

О НЕКОТОРЫХ АСПЕКТАХ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ ПРИ ОБОСНОВАНИИ ПЕРЕЧНЯ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗДЕЛИЯ, КОНТРОЛИРУЕМЫХ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Новиков

Александр Николаевич,

к.т.н., доцент кафедры

Военно-космической

академии имени А.Ф.Можайского,

г. Санкт-Петербург, Россия,

novalloll@mail.ru

Ключевые слова:

некогерентный оптический излучатель, оптимальный оптический прием, оптимальные оптические цифровые сигналы, синтез оптического приемника, фотоны и фотоэлектроны, минимизация средней вероятности ошибки приема.

АННОТАЦИЯ

В условиях поэтапной модернизации объектов наземной космической инфраструктуры, особое внимание следует уделить совершенствованию измерительных систем и комплексов, применяемых для метрологического обслуживания такого рода изделий. При этом, отсутствие полноценной информации о степени реализуемости режимов и условий проведения контроля параметров и характеристик изделий создает предпосылки для поиска оригинальных подходов в решении оптимизационных задач обоснования перечня измеряемых (контролируемых) параметров изделий.

Представлены результаты исследований особенностей применения методов целочисленной многокритериальной оптимизации при обосновании перечня параметров и характеристик изделия, контролируемых в процессе эксплуатации с использованием нечетких исходных данных о режимах и условиях проведения контроля, а именно, особенностей ранжирования альтернатив с учётом возможных вариантов сочетания различных типов оценок, представленных в детерминированной, стохастической, либо нечёткой формах. Основное внимание уделяется разработке уточняющих положений, касающихся применения метода ранжирования по максимальному удалению с использованием формализованных в нечетком виде исходных данных, позволяющих исключить допущения, обязательные в случае применения традиционных методов ранжирования недоминируемых альтернатив о том, что частные показатели оценивания альтернатив независимы, насколько неравноценны, настолько и несоизмеримы по важности, об аддитивности частных показателей, о неизменности выполнения принципа транзитивности при ранжировании альтернатив. Показано, что применение аппарата теории нечетких множеств существенно дополняет методологию решения задач целочисленной многокритериальной оптимизации. Ряд переменных, отражающих влияние внешних факторов (условий) проведения измерений (контроля) при оценивании показателя результативности контроля параметров изделия, а также компонент затрат на контроль при оценивании показателя экономичности (ресурсоемкости) может на этапе анализа вариантов формирования рационального перечня измеряемых (контролируемых) в процессе эксплуатации параметров изделия оценён лишь приблизительно, с указанием примерного интервала возможных значений и ожидаемого распределения на этом интервале. В такой ситуации нечёткие оценки являются единственно корректной формой отражения реальной неопределённости оценивания значений частных показателей предпочтительности альтернатив (комбинации характеристик).

Согласно основным нормативным документам одной из важных задач на этапе исследований и обоснования разработки сложных технических систем является определение номенклатуры и нормирование параметров изделия, требований к погрешности их измерений (достоверности контроля), а также определение номенклатуры параметров, контролируемых в процессе эксплуатации.

В условиях постоянного роста требований к повышению точности, оперативности, снижению ресурсоемкости измерительных систем и комплексов, применяемых для метрологического обслуживания такого рода изделий, а также отсутствия полноценной апостериорной информации о степени реализуемости режимов и условий проведения контроля параметров и характеристик изделий (особенно, вновь разрабатываемых), возникает необходимость в поиске оригинальных подходов в решении оптимизационных задач обоснования перечня измеряемых (контролируемых) параметров изделий, связанных с применением теории нечетких множеств.

