DOI: 10.17117/na.2016.02.03.253

<http://ucom.ru/doc/na.2016.02.03.253.pdf>

Поступила (Received): 15.02.2016

Романенко А.И.

Применение методов линейного программирования при решении экстремальных задач управления в условиях метеорологической неопределенности

Romanenko A.I.

Application of methods of linear programming at decision of extreme tasks of management in the conditions of the meteorological vagueness

В статье рассматривается вопрос о возможности применения стохастических условий принятия решений при наличии метеорологической неопределенности. Обосновывается правильность выбора наилучшей стратегии, традиционно зависящей от качества прогнозов погоды с помощью решения задач управления методами линейного программирования

Ключевые слова: метеорологическая неопределенность, стохастические условия, элементы матрицы, выбор стратегии, прогноз погоды, метеоусловия, специфика функционирования

In the article a question is examined about possibility of application of stochastic terms of making decision at presence of meteorological vagueness. The rightness of choice of the best strategy traditionally depending on quality of weather forecasts by means of decision of management tasks by the methods of the linear programming is grounded

Key words: meteorological vagueness, linear programming, elements of matrix, choice of strategy, weather forecast, meteorological terms, specific of functioning

Романенко Александр Иванович

Кандидат технических наук, доцент
Московский государственный университет
технологий и управления им. К.Г. Разумовского
г. Москва, Земляной вал, 73

Romanenko Alexandr Ivanovich

Candidate of Engineering Sciences, Associate
Professor
Moscow state university of technology and
management named K.G. Razumovsky
Moscow, Zemlyanoi Val, 73

Решение экстремальных задач управления при наличии метеорологической неопределенности требует применения стохастических условий принятия решений [3]. Однако указанные методы в ряде случаев могут быть заменены детерминированными методами математического программирования [3]. Обусловлено это тем, что формально детерминированная ситуация при наличии соответствующих ограничений отличается от стохастической только интерпретацией исходных данных, налагаемых условий и полученных результатов. Другими словами, при решении ряда практических задач управления математическое описание функционирования авиационных формирований (далее АФ) в

условиях метеорологической неопределенности по форме идентично соответствующему описанию в детерминированной постановке. При этом неопределенность исследуемых характеристик АФ выражается в наличии ряда реализаций используемых математических моделей принятия решений, что требует системного анализа этих реализаций и получения количественных оценок их связи с характеристиками эффективности функционирования АФ.

Если в математической модели управления аналитическое описание показателя эффективности и ограничений, налагаемых на элементы решения, осуществляется с помощью линейных выражений (равенств и неравенств), то задача управления решается методами линейного программирования, обеспечивающими поиск максимума показателя эффективности (целевой функции)

$$J(\mathbf{x}) = \mathbf{c}^T \mathbf{x} \rightarrow \max, \quad (1)$$

при выполнении условий:

$$\mathbf{A}_{m \times n} \mathbf{x} \begin{cases} \geq \\ = \\ \leq \end{cases} \mathbf{b}, \quad (2)$$

где $\mathbf{c}^T$ – транспонированный n -мерный вектор, $\mathbf{b}$ – m -мерный вектор, $\mathbf{A}_{m \times n}$ – матрица размерности $m \times n$, $\mathbf{x}$ – n -мерный вектор управляемых переменных (элементов решения), n – количество переменных, m – общее число ограничений.

Следует отметить, что замена максимизации целевой функции (1) ее минимизацией не нарушает общности методов линейного программирования. Так поиск минимума функции $J_1(\mathbf{x})$ эквивалентен поиску максимума функции $J(\mathbf{x}) = -J_1(\mathbf{x})$.

В математической модели (1), (2) составляющие векторов $\mathbf{c}$, $\mathbf{b}$ и элементы матрицы $\mathbf{A}_{m \times n}$ являются неуправляемыми переменными, определяемыми спецификой решаемой задачи. С помощью этих переменных предлагается учитывать метеорологическую неопределенность, обусловленную несовпадением прогностических и фактических метеоданных, а также отсутствием детерминированного закона влияния метеорологических характеристик на состояние АФ.

