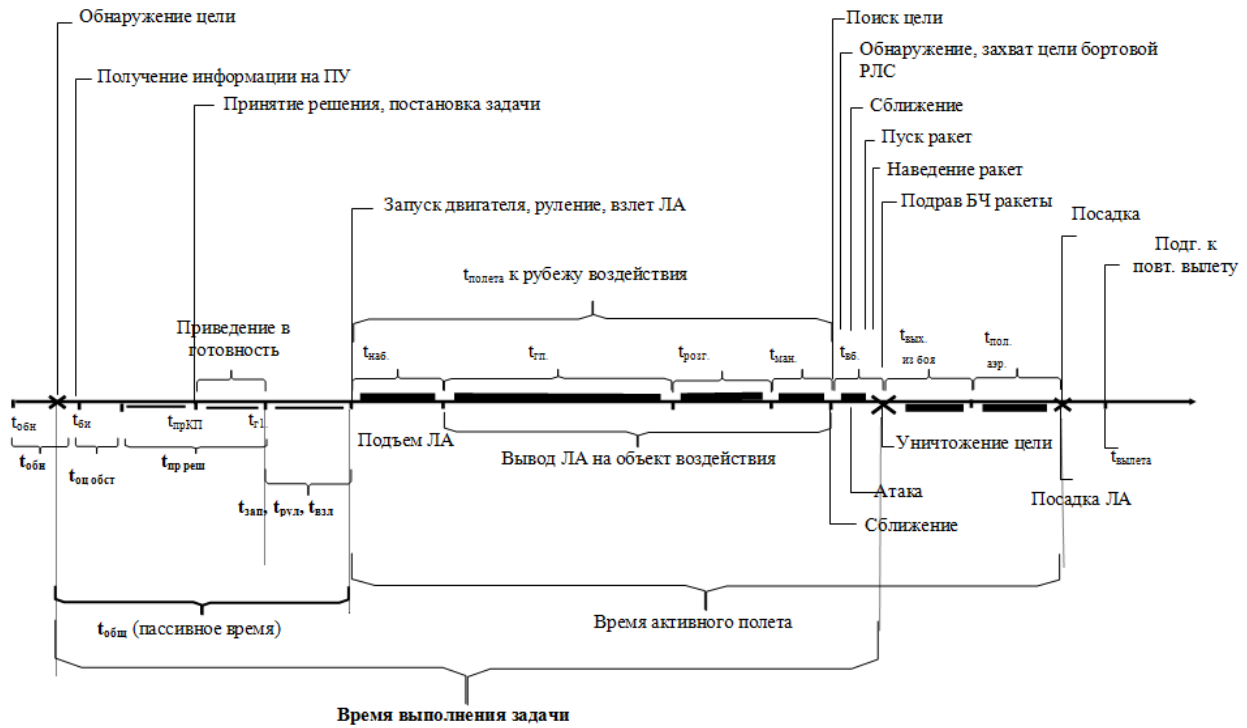


Рис. 1. Общая характеристика цикла управления

Число степеней свободы γ в данном случае равно числу значений случайной величины (k) минус число наложенных связей. В результате можем найти p для полученных γ и χ^2 .

Таким образом, т.к. $p > \alpha = 0,01$, то гипотеза об экспоненциальном законе распределения случайной величины не противоречит опытным данным.

Если $t_{расп} \geq t_{потр}$, то вероятность принятия правильного решения максимальна (рис. 2, а). Т.е. длительность временного интервала принятия решения $t_{пр}$ определяется $t_{расп}$. При усложнении тактической обстановки решение принимается по истечении $t_{расп}$ ($t_{расп} < t_{потр}$) (рис. 2, б).

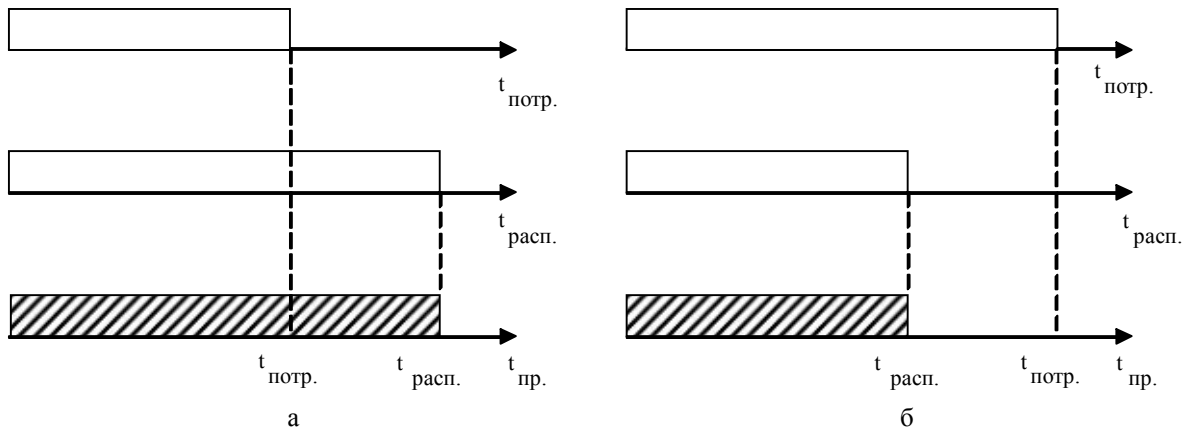


Рис. 2. Иллюстрация временных интервалов при принятии решений:

$$а - t_{расп} \geq t_{потр} \text{ и } б - t_{расп} < t_{потр}$$

Эксперименты и моделирование отдельных этапов действий операторов АСУ на основе последовательно-структурного метода позволили рассчитать математические ожидания времен: общего на принятие решения; на ввод исходных данных; ожидания результата решения задачи. Установлено, что при вводе команд, заполнении трафаретов на аппаратуре ПУ операторы выполняют многократные пультовые опе-

рации. Время, затрачиваемое на информационную подготовку и непосредственное решение задачи назначения воздействий ДУ по целям, составляет до 2/3 от общего времени на принятие решения [5].