При этом, применимость большинства традиционно используемых методов ранжирования недоминируемых альтернатив, таких как метод лексикографического упорядочения, методы упорядочения с обобщенным критерием, методы упорядочения без обобщенного критерия, исследованных например, в работах [1,2,3] зачастую ограничена предположениями (допущениями) о том, что частные показатели оценивания альтернатив независимы, насколько неравноценны, настолько и несоизмеримы по важности. Кроме того, не всегда обоснованным представляется применение в этих задачах принципа аддитивности частных показателей, так как при его использовании возможна ситуация, что будет признана лучшей альтернатива, набравшая большее суммарное число «баллов» за счёт суммы не самых важных, но многочисленных частных показателей. Не исключена при этом и возможность получения вариантов упорядочений с нарушением принципа транзитивности при ранжировании альтернатив, т.е. может быть, что $a_i \not\prec a_j$, $a_j \not\prec a_k$ и $a_k \not\prec a_i$.

Исходя из этого, рассмотрим альтернативный метод обоснования рационального перечня измеряемых (контролируемых) в процессе эксплуатации параметров изделия, основанный на решении оптимизационных задач.

Пусть для каждого частного показателя K_v можно указать пороговое значение L_v такое, что альтернативы, оценки которых по показателю K_v ниже, чем L_v , крайне нежелательны. Более предпочтительными считаются альтернативы, оценки которых по частным показателям как можно дальше отстоят от критических значений L_v . Исходя из сущности подхода к ранжированию, данный метод можно назвать методом ранжирования по максимальному удалению от критических значений частных показателей или, сокращённо, методом ранжирования по максимальному удалению (РМУ).

Представим математическую модель, лежащую в основе метода РМУ, в формализованном виде следующим образом.

Пусть альтернативы $A = \{a_1, \dots, a_n\}$ оцениваются по s частным критериям $K_1, \dots, K_s$ и $X_{i<s>} = (x_{i1}, \dots, x_{is})$ – вектор оценок альтернативы a_i , $i \in \{1, \dots, n\}$. Альтернативу a_i будем считать более предпочтительной, чем a_j , если

$$\min\{x_{i1}-L_1, \dots, x_{is}-L_s\} > \min\{x_{j1}-L_1, \dots, x_{js}-L_s\}.$$

Тогда выбор наилучшей альтернативы a^* осуществляется как решение задачи

$$a^* = \arg \max_{a_i \in A} \left[\min_{v \in \{1, \dots, s\}} \{x_{iv} - L_v\} \right]. \quad (1)$$

В работе [4] показано, что задача (1) может быть решена как задача линейного программирования

$$z_{iv} \rightarrow \max_{\substack{i \in \{1, \dots, n\} \\ v \in \{1, \dots, s\}}} \quad (2)$$

при ограничениях $x_{iv} - L_v - z_{iv} \geq 0$, $v \in \{1, \dots, s\}$, $a_i \in A$.

При небольшом числе альтернатив задача может быть решена непосредственным расчётом значений $\min_v (x_{iv} - L_v)$ и выбором альтернативы с максимальным значением данного критерия.

Обобщим правило (1) на случай, когда частные показатели K_v , $v \in \{1, \dots, s\}$ различны по важности. В данной постановке это означает, что удаление оценок альтернатив от критических значений по одним частным показателям важнее, чем по другим. Например, для одной группы параметров (характеристик) изделия важнее обеспечить более высокие значения показателей результативности контроля (снижение неопределённости знаний о текущем (перспективном) техническом (функциональном) состоянии по сравнению с показателями оперативности и экономичности (ресурсоемкости) контроля. В то время как для другой важнее обеспечить более высокие значения показателей оперативной готовности и эксплуатационной экономичности по сравнению с требованиями к точности и информативности контроля (достаточными для принятия обоснованного решения только о текущем состоянии изделия (годен/не годен)).

Допустим, что определены значения весовых коэффициентов $\alpha_1, \dots, \alpha_s$, характеризующих важность удаления оценки альтернативы по каждому из частных показателей. Тогда задача (1) может быть записана в виде:

$$a^* = \arg \max_{a_i \in A} \left[\min_{v \in \{1, \dots, s\}} \{\alpha_v (x_{iv} - L_v)\} \right]. \quad (3)$$

Соответственно, задача линейного программирования (2) принимает вид:

$$\sum_{v=1}^s \alpha_v z_{iv} \rightarrow \max_{i \in \{1, \dots, n\}} \quad (4)$$

при ограничениях $x_{iv} - L_v - z_{iv} \geq 0$, $v \in \{1, \dots, s\}$, $a_i \in A$.

