

УДК 681.12

А.Я. Номерчук, С.Б. Фрадкин**МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ
ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ
ЛОГИКИ**

Исследуется задача построения автоматизированной системы обработки информации и управления для задач обработки документооборота в энергораспределительных компаниях. Рассмотрены основные проблемы, возникающие при работе данных систем, выделены этапы решения задачи. Подмечено, что данная задача трудно формализуема, так как лицо принимающее решение часто сталкивается с неполнотой информации, что затрудняет принятие быстрого своевременного адекватного решения. Для решения этой проблемы рассмотрены методы теории нечетких множеств и нечеткой логики, которые позволяют формализовать различные нечеткие понятия и отношения, возникающие в задачах принятия решений в автоматизированных системах.

Метод; система, обработка информации; нечеткая логика.

A.Ya. Nomerchuk, S.B. Fradkin**METHODS OF DEVELOPING AUTOMATED SYSTEMS PROCESSING
AND CONTROL BASED ON FUZZY LOGIC**

Study the problem of building an automated system information processing and management for document processing tasks in the power distribution companies. The main problems which arise when these systems are highlighted stages of solving the problem. Noticed that the problem difficult to formalize, because the person the decision maker is often faced with incomplete information, which makes the rapid adoption of adequate, timely solutions. To solve this problem, the methods of the theory of fuzzy sets and fuzzy logic to formalize various fuzzy concepts and relations in the decision-making problem in automated systems.

Method; system; information processing; fuzzy logic.

Введение. При автоматизации документооборота крупных организаций и предприятий является оптимизация распределения входящей и исходящей информации к конкретным адресатам в зависимости от их рода деятельности. Отсутствие оптимизации документооборота приводит к лишней трате рабочего времени сотрудниками на обработку избыточной информации. Частным явлением данной проблемы для энергораспределительных компаний (электроэнергия и тепловая энергия) является обработка квитанций за предоставленные услуги, а также обработка запросов юридических и физических лиц. Особенно это становится актуальным при введении электронного оказания услуг.

Основная часть. При решении задачи распределения информации в настоящее время применяются новые информационные технологии, а также возможности сети Internet, что позволяет создавать распределенные информационные системы. При решении данной задачи наблюдаются тенденции, носящие характер закономерностей, которые можно сформулировать следующим образом:

- ◆ изменение структуры и формы расчета с юридическими и физическими лицами;
- ◆ дифференциация потребителей и появление новых заказчиков;
- ◆ рост роли искусственного интеллекта при решении сложных трудноформализуемых задач с частичной неопределенностью параметров.

Данную задачу распределения информации следует решать методами системного анализа. Системный подход к решению данной задачи требует формализации системы распределения информации по научным направлениям, разработки моделей для принятия решений, выбора и применения оптимизационных методов [1].

Так как задачи распределения информации относятся к классу задач назначений в разделах задач исследования операций, то можно применить классические методы исследования операций [2]. Решение задач распределения информации связано с выбором целевой функции, модели принятия решений, параметров модели. Методы и модели принятия решений могут выбираться как из числа формальных, так и из числа методов, направленных на активизацию интуиции и опыта лиц, принимающих решение. Применение классических методов исследования операций ограничено априори четким заданием параметров, выбором одного из известных методов решения. Однако на практике сложно формально определить параметры той или иной информации. Объективно формализовать все параметры задач распределения информации в виде определенных чисел невозможно. Постановка задачи распределения информации формализуется в неопределенных терминах, цель принятия решений всегда может быть оценена в физических единицах измерения, но может быть выражена качественными показателями, формализация которых возможна методами теории нечетких множеств [3].

Сталкиваясь с неопределенностью, ЛПР может использовать две основные возможности. Во-первых, попытаться получить дополнительную релевантную информацию и еще раз проанализировать проблему. Это позволяет уменьшить новизну и сложность проблемы. Во-вторых, действовать в точном соответствии с прошлым опытом, суждениями или интуицией и сделать предположение о вероятности. Это необходимо, когда не хватает времени на сбор дополнительной информации или затраты на её дополнительный сбор чересчур высоки. Временные и информационные ограничения имеют важнейшее значение при принятии управленческих решений.

