

Ю. Ф. Лукьянец¹, Ю. В. Коровкин¹¹ГАО «МАК «Вымпел»»

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ОБСТАНОВКИ

Рассматривается общий подход к анализу обстановки произвольного типа на основе формализованных понятий и определений, при этом сама обстановка интерпретируется как точка векторного пространства с евклидовой метрикой. Процесс анализа обстановки представляется как совокупность последовательно решаемых задач оценки обстановки, оценки тенденций развития обстановки и выработки рекомендаций по изменению параметров обстановки. Приводятся общие подходы к решению каждой из перечисленных задач. На основе «ресурсного» подхода вводятся три состояния обстановки: нормальное, опасное и катастрофическое с указанием их отличительных признаков.

Ключевые слова: оценка обстановки, оценка тенденций развития обстановки, состояние обстановки, параметры обстановки, векторное пространство.

Обстановка как общее понятие определяется совокупностью факторов и условиями, в которых происходит что-либо [1, 2]. В свою очередь, каждый из факторов и условий характеризуется набором свойств (параметров обстановки), значения которых в совокупности определяют состояние обстановки в рассматриваемой сфере человеческой деятельности в каждый момент времени. Различные сферы человеческой деятельности и соответствующие им параметры образуют различные типы обстановки: космическую [3], химическую [4], боевую [5], геополитическую [6] и т.п.

Основным способом изучения обстановки любого типа является ее анализ, под которым для заданного момента времени будем понимать формирование и представление результатов, полученных при последовательном решении следующих задач: оценки обстановки, оценки тенденции развития обстановки, выработки рекомендаций по изменению параметров обстановки. Основой для проведения анализа является формирование показателей [7], характеризующих количественные характеристики обстановки.

Под оценкой обстановки на заданный момент времени будем понимать процесс формирования суждения о «качестве» обстановки с точки зрения полноты достижения некоторой конкретной цели человеческой деятельности. Формирование суждения о «качестве» обстановки на заданный момент времени может осуществляться путем установления соответствия между совокупностью значений параметров обстановки в этот момент и одним из значений некоторой «шкалы качеств». «Шкала качеств» формируется экспертом после задания цели и состоит из дискретных упорядоченных значений, характеризующих «удаленность» от заданной цели деятельности или полноты достижения этой цели.

Идея оценки тенденции развития обстановки состоит в прогнозировании параметров обстановки на неко-

торый момент времени, оценки обстановки на этот момент времени (определение качества обстановки) и сравнении спрогнозированного качества обстановки с качеством обстановки на текущий момент времени.

Под выработкой рекомендаций по изменению параметров обстановки будет пониматься поиск допустимых изменений параметров текущей обстановки, приводящих к переходу к обстановке с более высоким качеством при условии минимального использования имеющихся ресурсов для такого перехода.

Следуя [8], введем необходимые термины. Каждый из факторов или условий, рассматриваемых при анализе обстановки, будем называть элементарным объектом обстановки (объекты считаются элементарными, если их структура не существенна для анализа). Совокупность свойств (характеристик) каждого элементарного объекта и характеристик, определяющих отношения (взаимодействия) этого объекта с другими элементарными объектами, будем называть параметрами элементарного объекта, а совокупность всех параметров всех элементарных объектов обстановки данного типа — параметрами обстановки. Совокупность значений параметров обстановки в некоторый момент времени t_0 будем называть состоянием обстановки в момент времени t_0 .

Будем считать, что все параметры обстановки могут принимать непрерывные неограниченные значения, являясь при этом линейно независимыми. Тогда все возможные состояния обстановки образуют векторное пространство W («пространство состояний обстановки»), базисными координатами которого являются параметры обстановки. В силу таких договоренностей для любого t состояние обстановки может быть представлено вектором $w(t)$ в этом пространстве, компонентами $w_i(t)$ ($i=1, 2, \dots, r(W)$) которого являются параметры обстановки, определенные на момент t .