Или, введя функцию $\Phi(a_i) = \sum_{v=1}^s \alpha_v z_{iv}$, можно записать:

$$a^* = \arg \max_{a_i \in A} \Phi(a_i) \quad (5)$$

$$x_{iv} - L_v - z_{iv} \geq 0, v \in \{1, \dots, s\}.$$

Анализ составляющих выражения (5) позволяет выделить следующие аспекты, подлежащие уточнённому исследованию:

1. Выбор способа оценивания значений коэффициентов важности частных показателей $\alpha_v, v \in \{1, \dots, s\}$.

2. Анализ возможных способов формирования оценок $x_{iv}, i \in \{1, \dots, n\}, v \in \{1, \dots, s\}$ частных показателей.

3. Исследование способов преобразования частных показателей $K_v, v \in \{1, \dots, s\}$ к однородным.

4. Анализ способов задания критических значений $L_v, v \in \{1, \dots, s\}$ частных показателей.

5. Исследование особенностей ранжирования альтернатив с учётом возможных вариантов сочетания различных типов оценок составляющих данного выражения.

В случае если заранее можно строго проранжировать частные показатели по важности, то можно воспользоваться следующим способом оценивания значений коэффициентов α_v .

Пусть частные показатели $K_v, v \in \{1, \dots, s\}$ представлены в проранжированном виде множеством $K_{\{s\}}^r = \{K_1^r, \dots, K_s^r\}$. Тогда можно сформировать соответствующее упорядоченное множество из коэффициентов важности $\alpha_{\{s\}}^r = \{\alpha_1^r, \dots, \alpha_s^r\}$.

Допустим, что определены значения коэффициентов сравнительной предпочтительности ρ_{ij} между соседними коэффициентами важности α_i и α_j в упорядоченном множестве $\alpha_{\{s\}}$, такие что $\rho_{ij} = \frac{\alpha_i}{\alpha_j}, j = i+1; i, j \in \{1, \dots, s\}$.

С учётом этого можно составить следующую систему из $(s+1)$ уравнений с s неизвестными α_i :

$$\begin{cases} \alpha_1 = \rho_{12}\alpha_2, \\ \alpha_2 = \rho_{23}\alpha_3, \\ \vdots \\ \alpha_{s-1} = \rho_{(s-1)s}\alpha_s, \\ \sum_{v=1}^s \alpha_v = 1. \end{cases} \quad (6)$$

Решая (6), имеем:

$$\begin{aligned} \alpha_s &= \left(1 + \rho_{(s-1)s} + \dots + \prod_{i=2}^{s-1} \rho_{i(i+1)} + \prod_{i=1}^{s-1} \rho_{i(i+1)} \right)^{-1} = M_s, \\ \alpha_{s-1} &= \rho_{(s-1)s} M_s, \\ \alpha_{s-2} &= \rho_{(s-2)(s-1)} \rho_{(s-1)s} M_s, \\ &\vdots \\ \alpha_j &= \prod_{i=j+1}^s \rho_{(i-1)i} M_s, \\ &\vdots \\ \alpha_1 &= \prod_{i=2}^s \rho_{(i-1)i} M_s. \end{aligned} \quad (7)$$

Если при строгом ранжировании частных показателей K_v по важности возникают затруднения, то можно

воспользоваться методом, описанным в работе [5]. При этом предполагаются известными значения, принимаемые каждой из n альтернатив по всем частным показателям $K_v, v=1, s$, т.е. векторы $X_i = (x_{i1}, \dots, x_{is}), i \in \{1, \dots, n\}$. Кроме того, есть информация о парных сравнениях альтернатив, т.е. для каждой пары альтернатив α_i, α_j известна более предпочтительная.

