Вестник МГТУ, том 16, № 4, 2013 г. стр.761-763

УДК 656.61.052

Оптимизация выбора результата при разрешении проблемной промыслово-навигационной ситуации

В.И. Меньшиков, К.В. Никитцев, И.Н. Левоев, В.В. Сологубов
Морская академия МГТУ, кафедра судовождения

Аннотация. Рассмотрена одна из проблем в организации ходовой вахты – оптимизация выбора результатов от разрешения возникающих проблемных промыслово-навигационных ситуаций. Показаны решения задачи выбора фактического результата для модели данной ситуации.

Abstract. One of the problems in the organization of sea watch – an optimization of selection results on the solution of difficult fishing navigational situations – has been considered in the paper. The solutions of the problem of choosing the actual result for the model of the situation have been shown.

Ключевые слова: вахта, оптимизация, ситуация, модель, фактический результат
Key words: watch, optimization, situation, model, actual result

1. Введение

В соответствии с положениями об организации ходовой вахты на мостике судна выбор и принятие текущих решений по обеспечению безопасности мореплавания возлагается на вахтенного помощника капитана или, в случае необходимости, на самого капитана. Отсутствие достаточного времени резервирования у лица, принимающего решения (ЛПР), превращает выбор и принятие текущих решений в последовательность рациональных действий из множества возможных. Поэтому одной из значимых проблем в организации ходовой вахты при заданном уровне безопасности мореплавания является поддержание рациональности в действиях ЛПР за счёт исключения из организации несения вахты внутрисистемных противоречий, возникающих, например, в случае разрешения проблемной навигационной ситуации (*Льюс, Райфа*, 1961). Однако не менее значимой для повышения уровня безопасности мореплавания является проблема оптимизации выбора результатов от разрешения возникающих проблемных промыслово-навигационных ситуаций.

2. Модель проблемной промыслово-навигационной ситуации

Проблемную промыслово-навигационную ситуацию в общем виде можно описать с помощью математической структуры, которая включает основные элементы промыслового и навигационного пространства и связи между этими элементами. В рамках такого подхода структуру проблемной промыслово-навигационной ситуации можно представить так:

$$\eta = (\Lambda, V, G, H, R, X, Q), \tag{1}$$

где Λ – множество детерминированных и случайных факторов, определяющих безопасное состояние мореплавания; V – множество управлений, используемых лицом, принимающим решения (ЛПР); G – множество результатов, получаемых в процессе несения ходовой вахты; H – множество моделей (отображений) навигационных процессов адекватных Λ, V, G; R – глобальная цель разрешения проблемной навигационной ситуации; X – множество операторов соответствия; Q – множество критериев эффективности.

Пусть в модели проблемной промыслово-навигационной ситуации (1) заданы компоненты множества Λ, определено множество управлений V, принята модель H, а также задан критерий эффективности Q. Если критерий эффективности Q, принятый априорно, не приводит к выбору "худших" или "лучших" управлений из множества V, то при анализе деятельности ЛПР следует использовать составные критерии и решающие правила, определённые, например, на множестве $G – P_G$.

В целом модель проблемной навигационной ситуации (1) может быть успешно разрешена ЛПР с привлечением навигационной информации, цели R судовой операции, состава множеств V и Λ. Такие данные позволяют ЛПР выбрать характеристики оператора соответствия X, в функции от полученного или возможного результата G. Характеристики оператора соответствия можно получить в рамках отображения, записанного так:

$$H: V \times \Lambda \rightarrow X(G), \tag{2}$$

где $X(G)$ – фактический результат, полученный от разрешения проблемной промыслово-навигационной ситуации.

3. Решение задачи выбора фактического результата

В качестве примера рассмотрим задачу выбора фактического результата $X(G)$ в условиях неопределённости. Пусть $X(G)$ – множество допустимых результатов от разрешения проблемной промыслово-навигационной ситуации, S – множество возможных состояний факторов среды, $f(x, s)$ – оценка результатов от разрешения проблемной промыслово-навигационной ситуации $x \in X(G)$ при условии, что среда принимает состояние $s \in S$. В этих предположениях задача выбора оптимального результата от разрешения проблемной промыслово-навигационной ситуации записывается так:

$$f(x, s) \to \max, x \in X(G). \tag{3}$$

Наиболее распространённый подход к решению задачи (3) состоит в следующем. Фиксировав $s \in S$, положим $f_S(x) = f(x, s)$ для любого $x \in X(G)$. Функция $f_S(x)$ позволяет провести сравнение всех допустимых результатов при фиксированном состоянии среды $s \in S$. Однако каждая такая функция позволяет сравнивать результаты лишь при каком-то одном состоянии среды. Поскольку состояние природы неопределённо, необходимо рассматривать всю совокупность таких функций $\{f_S(x) : s \in S\}$. Сравнение результатов по всей совокупности указанных функций приводит к более общей задаче вида

$$f(x) = \{f(x, s): s \in S\} \to \max, x \in X(G). \tag{4}$$

Задача (4) посвящена случаю, когда результаты $x \in X(G)$ оцениваются конечным числом критериев. Однако в некоторых теоретических исследованиях, в основном по математической экономике, рассматриваются задачи, близкие к (4) и требующие континуальности множества S. Требование континуальности S также оказывается естественным и при решении некоторых прикладных задач, таких, например, как обеспечение безопасности мореплавания и ведения промысла с учётом состояний окружающей среды.