Формализм абстрактного векторного пространства предполагает, что для любых векторов пространства определены операции сложения и умножения на число, при этом результат каждой из этих операций также является вектором, принадлежащим рассматриваемому пространству. Вместе с тем пространство состояний обстановки не удовлетворяет этим условиям, поскольку в таком пространстве отдельные переменные могут принимать дискретные и/или ограниченные значения. Поэтому для представления такого непрерывно-дискретного пространства как векторного достаточно задать на нем метрику (например, евклидову), которая позволит воспользоваться следующей процедурой: при операциях над вектором, в результате которых получаются значения его компонентов, отличные от возможных дискретных значений либо выходящие за возможные границы, следует осуществлять округление каждого из таких значений до ближайшего дискретного значения соответствующего компонента.

Тогда пространство W можно интерпретировать как $r(W)$ -мерное векторное пространство с евклидовой метрикой. Такая интерпретация пространства обстановок дает возможность однотипного исследования его свойств для различных типов обстановок и построения различных вычислительных процедур с использованием традиционных методов абстрактной математики, таких как экстраполяция, корреляционный анализ, градиентные методы и т.п.

Конкретную цель человеческой деятельности, задаваемую экспертом при оценке, будем называть контекстом обстановки. Ясно, что задание контекста обстановки K в общем случае приводит к «усечению» пространства W и выделению из него подмножества (подпространства) $W_K \subset W$, образуемого параметрами только тех объектов, которые связаны с контекстом K . Если пространство W образуется множеством A элементарных объектов и заданными на этом множестве параметрами обстановки $\{w_i\}$ ($i=1, 2, \dots, l$), то при введении контекста K обстановка будет определяться объектами A_K и параметрами обстановки $\{v_j\}$ ($j=1, 2, \dots, J_K$), для которых выполняются условия $A_K \subset A$ и $\{v_j\} \subset \{w_i\}$, где $J_K \leq l$.

Общая идея применения «шкалы качества» состоит в следующем. Пусть имеется переменная S , возможные значения которой образуют упорядоченный конечный ряд $\{S_1, S_2, \dots, S_M\}$ различных дискретных значений (числовых или именованных), совокупность которых образует «шкалу качества». И если каждому вектору пространства W_K поставить в соответствие одно из значений этого ряда, то множество векторов из W_K может быть представлено как объединение M подмножеств (возможно несвязных), в каждом из которых сгруппированы только те векторы, которым соответствуют одинаковые значения из S .

С учетом предыдущих рассуждений, под оценкой обстановки заданного контекста K на момент времени t_0 будем понимать определение значений

$\{v_j(t_0, K)\}$ параметров обстановки на этот момент с последующей идентификацией состояния обстановки на множестве значений переменной S . Фактически это означает разбиение области W_K пространства обстановок на непересекающиеся подобласти, каждой из которых соответствует одно и только одно качество обстановки, т.е. задание функции $S=F(W_K)$.

Отметим, что задание функции $S=F(W_K)$ для дискретных параметров обстановки в общем случае может быть осуществлено комбинаторным перебором всех возможных состояний обстановки и назначением для каждого из них ее качества. Такой же подход может быть применен и для непрерывных параметров обстановки, если область изменения каждого непрерывного параметра разбить на непересекающиеся полуинтервалы, каждый из которых будем рассматривать как дискретное значение соответствующего параметра. Для осуществления комбинаторного перебора должно быть построено декартово произведение множеств значений всех параметров обстановки, при этом количество перебираемых точек экспоненциально возрастает при увеличении количества объектов обстановки и становится в большинстве практических случаев необозримым. Поэтому применение подхода, связанного с комбинаторным перебором, оправдано лишь для ограниченного числа случаев с малым количеством объектов и их параметров.

Для большого числа объектов предлагается использовать подход, основанный на введении для каждого параметра обстановки того же набора качеств, что и для обстановки в целом. Сущность такого подхода состоит в следующем.