Если прогностические метеорологические данные совпадают с фактическими метеороусловиями во всех временных точках процесса принятия решений, то можно считать, что управление $\mathbf{x}$ выбирается обосновано и влечет максимальную эффективность функционирования АФ при заданных значениях ресурсов. Характерное для практических ситуаций несовпадение прогностических и фактических значений исследуемых характеристик погоды является причиной выбора неадекватного управления $\mathbf{x}^*$ и как следствие – снижения эффективности функционирования АФ.

Уменьшение влияния неточности информации о будущем состоянии погоды предлагается осуществить путем анализа результатов применения различных стратегий использования метеорологической информации для прогноза одних и тех же метеорологических объектов. Под стратегией здесь понимается заданная методика получения и представления различных видов метеорологической информации на этапах планирования и непосредственного управления.

Наличие множества таких стратегий связано с множеством методов получения метеорологической информации. В формализованном виде процесс построения указанного множества $\{S^k\}$ предлагается осуществить следующим образом.

Пусть элементы матрицы A ,

$$A = \begin{bmatrix} \{a_{11}^{l_{11}}\} & \{a_{12}^{l_{12}}\} & \dots & \{a_{1n}^{l_{1n}}\} \\ \{a_{21}^{l_{21}}\} & \{a_{22}^{l_{22}}\} & \dots & \{a_{2n}^{l_{2n}}\} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \{a_{m1}^{l_{m1}}\} & \{a_{m2}^{l_{m2}}\} & \dots & \{a_{mn}^{l_{mn}}\} \end{bmatrix}, \quad (3)$$

представляют собой трехмерные множества методов получения информации i -го вида о j -ой составляющей состояния погоды, то есть

$$\{a_{ij}^{l_{ij}}\} = a_{ij}^1, a_{ij}^2, \dots, a_{ij}^{l_{ij}},$$

где $l_{ij} = (1, 2, \dots, L_{ij})$ – порядковые номера методов получения информации.

Тогда, в соответствии с принятой терминологией, стратегии $S_j^{k'}$ отличаются друг от друга применением различных методов получения метеорологической информации и определяются как:

$$S_j^{k'} = [(a_{1j}^1 \cup a_{1j}^2 \cup \dots \cup a_{1j}^{l_{1j}}) \cup (a_{2j}^1 \cup a_{2j}^2 \cup \dots \cup a_{2j}^{l_{2j}}) \cup \dots \cup (a_{mj}^1 \cup a_{mj}^2 \cup \dots \cup a_{mj}^{l_{mj}})]_{k'}, \quad \forall j = \overline{1, n}$$

Общее количество таких стратегий K_j' равно

$$K_j' = \sum_{i=1}^m \sum_{e=1}^{L_{ij}} a_{ij}^e, \quad \forall j = \overline{1, n}.$$

Всевозможные сочетания стратегий $S_j^{k'}$ (равно как и элементов множеств $\{a_{ij}^e\}$ в матрице (3)) соответствуют определенным стратегиям S^k применение которых обеспечивает получение информации о полной совокупности влияющих метеорологических факторов

$$S_k = (S_1^1 \cup S_1^2 \cup \dots \cup S_1^{k'_1}) \cap (S_2^1 \cup S_2^2 \cup \dots \cup S_2^{k'_2}) \cap \dots \cap (S_n^1 \cup S_n^2 \cup \dots \cup S_n^{k'_n}).$$

В каждой из стратегий S^k допускается наличие не более чем одного элемента из совокупности множеств, представленных столбцами матрицы (3), то есть при построении данных стратегий можно использовать не более чем один метод получения информации о j -ой составляющей состояния погоды. Общее количество K стратегий S^k равно произведению величин K_j' .