Тогда, задача отыскания весовых коэффициентов $\alpha_v \geq 0$ формулируется как

$$\sum_{ij \in I} Y_{ij} \rightarrow \min \quad (8)$$

при ограничениях

$$\begin{aligned} \sum_{v=1}^s (x_{iv} - x_{jv}) \alpha_v + Y_{ij} &\geq 0, \\ \sum_{v=1}^s \alpha_v &= 1, \alpha_v \geq 0, Y_{ij} \geq 0, \end{aligned}$$

где I – есть множество всех пар индексов i, j , для которых $\alpha_i \succ \alpha_j$.

Данная задача относится к классу задач линейного программирования и при сравнительно небольшом числе альтернатив может эффективно решаться с помощью ЭВМ.

Анализ возможных способов формирования оценок $x_{iv}, i \in \{1, \dots, n\}, v \in \{1, \dots, s\}$ частных показателей показывает, что в зависимости от количества исходных данных, доступности источников информации, способов получения информации и природы частных показателей K_v оценки x_{iv} могут быть представлены в детерминированной, стохастической, либо нечёткой формах. Детерминированные и стохастические оценки с точки зрения формы представления выражаются в виде точечных, либо интервальных величин. Нечёткие же оценки представляют собой нечёткие множества x_{iv} , определённые на множествах значений частных показателей с помощью так называемых функций принадлежности μ_{iv} в виде:

$$x_{iv} = \{ \langle x_{iv}, \mu_{iv} \rangle \}, \mu_{iv} : X_{iv} \rightarrow [0; 1]. \quad (9)$$

Нечёткие оценки в ряде случаев являются единственно корректной формой отражения реальной неопределённости оценивания значений частных показателей. В частности, ряд переменных, отражающих влияние внешних факторов (условий) проведения измерений (контроля) при оценивании показателя результативности контроля параметров изделия, а также компонент затрат на контроль при оценивании показателя экономичности (ресурсоемкости) может на этапе анализа вариантов формирования рационального перечня измеряемых (контролируемых) в процессе эксплуатации параметров изделия оценён лишь приблизительно, с указанием примерного интервала возможных значений и ожидаемого распределения на этом интервале.

Как уже было сказано выше, в общем случае частные показатели являются неоднородными, так как измеряют интенсивность свойств различной физической

природы. В этом случае они нуждаются в преобразовании к однородным. Рекомендации, приведенные в работе [6] справедливы для случая, когда частные показатели таковы, что более предпочтительной альтернативе соответствует большее значение показателя. В противном случае преобразование показателей в однородные следует осуществлять с помощью выражений:

$$x'_{iv} = \frac{\bar{x}_v - x_{iv}}{\bar{x}_v - \underline{x}_v} = 1 - \frac{x_{iv}}{\bar{x}_v}, \quad (10)$$

$$x'_{iv} = \frac{\bar{x}_v - \underline{x}_v - \bar{x}_{iv} + x_{iv}}{\bar{x}_v - \underline{x}_v} = 1 - \frac{\bar{x}_{iv} - x_{iv}}{\bar{x}_v - \underline{x}_v}, \quad v \in \{1, \dots, s\}. \quad (11)$$

В большинстве практических случаев измерения значений частных показателей производятся в шкалах отношений, когда преобразования показателей к однородному виду требует знания точечных оценок $\bar{x}_v$. Однако, для некоторых частных показателей, не измеряемых в шкале $[0;1]$, таких, например, как трудоемкость, стоимость, технологическая сложность процедуры контроля, и т.п., трудно задать однозначное значение максимально возможной оценки показателя. В то же время можно указать приближённо область значений, которой $\bar{x}_v$ принадлежит с большей или меньшей уверенностью. В этих случаях целесообразно оценивать в виде нечёткой величины:

$$\bar{x}_v = \{<\bar{x}_v, \mu(\bar{x}_v)>\}, \quad (12)$$

где $\mu(\bar{x}_v)$ есть функция принадлежности нечёткого множества максимально возможных значений оценки показателя K_v .