Пусть экспертом задана S — упорядоченная возрастающая последовательность, состоящая из M элементов с номерами от 1 до M , при этом каждое последующее значение характеризует более низкое качество обстановки. Рассмотрим какой-либо параметр обстановки v_j , для которого заданы его граничные значения a_j и b_j ($a_j < b_j$). Идея состоит в разбиении области изменения параметра v_j на M отрезков, каждому из которых ставится в соответствие одно значение из S . Формально это означает, что на отрезке $[a_j, b_j]$ размещаются $M+1$ точек $c_j^{(m)}$ таких, что $c_j^{(1)}=a_j, c_j^{(M+1)}=b_j, c_j^{(m)} \leq c_j^{(m+1)}$ для всех $m=1, 2, \dots, M$. При выполнении условия $c_j^{(m)} \leq v_j < c_j^{(m+1)}$ параметру v_j ставится в соответствие значение качества, задаваемое m -тым элементом последовательности S .

Теперь, если обозначить через $s(v_j(t_0, K))$ качество параметра v_j для контекста K в момент времени t_0 , то значение $S_K(t_0)$ качества обстановки в целом на этот момент может быть определено как

$$S_K(t_0) = \max_j s(v_j(t_0, K)), \text{ где } s(v_j(t_0, K)) = s_m, \\ \text{если } c_j^{(m)} \leq v_j(t_0, K) < c_j^{(m+1)}.$$

Иными словами, качество обстановки в целом для фиксированного момента времени определяется

наихудшим значением качества среди параметров обстановки.

Процедуру определения качества обстановки в целом по качествам отдельных параметров обстановки можно реализовать путем построения матрицы обстановок. Под матрицей обстановок $G=\{g_{jm}\}$ будет пониматься прямоугольная бинарная таблица, строками которой являются параметры обстановки v_j ($j=1, 2, \dots, J_K$), а столбцами — значения качества обстановки s_m ($m=1, 2, \dots, M$). Первоначально матрица заполняется нулями, затем последовательно анализируется значение каждого параметра обстановки на момент времени t_0 , и при выполнении для рассматриваемого параметра условия $c_j(m) \leq v_j(t_0, K) < c_j(m+1)$ в m -тый столбец j -той строки заносится 1. Сформированная матрица $G(t_0)$ будет обладать следующими свойствами:

1. В каждой строке размещается только одна единица.

2. Сумма элементов в столбце с номером m характеризует количество параметров обстановки, находящихся в состоянии с качеством s_m .

Качество $S_K(t_0)$ обстановки в целом с использованием матрицы $G(t_0)$ определяется следующим образом:

- если все столбцы с номерами, превосходящими p ($p < M$), не содержат единиц, то качество обстановки в целом определяется значением S_p , т.е.:

$$S_K(t_0) = \{S_p \mid \sum_{j=1}^{J_K} g_{jp} > 0, g_{jq} = 0 \text{ для всех } q > p\};$$

- если последний столбец содержит ненулевые значения, то качество обстановки в целом определяется значением S_M , т.е.:

$$S_K(t_0) = \{S_M \mid \sum_{j=1}^{J_K} g_{jM} > 0\}.$$

Таким способом с помощью ненулевого столбца матрицы обстановок с наибольшим номером определяется качество обстановки в целом.

Подходы для оценки тенденций развития обстановки и выработки рекомендаций по изменению параметров обстановки могут быть основаны на использовании приведенной выше методике определения $S_K(t)$. Допустим, имеется некоторый механизм (метод), позволяющий прогнозировать значения параметров обстановки на моменты времени $t > t_0$. Такой механизм может быть основан, например, на анализе истории изменения каждого параметра обстановки для моментов времени $t \leq t_0$, аппроксимации этого поведения совокупностью гладких функций и последующей экстраполяции значений параметра для $t > t_0$. Тогда, определяя (прогнозируя) значение качества обстановки на некоторый момент $t_1 > t_0$ и сравнивая его со значением на момент времени t_0 , можно говорить об оценке тенденции развития обстановки на интервале времени $[t_0, t_1]$.

