

УДК 623.765:681.513.6

П.П. Зуев

Воздушное командование «Юг», Одесса

МЕТОД РАЗРЕШЕНИЯ НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЙ В ЗОНЕ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ОБЪЕДИНЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ СИЛ

Введены понятия штатной и нештатной ситуаций, возникающих в зоне ответственности объединения воздушных сил. Для разрешения нештатных ситуаций предложено сформировать план. Для этого нештатные ситуации ранжируются в порядке уменьшения степени опасности и оперативности реагирования. Определена «глубина» плана. Предложен метод разрешения нештатных ситуаций, возникающих в зоне ответственности. Для решения задачи ранжирования использован алгоритм Сахни-Горвица. Разработанный алгоритм позволяет ранжировать нештатные ситуации по минимуму функции штрафов, удаляя бесперспективные решения из последовательности. Предложенный алгоритм повышает оперативность реагирования дежурных сил на нештатные ситуации.

Ключевые слова: нештатная ситуация, принятие решения, алгоритм Сахни-Горвица, ранжирование нештатных ситуаций, минимум функции штрафов, план разрешения нештатных ситуаций/

Введение

Постановка проблемы и анализ литературы.

В последнее время в мире усилилась опасность проведения террористических актов различными террористическими группировками. При этом возросла вероятность применения средств воздушного нападения (как пилотируемых, так и беспилотных), что может привести к значительным людским жертвам и огромным материальным потерям. Все это приводит к сокращению времени на реакцию дежурных сил объединения воздушных сил в секторе прикрытия воздушного пространства и на принятие решения. Своевременная постановка задач в таких условиях становится возможной только в реальном (ближком к реальному) масштабе времени.

Главной целью распознавания ситуаций в воздушном пространстве является отнесение их формализованных описаний к соответствующим классам. Автоматизация процедур распознавания является элементом автоматизации принятия решений. По результатам распознавания ситуаций принимается решение о применении дежурных сил [1, 2].

Руководящие документы по контролю воздушного пространства Украины и порядку его использования воздушными судами различных ведомств Украины и иностранных государств позволяют выделить в зоне ответственности объединения воздушных сил штатные и нештатные ситуации [3, 4].

Штатной ситуацией называется движение воздушного судна в заданных коридорах пролета, с заданной скоростью, в заданном эшелоне высоты, с определенным курсом, в заданном интервале времени, в соответствии с расписанием (заявкой) на полет и количестве указанном в заявке [4]. Нештатной ситуацией является движение воздушного судна вне расписания (без заявки) на полет или с нарушением одного или

нескольких вышеуказанных параметров. Она также классифицируется на ряд типов нарушений порядка использования воздушного пространства [4].

Целью статьи является разработка метода разрешения нештатных ситуаций в зоне ответственности объединения воздушных сил.

Основная часть

При функционировании АСУ авиацией и противовоздушной обороной в воздушном пространстве, контролируемом объединения воздушных сил, возможно возникновение нескольких нештатных ситуаций. Каждая из них характеризуется следующими величинами: i – индекс ситуации; d_i – директивный срок разрешения i -ой ситуации; T_i – время ее устранения; $v_S(i)$ – коэффициент относительной опасности i -й ситуации. Разработаем оптимальный метод разрешения таких нештатных ситуаций в воздушном пространстве (рис. 1).

Для разрешения нештатных ситуаций сформируем план. С этой целью ранжируем нештатные ситуации в порядке уменьшения степени опасности и срочности (оперативности) реагирования и определим «глубину» плана [5]. Глубиной плана разрешения нештатных ситуаций назовем число наиболее опасных и срочных ситуаций, включенных в план (w):

$$G_1 = \sum_{i=1}^w v_S(i) / (\alpha T_i), \quad (1)$$

или исключенных из него (M):

$$G_2 = \sum_{i=w+1}^M v_S(i) / (\alpha T_i), \quad (2)$$

где α – некоторый коэффициент нормировки для получения безразмерных величин G_1 и G_2 ; G_1 (G_2) – суммы отношений опасности нештатных ситуаций ко времени их разрешения для ситуаций, включенных в план и исключенных из него соответственно.