С учётом этого обстоятельства преобразование $\bar{x}_{iv}$ к однородному виду производится по формулам:

$$\underline{x}'_{iv} = x_{iv} / \bar{x}_v = \{<x'_{iv}, \mu(x'_{iv})>\}, \quad (13)$$

где $x'_{iv} = x_{iv} / \bar{x}_v$, $\mu(x'_{iv}) = \mu(\bar{x}_v)$;

$$\underline{x}'_{iv} = (\bar{x}_{iv} - \underline{x}_{iv}) / (\bar{x}_v - \underline{x}_v) = \{<x'_{iv}, \mu(x'_{iv})>\}, \quad (14)$$

где $x'_{iv} = (\bar{x}_{iv} - \underline{x}_{iv}) / (\bar{x}_v - \underline{x}_v)$, $\mu(x'_{iv}) = \mu(\bar{x}_v)$;

$$\underline{x}'_{iv} = 1 - (x_{iv} / \bar{x}_v) = \{<x'_{iv}, \mu(x'_{iv})>\}, \quad (15)$$

где $x'_{iv} = 1 - (x_{iv} / \bar{x}_v)$, $\mu(x'_{iv}) = \mu(\bar{x}_v)$;

$$\underline{x}'_{iv} = 1 - [(\bar{x}_{iv} - \underline{x}_{iv}) / (\bar{x}_v - \underline{x}_v)] = \{<x'_{iv}, \mu(x'_{iv})>\}, \quad (16)$$

где $x'_{iv} = 1 - [(\bar{x}_{iv} - \underline{x}_{iv}) / (\bar{x}_v - \underline{x}_v)]$, $\mu(x'_{iv}) = \mu(\bar{x}_v)$.

Примечание. Выражения (10) и (11) получены в предположении, что минимально возможная оценка $\underline{x}_v$ по v -му показателю задана в чётком виде (обычно $\underline{x}_v = 0$).

В формулах (10) и (11) не учитывается возможность приближённого оценивания самих значений показателей K_v . Однако, как было сказано выше (9),

такие ситуации могут вполне встречаться на практике. Поэтому, обобщим выражения (12) и (13), представив их с учётом нечёткого оценивания значений частного показателя K_v :

$$\underline{x}_{iv} = \{<x_v, \mu(x_{iv})>\}.$$

Имеем:

$$\underline{x}'_{iv} = x_{iv} / \bar{x}_v = \{<x'_{iv}, \mu(x'_{iv})>\}, \quad (17)$$

где $x'_{iv} = x_{iv} / \bar{x}_v$, $\mu(x'_{iv}) = \sup \min [\mu(x_{iv}), \mu(\bar{x}_v)]$;
 $\forall x'_{iv} | x_{iv} / \bar{x}_v = x'_{iv}$

либо

$$\underline{x}'_{iv} = 1 - (x_v / \bar{x}_v) = \{<x'_{iv}, \mu(x'_{iv})>\}, \quad (18)$$

где $x'_{iv} = 1 - (x_{iv} / \bar{x}_v)$, $\mu(x'_{iv}) = \sup \min [\mu(x_{iv}), \mu(\bar{x}_v)]$.
 $x'_{iv} | 1 - (x_{iv} / \bar{x}_v) = x'_{iv}$

Выражения для функций принадлежности $\mu(x'_{iv})$ в формулах (17) и (18) получены с помощью принципа обобщения Л. Заде [7].

Анализ способов задания критических значений L_v , $v \in \{1, \dots, s\}$ частных показателей также показал, что наиболее корректно оценивать их значения в виде нечётких величин:

$$\underline{L}_v = \{<L_v, \mu(L_v)>\}. \quad (19)$$

Необходимо учитывать, что при работе с неоднородными показателями их критические значения также должны быть подвергнуты преобразованию к значению в однородной шкале:

$$\underline{L}'_v = \underline{L}_v / \bar{x}_v = \{<L'_v, \mu(L'_v)>\}, \quad (20)$$

где $L'_v = L_v / \bar{x}_v$, $\mu(L'_v) = \sup \min [\mu(L_v), \mu(\bar{x}_v)]$;
 $x_v | L_v / \bar{x}_v = x_v$

либо

$$\underline{L}'_v = 1 - (L_v / \bar{x}_v) = \{<L'_v, \mu(L'_v)>\}, \quad (21)$$

где $L'_v = 1 - (L_v / \bar{x}_v)$, $\mu(L'_v) = \sup \min [\mu(L_v), \mu(\bar{x}_v)]$.
 $x_v | 1 - (L_v / \bar{x}_v) = x_v$

Сущность преобразования x_v и L_v к однородной шкале показана на рис. 1.