Под тенденцией развития обстановки на интервале времени $[t_0, t_1]$ будем понимать упорядоченную пару значений $S_K(t_0)$ и $S_K(t_1)$, первое из которых характеризует качество обстановки на момент времени t_0 , а второе — на момент времени t_1 , а также множество параметров обстановки (и соответствующих им объектов обстановки), изменения значений которых приводят к переходу обстановки из состояния с качеством $S_K(t_0)$ в состояние с качеством $S_K(t_1)$. В зависимости от соотношения значений $S_K(t_0)$ и $S_K(t_1)$ можно говорить о стабильной обстановке ($S_K(t_0) = S_K(t_1)$), наличии ее негативной ($S_K(t_0) < S_K(t_1)$) или позитивной ($S_K(t_0) > S_K(t_1)$) тенденции развития на интервале времени $[t_0, t_1]$.

Для описания методического подхода по выработке рекомендаций по изменению параметров обстановки предположим, что в момент времени t_0 состояние обстановки характеризуется вектором $v^{(1)}$, принадлежащим области пространства $W_K(S_1) \subset W$ со значением качества S_1 , которое, с точки зрения эксперта, является нежелательным. В свою очередь, в пространстве состояний обстановки имеется другая область пространства $W_K(S_2) \subset W$, характеризующая более высоким качеством S_2 . Пусть для перехода в состояние с более высоким качеством имеется ограниченный ресурс Q (например, финансовый, энергетический, технический). Тогда состояние $v^{(2)}$ из $W_K(S_2)$, для перехода в которое из состояния $v^{(1)}$ требуется минимальный ресурс, определит рекомендуемое состояние обстановки, на достижение которого может быть направлена деятельность. Если обозначить через $q_i = q(v_i) \geq 0$ ресурс, необходимый для изменения i -того параметра обстановки от v_i до $v_i + dv_i$, то искомое состояние обстановки $v^{(2)}$ определится из решения задачи:

$$\sum_{i=1}^n \left| \int_{v_i^{(1)}}^{v_i^{(2)}} q_i dv \right| \rightarrow \min,$$

где $v^{(1)} = \{v_1^{(1)}, v_2^{(1)}, \dots, v_n^{(1)}\} \subset W_K(S_1)$, $v^{(2)} = \{v_1^{(2)}, v_2^{(2)}, \dots, v_n^{(2)}\} \subset W_K(S_2)$, $n = r(W_K)$. Если при этом найденный минимум не превосходит Q , то попарное сравнение соответствующих координат исходного и найденного векторов дают возможность определить, какие именно параметры обстановки и на какую величину должны быть изменены, чтобы реализовать обстановку с требуемым качеством.

Изложенный выше «ресурсный» подход для выработки рекомендаций по изменению обстановки дает возможность обосновать количество возможных значений качества обстановки s_m и придать этим значениям понятный смысл.

Пусть множество значений каждого параметра обстановки $v_j \in [a_j, b_j]$ эксперт разбил на две непересекающиеся области: $[a_j, c_j]$ и $[c_j, b_j]$, считая, что если значение v_j принадлежит первой области, то оно желательно, второй области — нежелательно. Тогда будем говорить, что если для некоторого момента

времени t и всех $v_j(j=1, 2, \dots, J_K)$ выполняется условие $v_j(t, K) \in [a_j, c_j]$, то состояние обстановки в этот момент времени нормальное.

Если для некоторого момента времени t приведенное выше условие не выполняется хотя бы для одного $v_j(t, K)$, то возможны следующие случаи:

1. Имеющегося ресурса Q достаточно для изменения параметров обстановки в интересах ее перевода в какое-либо состояние, для которого $v_j(t, K) \in [a_j, c_j]$ для всех $v_j(j=1, 2, \dots, J_K)$.

