

Евтушенко Валентин Юрьевич

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: fin_val_iv@tsure.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 88634371689.

Косенко Евгений Юрьевич

E-mail: kosenko@tsure.ru

The Department of Automatic Control Systems; postgraduate student

Evtushenko Valentine Jurevich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: fin_val_iv@tsure.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: 88634371689.

Kosenko Evgeniy Yurievich

E-mail: kosenko@tsure.ru

The Department of Automatic Control Systems; postgraduate student

УДК 681.518

Е.В. Заргарян, В.В. Игнатъев

**НЕЧЕТКО ОПТИМАЛЬНЫЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ**

Рассмотрены особенности комплексной оценки эффективности функционирования по нечеткой оценке векторного критерия. Предложены расширения аксиом по Парето, введены понятия нечетко эффективной или нечетко оптимальной по Парето оценки.

Оценка; критерии.

E.V. Zargarjan, V.V. Ignatjev

NOT EXPRESSLY OPTIMUM ESTIMATIONS OF POWER OBJECTS

The features of complex estimation of efficiency of functioning by not expressly estimation of vectorial criterion are considered. Expansions of axioms are offered on Pareto, the concepts of not expressly are entered by effective or not expressly of optimum on Pareto estimation.

Estimation; criteria.

При комплексной оценке эффективности функционирования энергетических предприятий невозможно обойтись только численными (точными) значениями критериев (показателей). Всегда можно найти и применять критерии, которые носят вербальный характер или заданы в виде нечеткого интервала. Ряд показателей качества задают на вербальном уровне в виде функций нечетких переменных или в виде лингвистической переменной, т.е. для критерия \tilde{f}_i на числовой прямой X экспертами задаются функции принадлежности нечетких переменных. Нечеткие частные критерии \tilde{f}_i образуют нечеткий векторный критерий $f = \{ \tilde{f}_1, \tilde{f}_2, \dots, \tilde{f}_m \}$.

Рассмотрим многокритериальную задачу принятия решения экспертом при условии, что предпочтения эксперта описываются нечетким отношением нестрогого предпочтения \tilde{R} на множестве всех оценок \tilde{Y} , причем известно, что \tilde{R} нечетко рефлексивно и транзитивно (отношение нечеткого квазипорядка). Для $\tilde{Y} = \tilde{Y}_1 \times \tilde{Y}_2 \times \dots \times \tilde{Y}_m$, $y_i = \tilde{f}_i(x) \in Y_i$ определим соотношения для нечетких векторных оценок, последовательно используя нечеткое отношение $\tilde{\succeq}$ (нечетко не меньше) для их компонент:

$$\begin{aligned} &(y_1, y_2, \dots, y_m) \tilde{R} (y'_1, y'_2, \dots, y'_m), \\ &(y'_1, y_2, \dots, y_m) \tilde{R} (y_1, y'_2, \dots, y'_m), \\ &\dots\dots\dots \\ &(y'_1, \dots, y'_{m-1}, y_m) \tilde{R} (y_1, y_2, \dots, y'_m). \end{aligned} \tag{1}$$

На основании этих соотношений и нечеткой транзитивности \tilde{R} утверждаем, что верно $y \tilde{R} y'$, т.е. нечеткая векторная оценка y нечетко не менее предпочтительна, чем нечеткая векторная оценка y' .

При четком определении отношения нестрогого предпочтения R во всех моделях принятия индивидуальных решений утверждение, что верно $y R y'$ вводится как аксиома [1]. Принятие этой аксиомы, называемой сильной аксиомой Парето, означает введение во множестве оценок Y отношения нестрогого предпочтения, совпадающего с частичным порядком \geq для векторов из E^m – m -мерное критериальное пространство.

Отношению нестрогого предпочтения $\tilde{\succeq}$ соответствует отношение безразличия $\tilde{\cong}$ и отношение строгого предпочтения $\tilde{\succ}$.

Таким образом, на основании соотношений (1) и нечеткой транзитивности \tilde{R} утверждение, что верно $y \tilde{R} y'$, следует рассматривать, как расширение аксиомы по Парето на случай задания нечетких критериев $\tilde{f}_1, \tilde{f}_2, \dots, \tilde{f}_m$ в условиях неопределенности.

Для многокритериальной задачи принятия группового решения, когда нечеткий частный критерий \tilde{f}_i является функцией ценности i -го эксперта, входящего в группу экспертов $\{1, 2, \dots, m\}$, так что $\tilde{f}_i(x) \tilde{\succeq} \tilde{f}_i(x')$ означает, что нечеткое решение x не хуже, чем нечеткое решение x' с точки зрения i -го эксперта.