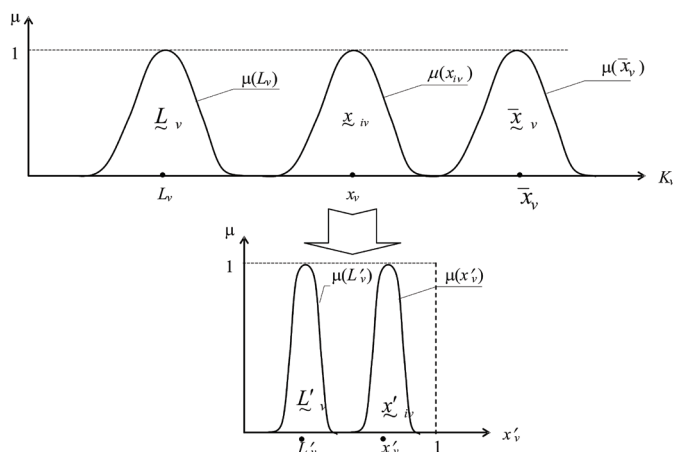


Рис. 1. Преобразование частного показателя к однородному виду

После того, как рассмотрены основные особенности оценивания частных показателей, их критических значений и способы преобразования шкал отношений к однородному виду, исследуем особенности ранжирования альтернатив по правилу (22).

С учётом проведённого анализа в наиболее общей постановке задача выбора наилучшей альтернативы описывается выражением:

$$a^* = \arg \max_{a_i \in A} [\min_{v \in \{1, \dots, s\}} \{ \alpha_v (x'_{iv} - L'_v) \}], \quad (22)$$

где K'_{iv} есть результат приближённого оценивания i -й альтернативы по v -му частному показателю, преобразованному к однородному виду.

Очевидно, что результатом преобразования $\alpha_v (x'_{iv} - L'_v)$ будет нечёткое множество Δ_{iv} взвешенного нормированного расстояния (удаления) оценки i -й альтернативы по v -му частному показателю от критического значения:

$$\Delta_{iv} = \{ < \delta_{iv}, \mu(\delta_{iv}) > \}, \quad (23)$$

где $\delta_{iv} = \alpha_v (x'_{iv} - L'_v) = \alpha_v (x_{iv} / \bar{x}_v - L_v / \bar{x}_v)$, либо $\delta_{iv} = (L_v / \bar{x}_v - x_{iv} / \bar{x}_v)$ — в случае, когда лучшей альтернативе соответствует меньшее значение показателя. Функция принадлежности $\mu(\delta_{iv})$ соответственно оценивается выражениями:

$$\mu(\delta_{iv}) = \sup_{\delta_{iv} \left| \alpha_v \left(\frac{x_{iv}}{\bar{x}_v} - \frac{L_v}{\bar{x}_v} \right) = \delta_{iv} } \min [\mu(x'_{iv}), \mu(L'_v)], \quad (24)$$

либо

$$\mu(\delta_{iv}) = \sup_{\delta_{iv} \left| \alpha_v \left(\frac{L_v}{\bar{x}_v} - \frac{x_{iv}}{\bar{x}_v} \right) = \delta_{iv} } \min [\mu(x'_{iv}), \mu(L'_v)]. \quad (25)$$

С учётом (24) задача (25) может быть записана в виде:

$$a^* = \arg \max_{a_i \in A} [\min_{v \in \{1, \dots, s\}} \Delta_{iv}]. \quad (26)$$

Таким образом, задача выбора рационального варианта сводится к задаче поиска минимальной нечёткой оценки удаления каждой альтернативы от критического значения по всем частным показателям и, затем, выбора среди таких альтернатив наилучшей по максимальному удалению.