Интервалы для выработки решений обычно обуславливают изменения ситуации. Если они значительны, ситуация может преобразиться настолько, что критерии для принятия решения станут недействительными. Поэтому решения следует принимать и выработать управляющие решения, пока информация и допущения, на которых основаны решения, остаются релевантными и точными. Часто это затруднительно, поскольку время между принятием решения и началом действия велико. Кроме того, решение следует принимать достаточно быстро для того, чтобы желательное действие сохранило свое значение. Поэтому учет фактора времени иногда заставляет ЛПР опираться на суждение или даже интуицию, тогда как в нормальных обстоятельствах они предпочли бы рациональный анализ. Подобным образом следует учитывать вероятность опережения решением своего времени.

Таким образом, существуют определенные пределы для рационального принятия решений отчасти потому, что нет достоверной информации о том, что повлечет за его принятием в будущем, и будут ли в результате правильными принятые решения. Кроме того, многие решения включают так много переменных факторов, что их невозможно быстро обработать при наличии современных мощных информационных вычислительных ресурсов.

Принятие решения о распределении информации рассматривается как результат управления. Под управлением понимается совокупность функций сбора, контроля, хранения, переработки, передачи и применения информации для принятия решений. Для принятия решений необходимо информационное обеспечение в рамках информационно-управляющей системы [4].

При разработке информационных модулей принятия решения о распределении информации трудности формализации определяются неопределенностью целей и неопределенностью адекватного анализа сложившихся ситуаций. Для разработки интеллектуальных модулей принятия решений наиболее эффективным подходом является эвристический подход, основанный на неформальных, экспертных методах системного анализа, теории нечетких множеств, нечеткой логики, теории искусственного интеллекта и применения методов ситуационного управления [5].

Для решения задачи распределения информации необходимо решить ряд задач [6]:

- ◆ задачу аналитического исследования целей, моделей, способов формализации параметров задач распределения информации;
- ◆ разработку метода формализации параметров задач распределения информации, имеющих вербальное описание;
- ◆ разработку алгоритмов и программного модуля для задания базовых множеств лингвистических и нечетких переменных и задания функций принадлежности экспертами;
- ◆ разработку модели принятия решения о распределении информации;
- ◆ разработку алгоритмов модели принятия решения;
- ◆ разработку автоматизированной системы обработки информации и управления, решающей проблему распределения информации.

В процессе принятия решений автоматизированная система управления на основе экспертных оценок должна располагать ресурсами, обеспечивающими реализацию выбранных управляющих воздействий. Одной из особенностей современных систем управления является качественное и быстрое решение в условиях неполноты информации. Поэтому для решения этой проблемы используется метод экспертных оценок, так как опрос экспертов по существу является одним из достоверных средств для качественного ранжирования различных характеристик при построении систем управления на основе экспертных оценок.

В тех случаях, когда совокупность объективных показателей не всегда способна адекватно отобразить состояние исследуемой системы, становится целесообразным оценивать качество проектов и их последующий отбор на основе мнения специально отобранных для этой цели специалистов-экспертов, владеющих методологией экспертных оценок и имеющих богатый опыт в сфере решения узловых проблемных задач.

Экспертные методы широко используются благодаря своей необходимости учета интуиции опытных экспертов. Факт проникновения субъективных подходов в плоскость объективной оценки рассматриваемых альтернатив, лежащий в основе методологии экспертных методов, обеспечивает более точное и адекватное отображение свойств и признаков оцениваемого объекта. Особое значение экспертные методы начинают играть в условиях нестабильности систем, когда степень неопределенности в исходе различных управленческих ситуаций становится все более значимой [7].

Важным моментом в процессе принятия решений является введение методов теории нечетких множеств и нечеткой логики для формализации различных нечетких понятий и отношений, возникающих для конкретных задач и случаев.