В многокритериальной задаче принятия группового решения нечеткое отношение предпочтения на множестве оценок \tilde{Y} должно отражать мнение группы экспертов, агрегирующее индивидуальные мнения каждого i -го эксперта.

Если $y \tilde{\cong} y'$ ($\tilde{\cong}$ – знак нечеткого равенства), т.е. $\tilde{f}_i(x) \tilde{\cong} \tilde{f}_i(x')$, то вывод о нечетком равенстве x и x' по нечеткой предпочтительности может быть сделан и для группы экспертов в целом.

В разных ситуациях итог сравнения оценок y и y' , может зависеть от того, сколько строгих неравенств выполняется в условии

$$y_i \tilde{\succeq} y'_i. \tag{2}$$

При четком задании критериев слабым является допущение, состоящее в том, что y для всей группы предпочтительнее y' , если в условии (1) все неравенства

строгие [1]. Это допущение, принимаемое почти во всех известных моделях групповых решений, называют слабой аксиомой Парето.

Расширение слабой аксиомы по Парето на случай задания нечетких критериев $\tilde{f}_1, \tilde{f}_2, \dots, \tilde{f}_m$ в условиях неопределенности вводит на множестве всех нечетких оценок \tilde{Y} нечеткое отношение строгого предпочтения, совпадающее с нечетким отношением $\tilde{>}$ для векторов из E^m : $y \tilde{>} y'$ верно тогда и только тогда, когда $y_i \tilde{>} y'_i$ для всех $i=1, 2, \dots, m$.

Следовательно, в зависимости от специфики задачи нечеткое отношение строгого предпочтения \tilde{P} может вводиться по-разному, однако оно обязательно будет включать нечеткое отношение $\tilde{>}$. Различными могут быть также нечеткие отношения нестрогого предпочтения и безразличия. Задачи задания всех этих отношений достаточно сложны и требуют дополнительных исследований.

Таким образом, оценка $y^* \in \tilde{Y}$ называется наилучшей по нечеткому отношению $\tilde{>}$, если для любой оценки $y \in \tilde{Y}$ справедливо $y^* \tilde{>} y$. Так как нечеткое отношение $\tilde{>}$ является нечетким частичным порядком, то может существовать только одно решение y^* .

Если в практической многокритериальной задаче существует наибольшая по нечеткому отношению $\tilde{>}$ достижимая оценка y^* , то именно ее и следует считать нечетко оптимальной. Однако, это идеальный случай, так как нечеткий порядок $\tilde{>}$ не является полным. Например, если $y_i \tilde{>} y'_i$ но $y_j \tilde{<} y'_j$ то y и y' по нечеткому отношению $\tilde{>}$ не сравнимы. Поэтому, в зависимости от задачи, следует использовать оценки, максимальные по нечеткому отношению $\tilde{>}$ или по нечеткому отношению $\tilde{>}$.

Оценку $y^0 \in \tilde{Y}$ назовем нечетко максимальной по нечеткому отношению $\tilde{>}$ (по нечеткому отношению $\tilde{>}$) относительно \tilde{Y} , если не существует нечеткой оценки $y \in \tilde{Y}$ такой, что $y \tilde{>} y^0$ ($y \tilde{>} y^0$).

Оценку, максимальную по нечеткому отношению $\tilde{>}$, будем называть нечетко эффективной или нечетко оптимальной по Парето (нечеткой Парето-оптимальной оценкой, нечетким оптимумом Парето).

Множество всех таких оценок из \tilde{Y} , обозначаемое далее через $P(\tilde{Y})$ называется нечетко эффективным, или нечетким множеством Парето.

Оценку, максимальную по нечеткому отношению $\tilde{>}$, назовем нечетко слабо эффективной оценкой, или нечетко слабо оптимальной по Парето, или нечетким слабым оптимумом Парето. Множество всех таких оценок из \tilde{Y} обозначим через множество $S(\tilde{Y})$ и будем называть нечетко слабо эффективным множеством.

Так как условие $y \tilde{>} y'$ влечет условие $y \tilde{>} y'$, то всякая нечетко эффективная относительно \tilde{Y} векторная оценка и нечетко слабо эффективна, так что $P(\tilde{Y}) \subseteq S(\tilde{Y})$. Действительно, если y^0 не является нечетко слабо эффективной

оценкой, то для некоторой $y \in \tilde{Y}$ будет выполняться условие $y \succsim y^0$, а поэтому и условие $y \succ y^0$, так что y^0 не может быть нечетко эффективной.