2. Имеющегося ресурса Q недостаточно для изменения параметров обстановки в интересах ее перевода в какое-либо состояние, для которого $v_j(t, K) \in [a_j, c_j]$ для всех $v_j(j=1, 2, \dots, J_K)$.

Состояние обстановки в момент времени t в первом случае будем называть опасным, во втором случае — катастрофическим.

Смысл этих терминов понятен — в первом случае возможно использование имеющихся ресурсов для обеспечения перехода от нежелательной обстановки к нормальной, во втором случае из-за нехватки ресурсов нет возможности изменить сложившуюся обстановку на нормальную, и в силу этого возврат к нормальной обстановке если и произойдет, то только в результате неконтролируемого изменения факторов обстановки.

Ясно, что задача оценки возможности перехода между состояниями обстановки связана с поиском оптимальных (с точки зрения минимизации использования ресурсов) путей перехода между точками векторного пространства обстановок и может решаться методами вариационного исчисления применительно к конкретным типам обстановок и конкретным базисным координатам соответствующего векторного пространства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ожегов С.И. Словарь русского языка. — М.: Гос. изд. иностр. и нац. словарей, 1949.
2. Новый толково-словообразовательный словарь русского языка / под ред. Т.Ф. Ефремовой, 2000.
3. Хорольский П.Г. Концептуальная модель космической обстановки. Сборник трудов Днепропетровского национального института им. О. Гончара. — Днепропетровск, 2008.
4. Словарь терминов МЧС. — Федеральное государственное унитарное авиационное предприятие МЧС России EdwART, 2010.
5. Большая советская энциклопедия, 3-е издание. — М.: Советская энциклопедия, 1969—1978.
6. Безопасность: теория, парадигма, концепция, культура: словарь-справочник / автор-сост. проф. В.Ф. Пилипенко. — Изд. 2-е, доп. и перераб. — М.: ПЕР СЭ-Пресс, 2005.
7. Коротков Э.М. Исследование систем управления. Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов России по образованию в области менеджмента в качестве учебника по специальности «Менеджмент». — М.: Издательско-консалтинговая компания «ДеКА», 2000.
8. Коровкин Ю.В., Лукьянец Ю.Ф., Маснев Г.Ф. Формализация процесса анализа обстановки произвольного типа. Фундаментальные проблемы системной безопасности: материалы V Междунар. науч. конф., посвященной 90-летию со дня рождения выдающегося ученого, генерального конструктора ракетно-космических систем академика В.Ф. Уткина. — Елец, 2014.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Лукьянец Юлий Филиппович, к.т.н., ПАО «МАК «Вымпел»», Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 10, корп. 1, тел.: 8-915-400-30-29, e-mail: luk42@list.ru.

Коровкин Юрий Васильевич, к.т.н., ПАО «МАК «Вымпел»», Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 10, корп. 1, тел.: 8-915-400-30-29, e-mail: ykorovkin@mail.ru.

For citation: Radiopromyshlennost. — 2016. — № 1. — P. 87—90.

УДК 51—74

Y. F. Lukyanets, Y. V. Korovkin

METHODOLOGICAL ASPECTS OF ASSESSMENT OF SITUATION

Describes a general approach to the analysis of the situation of arbitrary type based on formal concepts and definitions, while the environment itself is interpreted as a point in a vector space with Euclidean metric. The process of analyzing the environment is represented as a set of consistently solved problems of environmental assessment, evaluation of trends in the development of the situation and elaboration of recommendations for changing the parameters of the situation. Provides General approaches to solving each of the tasks listed. Introduces the three States of the situation — normal, dangerous and disastrous showing signs of their differences.

Keywords: situation analysis, situation estimation, estimation of tendencies of situation development, situation forecasting, situation parameters, vector space.