Одной наиболее важной проблемой при создании автоматизированных систем обработки информации и управления, работающей на основе нечеткой и ограниченной информации, является точное задание необходимых характеристик, которыми являются функции полезности и распределения вероятностей. Построение этих зависимостей опирается на длительный диалог разработчика с лицом принимающим решение (ЛПР) или тщательное изучение различных обстоятельств, в

результате чего должна быть получена необходимая исходная информация. Одним из путей преодоления трудностей в данном вопросе является использование нечеткой информации, когда ЛПР может давать нечеткие ответы. В результате вместо четких оценок ожидаемой полезности определяются соответствующие нечеткие оценки. Данный путь принципиально не упрощает задачу ЛПР – ему необходимо ответить фактически на те же вопросы, но с возможностью выдачи нечетких ответов.

С практической точки зрения целесообразно исследование ситуаций, в которых сравнение и выбор альтернатив могут быть проведены на основе информации, недостаточной для расчета оценок ожидаемой полезности. Данный путь допускает получение меньшего количества информации от ЛПР, поскольку для выбора лучшей альтернативы достаточно оценить ожидаемую полезность в порядковой шкале.

В зависимости от используемой формальной постановки задачи анализа решений возможны различные подходы к принятию решений на основе ограниченной информации. В общем случае формализованная задача анализа решений обладает следующей структурой. Имеются три класса элементов: A – множество альтернатив, X – множество исходов, S – множество состояний. Множество S является проявлением стохастической неопределенности в принятии решений, конкретная интерпретация состояний зависит от формулировки задачи [8].

Взаимодействие элементов задачи принятия решений можно представить схемой

$$(A, S) \rightarrow X,$$

т.е. состояние в сочетании с выбранной альтернативой определяет исход решения. Предлагается два метода конкретизации, каждому из которых соответствуют свое определение множества состояний S и свой подход к оценке ожидаемой полезности альтернатив: анализ решений в экстенсивной и нормальной формах.

При анализе решений в экстенсивной форме состояние $s \in S$ определяется как отображение альтернатив в исходы:

$$s: A \rightarrow X.$$

При такой постановке множество состояний S в явном виде в анализе решений не фигурирует. Стохастическая неопределенность здесь описывается распределениями вероятностей на X , соответствующими альтернативам из A . Предпочтения ЛПР должны быть выражены в виде функции полезности u на множестве X . Ожидаемая полезность EU_f альтернативы a_f может быть рассчитана для дискретного X как

$$EU_f = \sum_j u(x_j)f(x_j),$$

а для непрерывного X – как

$$EU_f = \int_X u(x)f(x)dx.$$

Поскольку каждой альтернативе $a \in A$ однозначно соответствует свое распределение вероятностей f , при данном подходе можно говорить о выборе наиболее предпочтительного распределения.

При анализе решений в нормальной форме альтернатива $a \in A$ определяется как отображение состояний в исходы

$$a: S \rightarrow X.$$

Здесь множество состояний S явно присутствует в анализе решений, а стохастическая неопределенность описывается с помощью одного распределения вероятностей на S . Это распределение не зависит от выбора той или иной альтернативы. При дискретном множестве S оно задается распределением $p(s_j)$, выражающим вероятность того, что будет иметь место состояние $s_j \in S$. При непрерывном множестве S оно задается соответствующей плотностью $p(s)$.