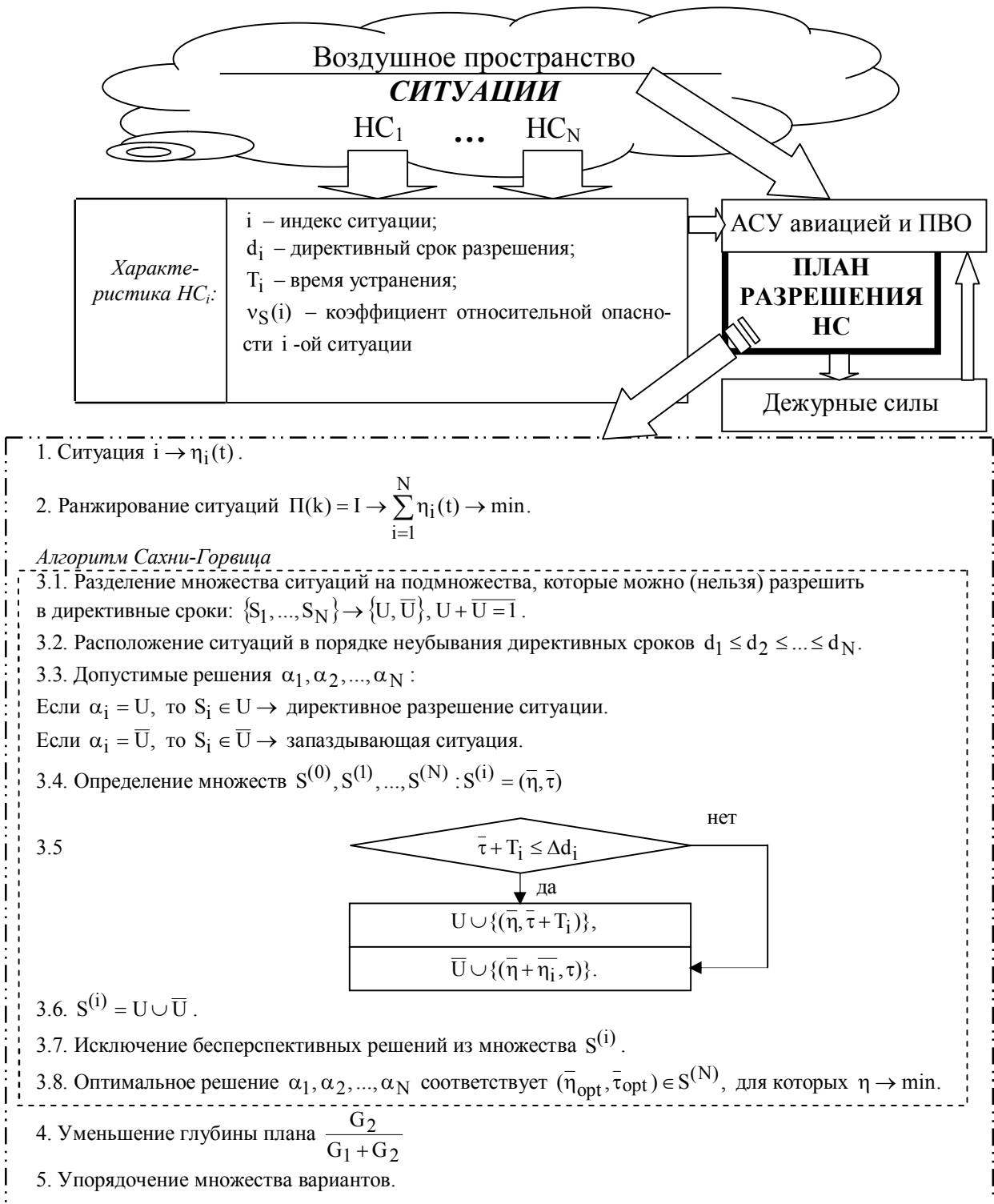


Рис. 1. Алгоритм разрешения нештатной ситуации

Пусть имеется S_N нештатных ситуаций с функциями штрафов:

$$\eta_i(t) = \begin{cases} v_S(i), & \text{если } T_i > \Delta d_i, \\ 0, & \text{в противном случае,} \end{cases} \quad (3)$$

где $\Delta d_i = d_i - \hat{t}$; \hat{t} – текущее время.

Для ранжирования ситуаций Π необходимо найти последовательность, в которой $\Pi(k) = I$, если i -ая ситуация должна быть разрешена k -й по счету, а суммарная функция штрафов – минимальна:

$$\sum_{i=1}^N \eta_i(t) \rightarrow \min. \quad (4)$$

Задача ранжирования не поддается решению аналитическими методами. Для ее решения предлагается применить алгоритм Сахни-Горвица [5], реализующий метод динамического программирования.

Множество ситуаций $\{S_1, \dots, S_N\}$ разделим на подмножества U (\bar{U}) ситуаций, которые можно (нельзя) разрешить в директивные сроки. Все ситуации расположим в порядке неубывания директивных

сроков $d_1 \leq d_2 \leq \dots \leq d_N$. Все допустимые решения представим в виде последовательности литералов $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_N$. Если $\alpha_i = U$, то $S_i \in U$, т.е. ситуация разрешается в указанном порядке с соблюдением директивного срока d_i . Если $\alpha_i = \bar{U}$, то $S_i \in \bar{U}$ и разрешение ситуации запаздывает.