С учетом жестких временных ограничений оперативность принятия решения на этапе назначения воздействий (3) может оказаться недопустимо низкой. Поэтому для уменьшения времени на под-

готовку и непосредственное решение рассматриваемой задачи возможно применение систем поддержки принятия решений (СППР). Тогда, в общем случае время на принятие решения с использованием

СППР при определении параметров воздействия состоит из времени на фаззификацию и построение каждого правила в нечетком выводе (t_1) и выдачи результатов (t_2) (рис. 3).

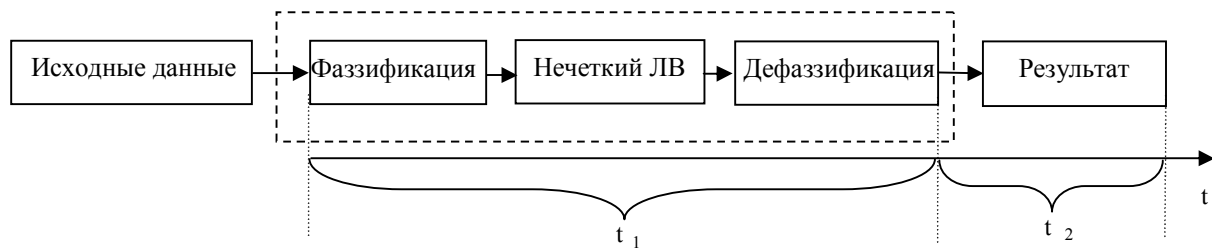


Рис. 3. Временные интервалы работы СППР при определении параметров планируемого воздействия

Таким образом, сравнение времен для традиционного подхода к выполнению операций назначения данных для решения рассматриваемой задачи, запуска, анализа возможности повторного ее решения, ввода в ЭВМ данных об отмене предыдущей задачи и с применением СППР позволяет оценить оперативность принятия решений.

Увеличение оперативности выработки рекомендаций для принятия решений позволяет осуществить более раннее воздействие по цели противника и снизить ее возможности по противодействию.

Выводы

1. Предложенный подход позволяет перераспределить функции между АСУ и операторами. В результате уменьшается время принятия решения при назначении воздействий по целям противника.

2. Повышение оперативности принятия решения на пункте управления за счет применения систем поддержки принятия решений позволяет существенно расширить возможности воздействия динамического объекта по целям противника, снизив, тем самым, его потенциальное противодействие.

Список литературы

1. *Моделивання бойових дій Військ (Сил) проти повітряної оборони та інформаційне забезпечення процесів управління ними: моногр.* / В.П. Городнов, Г.А. Дробаха, М.О. Єрмошин, Є.Б. Смірнов, В.І. Ткаченко. – Х.: ХВУ, 2004. – 409 с.
2. *Управление полетами в частях авиации Вооруженных Сил СССР: метод. пос.* – М.: Изд-во МО СССР, 1985. – 198 с.
3. *Авиация ВВС России и научно-технический прогресс. Боевые комплексы и системы вчера, сегодня, завтра / под ред. Е.А. Федосова.* – М.: Дрофа, 2005. – 734 с.
4. *Ларичев О.И. О возможностях получения от человека непротиворечивых оценок многомерных альтернатив / О.И. Ларичев // Дескриптивное исследование процедур принятия решения при многих критериях.* – М., 1980. – № 9. – С. 58-66.
5. *Королюк Н.А. Оценка временных интервалов работы лица, принимающего решение, на автоматизированном командном пункте / Н.А. Королюк, А.И. Тимочко // Системи обробки інформації.* – Х.: ХУПС, 2005. – Вип. 8 (48). – С. 51-54.

Поступила в редколлегию 5.08.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Е.А. Дружинин, Национальный аэрокосмический университет им. М.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

ОЦІНКА ОПЕРАТИВНОСТІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ ПРИЗНАЧЕННІ ВПЛИВУ ПО ОБ'ЄКТАХ ПРОТИВНИКА

О.І. Тимочко

Запропонований підхід для оцінки оперативності прийняття рішень на пунктах управління при призначенні впливу динамічними об'єктами по цілях противника. За показник оперативності прийнята імовірність того, що рішення буде прийнято за час, що забезпечує його реалізацію і можливість видачі відповідних розпоряджень підлеглим. Представлений алгоритм визначення інтервалу часу на прийняття рішення про призначення дії динамічного об'єкту по цілі.

Ключові слова: оперативність, прийняття рішень, динамічний об'єкт, показник, імовірність, вплив, математичне очікування, випадкова величина.

ESTIMATION OF DECISION-MAKING OPERATIVENESS AT PURPOSE OF INFLUENCES UPON OBJECTS OF OPPONENT

A.I. Tymochko

Approach for a decision-making operativeness estimation on the posts of control at the purpose of influences dynamic objects upon the targets of opponent is offered. An index of operativeness is the probability that a decision will be accepted for time, providing its realization and possibility of delivery of the proper orders to inferiors. The algorithm of determination of time domain of a decision-making about the purpose of influence of dynamic object upon a purpose is presented.

Keywords: operativeness, decision-making, dynamic object, index, probability, influence, expected value, casual size.