Предпочтения ЛПР, как и прежде, задаются функцией полезности, однако здесь она обычно строится не на множестве исходов X , а на $\mathbf{A} \times \mathbf{S}$, т.е. на множестве пар «действие – состояние» (a, s) . Это объясняется тем, что система аксиом, которым должна удовлетворять структура предпочтений ЛПР, в этом случае оказывается менее жесткой, к тому же любой исход $x \in X$ однозначно определяется некоторой парой $(\mathbf{a}, \mathbf{s}) \in \mathbf{A} \times \mathbf{S}$. При анализе решений в нормальной форме ожидаемая полезность EU_f альтернативы $a_j \in \mathbf{A}$ может быть рассчитана для дискретного множества \mathbf{S} как

$$EU_f = \sum_j u(a_j, s_j)p(s_j),$$

а для непрерывного \mathbf{S} – как

$$EU_f = \int_{\mathbf{S}} u(a_j, s)p(s)ds.$$

Однако, несмотря на изоморфность, переход от одной формы к другой не всегда возможен. Практически всегда можно перейти от нормальной формы к экстенсивной, так как состояния $s_j \in \mathbf{S}$ в этом случае выражены в явном виде.

Обратный переход затруднителен именно из-за отсутствия явно выраженного описания состояний, которые являются основой анализа решений в нормальной форме [9].

Заключение. Рассмотренные методы теории нечетких множеств и нечеткой логики для формализации различных нечетких понятий и отношений, возникающих для задач принятия решения в автоматизированной системе обработки информации и управления для задачи назначения информации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Финаев В.И., Глод О.Д.* Основы теории систем: Учебное пособие. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2000. – 80 с.
2. *Волков И.К., Загоруйко Е.А.* Исследование операций: Учебное пособие для вузов / Под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 436 с.
3. *Поспелов Д.А.* Ситуационное управление: теория и практика. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 288 с.
4. *Берштейн Л.С., Финаев В.И.* Адаптивное управление с нечетким стратегиями. – Ростов-на-Дону: Изд-во Рост. ун-та, 1993. – 134 с.
5. *Берштейн Л.С., Боженик А.В.* Нечеткие модели принятия решений: дедукция, индукция, аналогия: Монография. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2001. – 110 с.
6. *Фрадкин С.Б., Номерчук А.Я.* К вопросам принятия решений о распределении информации при автоматизации документооборота вуза // Материалы Всероссийской научной конференции «Инновационные процессы в гуманитарных, естественных и технических системах», Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2012. – С. 34-37
7. *Номерчук А.Я.* Методология экспертных оценок при принятии решений в моделях социальных систем // Материалы VII Всероссийской научной конференции молодых ученых и аспирантов «Информационные технологии, системный анализ и управление». – Таганрог. 2009. – С. 213-217.
8. *Номерчук А.Я., Косенко О.В.* К вопросам принятия решений на основе нечеткой информации в автоматизированных системах управления // Государство, природные ресурсы и рыночные институты: Сб. науч. ст. участников Всероссийской молодежной научной школы 9-11 июля 2012., г. Новокузнецк. НФИ КемГУ / Под общ. ред. Ф.И. Иванова, Е.В. Исаковой, Е.А. Гардер. – Новокузнецк, 2012. – С. 371-375
9. *Номерчук А.Я., Косенко О.В.* Методика принятия решений на основе нечеткой информации в автоматизированных системах // Материалы Всероссийской молодежной научной конференции "Мавлютовские чтения". – Уфа: Изд-во: Редакционно-издат. комплекс УГАТУ, 2011. – Т. 3. – С. 70-72

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор Я.Е. Ромм.

Номерчук Александр Яковлевич – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет»; e-mail: nomerchuk@gmail.com; 347922, г. Таганрог, пер. Добролюбовский, 15; тел.: +79054306539; кафедра систем автоматического управления; ассистент.

Фрадкин Сергей Борисович – e-mail: likster@rambler.ru; 347910, г. Таганрог, ул. Котлостроительная, 9, кв. 50; тел.: +79281966334; кафедра систем автоматического управления; ассистент.

Nomerchuk Alexander Yakovlevich – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: nomerchuk@gmail.com; 15, Dobrolyubovsky, Taganrog, 347922, Russia; phone: +79054306539; the department of automatic control systems; assistant.

Fradkin Sergey Borisovich – e-mail: likster@rambler.ru; 9, Kotlostroitel'naya street, apt. 50, Taganrog, 347910, Russia; phone: +79281966334, the department of automatic control systems; assistant.