Алгоритм Сахни-Горвица позволяет определить множества $S^{(0)}, S^{(1)}, \dots, S^{(N)}$. Каждое множество $S^{(i)}$ представляет собой упорядоченный набор пар $(\bar{\eta}, \bar{\tau})$, соответствующих суммарному штрафу $(\bar{\eta})$ и суммарному времени разрешения ситуаций $(\bar{\tau})$. Для формирования $S^{(i)}$ на каждом уровне проверяется каждая пара $(\bar{\eta}, \bar{\tau})$:

$$\bar{\tau} + T_i \leq \Delta d_i. \quad (5)$$

Если условие (5) выполняется, то образуются следующие множества:

$$U = U \cup \{(\bar{\eta}, \bar{\tau} + T_i)\}, \quad (6)$$

$$\bar{U} = \bar{U} \cup \{(\bar{\eta} + \bar{\eta}_i, \tau)\}. \quad (7)$$

При невыполнении условия (5) образуется только множество (7). После просмотра всех пар $(\bar{\eta}, \bar{\tau})$ i -го уровня множества U и \bar{U} сливаются: $S^{(i)} = U \cup \bar{U}$. Из множества $S^{(i)}$ исключаются бесперспективные решения. Оптимальное решение $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_N$ соответствует паре из $S^{(N)}$ с наименьшим значением η .

Лицо, принимающее решение, имеет ограниченные возможности по времени и ресурсам на разрешение нештатных ситуаций. Для этого необходимо сократить поток информации о нештатных ситуациях. С этой целью определим глубину плана, исходя из заданного относительного уровня потерь, связанного с исключением менее опасных и срочных ситуаций из плана:

$$\frac{G_2}{G_1 + G_2} \leq \beta, \quad (8)$$

где β – заданный относительный уровень потерь, связанный с исключением ситуаций.

Выводы

Таким образом, предложенный метод разрешения нештатных ситуаций, основанный на использовании алгоритма Сахни-Горвица, соотношения (1)–(8), позволяет ранжировать нештатные ситуации по минимуму функции штрафов, удаляя бесперспективные решения из последовательности нештатных ситуаций, имеющих место в зоне ответственности объединения воздушных сил. В дальнейших исследованиях предлагается разработать соответствующую процедуру определения и выбора активных средств воздействия по воздушным судам – виновникам возникновения нештатных ситуаций, т.е. нарушителям воздушного пространства.

Список литературы

1. Харук А.И. Боевая авиация XXI века: Военная энциклопедия XXI / А.И. Харук. – М., 2011. – 304 с.
2. Красовский А.А. Системы автоматического управления летательных аппаратов / А.А. Красовский, Ю.А. Вавилов, А.И. Сучков. – М.: ВВИА, 1986. – 286 с.
3. Тарасов В.Г. Основы теории АСУ / В.Г. Тарасов. – М.: ВВИА, 1988. – 364 с.
4. Повітряний кодекс України / Закон України від 19.05.2011 № 3393-VI. – Відомості Верховної Ради, 2011, № 48–49, ст. 536.
5. Демидович Б.П. Краткий курс высшей математики / Б.П. Демидович. – М.: Астрель, 2001. – 655 с.

Надійшла до редколегії 10.09.2016

Рецензент: д-р техн. наук, доц. М.А. Павленко, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків.

МЕТОД РОЗВ'ЯЗАННЯ НЕШТАТНИХ СИТУАЦІЙ У ЗОНІ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ ОБ'ЄДНАННЯ ПОВІТРЯНИХ СИЛ

П.П. Зуєв

Введені поняття штатної і нештатної ситуацій, що виникають в зоні відповідальності об'єднання повітряних сил. Для розв'язання нештатних ситуацій запропоновано сформулювати план. Для цього нештатні ситуації ранжуються в порядку зменшення ступеня небезпеки і оперативності реагування. Визначена «глибина» плану. Запропонований метод розв'язання нештатних ситуацій, що виникають в зоні відповідальності. Для вирішення завдання ранжування використаний алгоритм Сахни-Горвіца. Розроблений алгоритм дозволяє ранжувати нештатні ситуації за мінімумом функції штрафів, видаляючи безперспективні рішення з послідовності. Запропонований алгоритм підвищує оперативність реагування чергових сил на нештатні ситуації.

Ключові слова: нештатна ситуація, прийняття рішення, алгоритм Сахни-Горвіца, ранжування нештатних ситуацій, мінімум функції штрафів, план розв'язання нештатних ситуацій.

METHOD OF REMOVAL OF NONREGULAR SITUATIONS IN AREA OF RESPONSIBILITY OF AIR FORCE COMMAND

P.P. Zuev

The concepts of regular and nonregular situations, arising up in the area of responsibility of air force command are entered. It is suggested to form a plan for removal of nonregular situations. For this purpose nonregular situations are ranged in order of diminishing of degree of danger and operativeness of reacting. The «depth» of plan is certain. The method of removal of nonregular situations, arising up in the area of responsibility, is offered. The algorithm of Sakhni-Gorvitsa is utilized for decision of task of ranging. The developed algorithm allows to range nonregular situations on a minimum of function of fines, deleting having no the prospects decisions from a sequence. The offered algorithm is increased operativeness of reacting of duty forces on nonregular situations.

Keywords: nonregular situation, decision-making, algorithm of Sakhni-Gorvitsa, ranging of nonregular situations, a minimum of function of fines, plan of removal of nonregular situations.