В технических системах, как правило, $s \in S$ интерпретируется как (неопределённый) параметр, имеющий тот или иной физический смысл и обладающий непрерывной мерой. Поэтому S является континуальным, и множество критериев в (4) также континуально. Отметим ещё один возможный источник континуальности S. В некоторых случаях при конечном, но относительно большом числе частных критериев в (4) допустима гладкая параметризация семейства критериев. Эта параметризация позволяет применить гладкие аналитические методы, существенно облегчающие решение задачи (4). Поэтому рассмотрение случая континуальности S может оказаться полезным при решении задачи (4) с конечным числом критериев.

В условиях компактности допустимого множества результатов и непрерывности частных критериев оптимальные решения существуют (множество S при этом предполагается произвольным). Тогда векторная задача оптимизации выбора результата (2) может быть рассмотрена как обобщение обычной скалярной задачи оптимизации. Естественное обобщение строгого векторного неравенства на множестве значений оптимизируемой функции имеет две векторные разновидности: строгое (>) и полустрогое (≥) векторные неравенства. Если обозначить через R^S совокупность отображений из S в R, то значения векторного критерия $f(x) = \{f_S(x): s \in S\}$ будут принадлежать R^S, и для произвольных значений $a, b \in R^S$ можно ввести отношения:

$$a > b, \text{ если } a_S > b_S, \text{ для всех } s \in S;$$
$$a \geq b, \text{ если } a_S \geq b_S, \text{ для всех } s \in S \text{ и } a \neq b. \tag{5}$$

Очевидно, что как строгие, так и полустрогие неравенства всегда задают частичный порядок на множестве всех векторов из R^S.

В качестве средства решения векторной задачи оптимизации часто используется скалярная задача оптимизации. Так, одним из способов поиска оптимальных векторов относительно векторных неравенств (5) служит скаляризация задаваемого ими частичного порядка с помощью монотонных отображений R^S на числовую ось. Отображение вида

$$\varphi: R^S \to R$$

будет строго (соответственно полустрого) монотонным, если из того, что $a \geq b$ (соответственно $a > b$) следует, что $\varphi(a) > \varphi(b)$. Легко проверить, что если φ строго (соответственно полустрого) монотонна, то каждая точка максимума суперпозиции $\varphi \circ f(x)$ по $x \in X(G)$ является оптимальной относительно полустрогого (соответственно строгого) векторного неравенства.

Векторная задача оптимизации $P_S = < X(G), f_S >$ состоит в максимизации векторного критерия $f_S = \{f_S : s \in S\}$ на множестве выбора $X(G)$. Здесь $f(x)$ – s-й частный критерий; S – произвольное (вообще говоря, бесконечное) множество. Сохранив обычные определения, точку $x \in X(G)$ назовём эффективной (соответственно полуэффективной), если не существует такой точки $y \in X(G)$, что $f_S(y) \geq f_S(x)$ (соответственно $f_S(y) > f_S(x)$). Совокупности эффективных точек (множество Парето) обозначим через $E(P_S)$.

4. Эффективные точки

Далее следует рассматривать вопрос существования эффективных точек, т.е. вопрос непустоты множества $E(P_S)$. Для положительного ответа на этот вопрос достаточно указать хотя бы одну точку множества $E(P_S)$, показав тем самым, что оно непустое. Для того чтобы показать, что множество $E(P_S)$ не пусто, необходимо в первую очередь определить его состояние, отвечающее понятию "вполне упорядоченное".

Множество S можно назвать "вполне упорядоченным" отношением "<", если в каждом его непустом подмножестве содержится не только первый s, но и последний s^* элемент. Тогда в силу принципа трансфинитной индукции для "вполне упорядоченного" множества S при первом заданном элементе $s \in S$ и последнем заданном элементе $s^* \in S$ можно выделить множество $X(G)_S \subseteq X(G)$, для которого справедливо равенство:

$$X(G)_S^* = \arg\max_{y \in X(G)} f_S^*(y).$$

Очевидно, что при $s = s^*$ множество $X(G)_S$ должно удовлетворять следующим условиям:

– $X(G)_S$ – непустое компактное множество $X(G)$;

– $X(G)_S \subseteq E(P_{[s,\, s^*]})$;

– $(\exists\, x \in X(G), \exists z \in X(G)_S, \forall\, j \in [s, s^*], f_i(x) \geq f_i(z)) \Rightarrow (x \in X(G)_S)$;

– $\forall\, j \in [s, s^*], X(G)_S \subseteq X(G)_j$.

Рассуждая интуитивно, будем полагать, что множество $X(G)_S$ удовлетворяет составленным условиям для всех $s \in (l, s^*]$. Тогда можно найти множество $X(G)_l$, как множество точек максимума в скалярной задаче оптимизации:

$$f_l(y) \to \max, y \in Y_l \cap \{X(G)_S : s \in (l, s^*]\}. \qquad (6)$$

В силу непустоты и компактности Y_l, в выражении (6), а также полунепрерывности сверху $f_l(y)$ имеем $X(G)_l \neq \varnothing$.

5. Заключение

Таким образом, если множество $X(G)$ компактно, и при каждом $s \in S$ функция $f_S(x)$ хотя бы полунепрерывна сверху на $X(G)$, то множество $E(P_S)$ не пусто. Отметим, что вопрос о существовании эффективных точек в конечномерном случае может быть сведён к вопросу о существовании решений в обычной скалярной задаче оптимизации. В то же время, вопрос о существовании эффективных точек в бесконечномерном случае оказывается нетривиальным и требует применения трансфинитных методов.

Литература

Льюс Р.Д., Райфа Х. Игры и решения. *М., Изд-во иностр. лит.*, 642 с., 1961.