Для ранжирования нечётких множеств можно воспользоваться одним из известных методов, описанных в литературе, например, методом сравнения нечётких подмножеств единичного интервала [8]. Согласно этому методу сравнение нечётких множеств может производиться на основе так называемой функции упорядоченности, представляющей собой скалярное число из единичного интервала.

Пусть A — нечёткое подмножество единичного интервала $\mathcal{A} = \{ < x, \mu_{\mathcal{A}}(x) > \}$, $x \in [0; 1]$.

Определим уровневое множество как

$$A_{\alpha} = \{ x | \mu_{\mathcal{A}}(x) \geq \alpha \},$$

где α есть некоторый заданный уровень, $0 < \alpha \leq 1$. Пусть $a(\alpha)$ и $b(\alpha)$ есть соответственно левая и правая границы множества A_{α} . Определим функцию $M(\alpha)$ как среднюю величину интервала $[a(\alpha), b(\alpha)]$, т.е.

$$M(\alpha) = \frac{a(\alpha) + b(\alpha)}{2}.$$

Тогда, функция упорядоченности $F(A)$ может быть рассчитана как

$$F(A) = \frac{\int_0^{\alpha_{\max}} M(\alpha) d\alpha}{J}. \quad (27)$$

где $J = 1/d\alpha$.

При практических расчётах задаются некоторым интервалом дискретизации $d\alpha$ множества значений α , так что оно разбивается на конечное число непересекающихся интервалов: $0 < \alpha \leq d\alpha$, $d\alpha < \alpha \leq 2d\alpha, \dots$, $1 - d\alpha < \alpha \leq 1$.

Для каждого j -го интервала находится значение $M_j(\alpha)$, затем рассчитывается приближённое значение $F(A)$:

$$F(A) \approx \frac{\sum_{j=1}^J M_j(\alpha)}{J}. \quad (28)$$

Таким образом, по функции упорядоченности можно проанжировать нечёткие множества Δ_{iv} и $\Delta_{i \min}$, что позволяет выбрать наиболее предпочтительную альтернативу a^* , то есть определить номенклатуру параметров, контролируемых в процессе эксплуатации.

Литература

1. Кини Р., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. М.: Радио и связь. 1981. 560 с.
2. Айзерман М.А., Алескеров Ф.Т. Выбор вариантов: основы теории. М.: Наука. 1990. 240 с.
3. Vincke Ph. Outranking approach. In: T. Gal, T. Stewart, T. Hanne (Eds.) Multicriteria Decision Making: Advances in MCDM models, algorithms, theory and applications, Kluwer. Boston : Academic Publishers. 1999.
4. Сигал И.Х., Иванова А.П. Введение в прикладное дискретное программирование: модели и вычислительные алгоритмы. М.: ФИЗМАТЛИТ. 2002. 240 с.
5. Hokkannen J., Salminen P. ELECTRE III and IV Decision Aids in an Environmental Problem // J. of Multi-Criteria Decision Analysis. 1997. Vol. 6.
6. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений / А.Н. Борисов, А.В. Алексеев, Г.В. Меркурьев и др. М.: Радио и связь. 1989.
7. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир. 1976.
8. Борисов А.Н., Крумберг О.А., Федоров И.П. Принятие решений на основе нечетких моделей: примеры использования. Рига: Зинатне. 1990. 184 с.

Для цитирования:

Новиков А.Н. О некоторых аспектах применения теории нечетких множеств при обосновании перечня характеристик изделия, контролируемых в процессе эксплуатации // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2015. Т. 7. № 5. С. 12–17.