На практике возникает проблема выбора наилучшей стратегии, традиционно зависящей от качества прогнозов погоды. Однако в ряде работ доказано, что оценка качества прогностической информации по степени близости ее к информации о фактической погоде часто оказывается неадекватной эффективностью применения полученных данных в процессе функционирования АФ. Обусловлено это тем, что качество прогноза включает в себя: формулировку; точность, определяемую оценкой доверительного интервала ошибки прогноза для заданной вероятности его осуществления; достоверность – оценку доверительной вероятности осуществления ошибки прогноза для заданного доверительного интервала; информативность, связанную со степенью дискретности представления прогностической информации. Параметры всех перечисленных характеристик качества, или некоторых из них, могут быть неприемлемыми для

лица, принимающего решения (далее ЛПР) и вызвать его скептическое отношение к прогнозу. Другими словами, высокое качество прогнозов является необходимым, но не достаточным условием доверия к ним ЛПР. Поэтому обычно прогноз исследуемых метеорологических величин и (или) явлений разрабатывается в рамках определенной группы прогнозов [2].

Следовательно, успех прогнозирования не всегда указывает на эффективность применения метеорологических прогнозов в процессе управления функционированием конкретных АФ. Поэтому прогнозы погоды для различных АФ должны составляться с учетом специфики их функционирования в заданных пространственных и временных масштабах. При этом для разных АФ будет иметь место разная оценка эффективности применения прогнозов. Кроме того, в последние годы качество прогнозов, в классическом понимании, уже достигло определенного уровня стабилизации. Поэтому возможности повышения эффективности метеорологического обеспечения за счет повышения качества прогностической метеорологической информации к настоящему времени практически себя исчерпали, а каждый процент прироста успешности обходится все более дорогой ценой [1]. Выход из этого положения требует специализированного метеорологического обеспечения, в основе методологии которого лежит предоставление ЛПР возможности оценивать применяемую метеорологическую информацию с помощью критериев эффективности функционирования АФ. При этом негативное влияние того, что применение любой из полученных стратегий, уменьшая метеорологическую неопределенность, полностью ее не устраняет, сводится к минимуму. Поэтому в качестве основной цели выбора наилучшей стратегии предлагается принять уменьшение влияния на АФ остаточной метеорологической неопределенности путем оценки эффективности применения разработанных стратегий при решении оптимизационной задачи управления. Целесообразность применения данного подхода связана и с тем, что повышение качества метеорологического обеспечения связано не только с увеличением успешности прогнозов погоды общего назначения, но и с улучшением методики использования метеорологической информации ЛПР [4]. Процесс решения оптимизационной задачи управления, с учетом информации о погодных условиях, такую возможность предоставляет. То есть, для практических целей в рассматриваемой ситуации применяется не столько информация о значениях влияющих метеорологических факторов, сколько активный прогноз характеристик и параметров функционирования АФ, зависящих от меняющейся метеорологической обстановки и действий ЛПР. Разработку указанного прогноза предлагается осуществить на базе анализа численных значений выходных параметров АФ, полученных для различных вариантов решения оптимизационной задачи, связанных с применением различных стратегий использования метеорологической информации.

Список используемых источников:

1. Михайлов В.В. Методика использования метеорологических прогнозов при управлении метеозависимыми организационно-техническими системами // Системы управления и информационные технологии. №1.1 (24), 2006. С. 164-167.

2. Романенко А.И. Анализ существующих направлений получения прогностической метеорологической информации // Научный альманах. 2015. № 11-4(13). С. 361-363.
3. Романенко А.И. Особенности управления авиационными формированиями в условиях метеорологической неопределенности // Научный альманах. 2015. № 11-4(13). С. 364-366.
4. Романенко А.И. Оптимизация использования метеорологической информации для обеспечения безопасности функционирования авиационных формирований // Альманах современной науки и образования 2011. № 1(44). С. 75-76.

© 2016, Романенко А.И.

Применение методов линейного программирования при решении экстремальных задач управления в условиях метеорологической неопределенности

© 2016, Romanenko A.I.

Application of methods of linear programming at decision of extreme tasks of management in the conditions of the meteorological vagueness