Назовем нечеткое множество эффективных оценок $P(\tilde{Y})$ внешне устойчивым, если для любого $y \in \tilde{Y} \setminus P(\tilde{Y})$ (соответственно $y \in \tilde{Y} \setminus S(\tilde{Y})$) найдется такая оценка $y^0 \in P(\tilde{Y})$ (соответственно $y^0 \in S(\tilde{Y})$), что $y \succsim y^0$ (соответственно $y \succ y^0$).

Также можно говорить и о внешне устойчивом множестве эффективных решений, как о множестве решений, которому соответствует внешне устойчивое множество эффективных (слабо эффективных) нечетких оценок.

Определение (слабо) эффективного решения является «статическим» в том смысле, что основывается на попарном сравнении решений и не связывается с вопросом о том, возможно ли «плавно» перейти от одного решения к другому, более предпочтительному, с положительной скоростью увеличивая каждый критерий. А возможность осуществления такого перехода в некоторых моделях представляет большой интерес. Примером является модель чистого обмена, в которой каждый потребитель участвует в обмене, стремясь составить себе набор товаров наибольшей полезности, т.е. формально – максимизировать свою функцию ценности.

Понятие нечеткого эффективного решения является прямым обобщением понятия точки максимума числовой функции на случай нескольких функций. В прикладных многокритериальных задачах множество таких решений оказывается непустым и поэтому нечеткие оптимальные решения должны выбираться именно среди нечетких эффективных решений. Однако если в однокритериальной задаче с нечеткими параметрами в качестве нечеткого оптимального решения можно брать любое решение, максимизирующее нечеткий критерий (так как все они нечетко эквивалентны), то в многокритериальной задаче с нечеткими параметрами обычно множество эффективных нечетких решений оказывается с многими нечетко неэквивалентными решениями. Для доказательного выбора нечеткого оптимального решения необходимо привлечь более полную информацию о предпочтениях. Понятие нечеткого эффективного решения имеет важное значение в многокритериальной оптимизации в условиях неопределенности.

Утверждать, что найденное нечеткое эффективное решение, нельзя, но множество нечетких эффективных решений значительно уже, чем исходное множество всех решений. Поиск множества нечетких эффективных решений (или нечетких оценок) является первым этапом методов многокритериальной оптимизации.

Зачастую эффективное решение обычно далеко не единственное, но все-таки нечеткое множество эффективных решений сужает исходное множество всех решений. Для конечного принятия решения первым этапом необходимо построить множество эффективных решений (или их оценок). Некоторые интерактивные методы, необходимые для поиска конечного решения, предусматривают последовательное перемещение от одного эффективного решения к другому, более предпочтительному.

В случае наличия небольшого количества критериев нечеткое множество эффективных оценок можно изобразить графически. Поэтому при анализе двух- или трехкритериальных задач нередко удобнее всего выбирать оптимальное решение непосредственно на основе рассмотрения графика эффективных оценок.

Сужение множества выбора до нечеткого множества эффективных решений (или некоторого его подмножества) важно не только само по себе, но еще и потому, что на более узком подмножестве могут выполняться различного рода уп-

рошающие дальнейший анализ допущения о нечетких предпочтениях (например, о виде функции ценности), которые заведомо несправедливы для множества всех решений. Кроме того, эффективные решения могут обладать интересными и практически важными свойствами, не присущими остальным решениям.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Подиновский В.В. и др.* Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. – М.: Наука, Глав. ред. физ.-мат. литературы, 1982. – 256 с.

Заргарян Елена Валерьевна

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: fin_val_iv@tsure.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 8(8634)371773.

Кафедра систем автоматического управления; доцент.

Игнатьев Владимир Владимирович

Тел.: 88634371689.

Zargarjan Elena Valerevna

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: fin_val_iv@tsure.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: 8(8634)371773.

The Department of Automatic Control Systems; associate professor.

Ignatjev Vladimir Vladimirovich

Phone: 88634371689.

УДК 681.518

Ю.А. Заргарян, В.В. Затылкин

КЛАССИФИКАЦИЯ И НЕЧЕТКАЯ КЛАСТЕРИЗАЦИЯ В ЗАДАЧАХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Осуществлена постановка задачи принятия решения по совокупности количественных и качественных критериев с применением оценок экспертов. Задача принятия решений сведена к классификации мультимножеств. Приведен алгоритм кластеризации при разных количествах нечетких кластеров.

Эксперты; принятие решений.

U.A. Zargarjan, V.V. Zatytkin

CLASSIFICATION AND NOT EXPRESSLY CLUSTERIZATION IN TASKS OF MAKING DECISION

Raising of direction-finding on the aggregate of quantitative and high-quality criteria problem is carried out with the use of estimations of experts. The task of making decision is taken to classification. The algorithm of clusterization at the different amounts of not expressly clusters is resulted.

Experts; making decision.