ON SOME ASPECTS OF APPLYING FUZZY SET THEORY IN SUBSTANTIATING THE LIST OF CHARACTERISTICS OF PRODUCTS CONTROLLED DURING OPERATION

Novikov Alexandr Nikolaevic,
St. Petersburg, Russian, novallol@mail.ru

Abstract

In the context of a phased modernization of ground infrastructure, special attention should be paid to improving measuring systems and complexes used for the metrological service of such products. At the same time, the lack of full information on the degree of marketability modes and conditions of the control parameters and characteristics of products creates the preconditions for the search of original approaches to solving optimization problems justify the list of measured (controlled) parameters of products. It is presents the results of studies of the application of methods of integral multi-criteria optimization when justifying the list of parameters and characteristics of the product controlled during operation using fuzzy initial data on the conditions and modalities of control, namely the characteristics of the ranking of alternatives taking into account the options for combining different types of evaluations presented in a deterministic, stochastic, or fuzzy forms. The focus is on the development of clarifying the provisions relating to the application of the method of ranking for maximum removal using a formalized in a fuzzy form of raw data to eliminate assumptions required in the case of traditional methods of ranking non-dominated alternatives that private performance evaluation of alternatives are independent, how uneven, so and incommensurable in importance, an additive partial indicators of the continuing implementation of the principle of transitivity in ranking alternatives. It is shown that the application of the theory of fuzzy sets substantially complementary methodology solving the integer multicriterial optimization. A number of variables reflecting the impact of external factors (conditions) measurements (monitoring) when evaluating the performance indicator monitoring parameters of the product, and component inspection costs when evaluating the indicator efficiency (resource consumption) may be at a stage of analysis of options for the formation of a rational list of the measured (controlled) process Operating parameters of the product rated only approximately, with an indication of the approxi-

mate range of possible values and the expected distribution in this interval. In this situation, fuzzy evaluations are the only correct form of reflection of real uncertainty estimation values of particular indices of preference alternatives (combinations of characteristics).

Keywords: ranking techniques, fuzzy evaluation, selection of monitored parameters, performance evaluation of alternatives, methods of integral multi-criteria optimization.

References

1. Keeney R., Rife H. Prinyatie resheniy pri mnogikh kriteriyakh: predpochteniya i zameshcheniya. [Decisions multi-criteria: preferences and substitution]. Moscow: Radio i svyaz', 1981. 560 p. (In Russian).
2. Ayzerman M.A., Aleskerov F.T. Vybory variantov: osnovy teorii [The choice of options: the basic theory]. Moscow: Nauka, 1990. 240 p. (In Russian).
3. Vincke Ph. Outranking approach. In: Gal T., Stewart T., Hanne T. (Eds.) Multicriteria Decision Making: Advances in MCDM models, algorithms, theory and applications, Kluwer. Boston: Academic Publishers, 1999.
4. Segal I.H., Ivanova A.P. Vvedenie v prikladnoe diskretnoe programmirovaniye: modeli i vychislitel'nye algoritmy [Introduction to Applied Discrete programming: models and computational algorithms]. Moscow: FIZMATLIT, 2002. 240 p. (In Russian).
5. Hokkannen J., Salminen P. ELECTRE III and IV Decision Aids in an Environmental Problem // J. of Multi-Criteria Decision Analysis. 1997. Vol. 6.
6. Borisov A.N., Alekseev A.V., Merkureva G.V. et al. Obrabotka nechetkoy informatsii v sistemakh prinyatiya resheniy [Processing of fuzzy information in the decision-making systems]. Moscow: Radio i svyaz'. 1989. (In Russian).
7. Zadeh L.A. Ponyatie lingvisticheskoy peremennoy i ego primeneniye k prinyatiyu priblizhennykh resheniy [The concept of linguistic variable and its application to the adoption of the approximate solutions]. Moscow: Mir. 1976. (In Russian).
8. Borisov A.N., Krumberg O.A., Fedorov I.P. Prinyatie resheniy na osnove nechetkikh modeley: primery ispol'zovaniya. [Decision-making based on fuzzy models usage examples]. Riga: Zinatne. 1990. 184 p. (In Russian).

Information about authors:

Novikov A.N., Ph.D., associate professor, Military Space Academy.

For citation:

Novikov A.N. On some aspects of applying fuzzy set theory in substantiating the list of characteristics of products controlled during operation. H&ES Research. 2015. Vol. 7. No. 5. Pp. 12–17. (in Russian).