

УДК 656.7.658.012.011.56

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ ПИЛОТА В ЛЕТНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

© 2012 Н.И. Плотников

ЗАО Исследовательский проектный центр «АвиаМенеджер», г. Новосибирск

Поступила в редакцию 05.10.2012

Представлено краткое изложение нового подхода в исследовании и разработки экспертной системы управления ресурсами пилота в летной эксплуатации. Оценивание свойств человека осуществляется методом мягких вычислений.

Ключевые слова: ресурсы, пилот, экспертная система, летная эксплуатация

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1. Актуальность проблемы управления ресурсами человека в летной эксплуатации

Проблема разработки автоматизированных систем (АС) и экспертных систем (ЭС) управления ресурсами пилота (УРТ) состоит в отсутствии общепризнанной теоретической базы описания свойств субъекта – пилота, фрагментарность научно-технического обоснования (НТО), что принципиально затрудняет возможность формализации и создания экспертных и автоматизированных систем управления деятельностью – рисками и безопасностью полетов. Проблема порождается нечеткой природой свойств человека, через которые наблюдается деятельность: личность, здоровье, возраст, образование, квалификация, опыт, работоспособность, рабочая нагрузка, утомление, отдых, техногенные воздействия и другие свойства. Данные свойства изучаются в различных науках, имеют количественную и качественную, физическую и нефизическую природу, что составляет различные возможности для формализации, автоматизированного учета и управленческих решений. До настоящего времени остаются неопределенными предметные знания, которые необходимы для стандартизации и управления летной деятельностью. Например, по многочисленным исследованиям известно, что совокупные ресурсы пилотов по результатам отбора в профессию и в последующей профессиональной деятельности различаются в 3-5 раз. В настоящее время отсутствует теория и методы, которые могли бы учитывать данные различия в единых стандартах для всех пилотов. Проблема обусловлена следующими обстоятельствами:

- Предписание задач проектирования и разработки АС, в которых требуются взаимосвязанные алгоритмы технической поддержки принятия решений в отношении человека и редких событий.

- Реализация алгоритмов АС крайне затруднена связанной с ней задачей прогнозирования и предотвращения авиационных происшествий (АП) – крайне редких событий, (не предпосылок, инцидентов, «предвестников» – на порядки больших по частотам).

- Предписание расчетов поведения элементов комплекса «человек-машина-среда» (ЧМС), где «человек» как объект обладает свойствами нечисловой природы, что составляет особые трудности для задач технического проектирования АС.

- Предписание задач прогнозирования изменений свойств человека в аксиоматике вероятностных методов, в области определения [0, 1], требующих статистически устойчивых частот для расчетов показателей свойств человека. Статистические наблюдения необходимой мощности, необходимые для вероятностных расчетов, не выполняются по причине ресурсной целесообразности.

1.2. Общая постановка задачи

По нашему мнению, разработкам автоматизированных и экспертных технических систем должны предшествовать теоретические исследования предметной области, что составляет научно-технические основания или обоснования (НТО). Основания показывают структурное представительство объектов предметной области в их иерархической связи и значимости воздействия на исходы деятельности. Основания содержат эмпирический статистический материал, аналитическое представление которого являются основой для выводов и заключений о дос-

Плотников Николай Иванович, кандидат технических наук, Генеральный директор. <http://www.aviam.org>
E-mail: am@aviam.org

товерном знании реальности и действительности. В НТО содержится эвристическое моделирование действительности в соответствии с видением исследователя [1, с. 154-238].

2. РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЕСУРСОВ ПИЛОТА

2.1. Метод ресурсного проектирования сложноструктурных объектов

Указанные проблемы преодолеваются методом ресурсного проектирования сложных объектов, постановкой соответствующих целей и задач. Предложен новый метод описания свойств объекта – пилота, альтернативой АС предлагается разработка и реализация экспертной системы (ЭС), вместо вероятностного метода исчисления свойств предлагается класс приемов мягких вычислений. Применяемые методики экспертных оценок сочетают единичные, групповые анкетирования, опросы, интервью и обсуждения для согласования окончательного значения полученных данных. При сборе и анализе данных организации наиболее существенным является: структура и содержание производства, размер и капитализация компании, тип и характер деятельности, размеры и сегменты рынков, стоимость и квалификация персонала, эффективность регулярного менеджмента.

Методологическим решением проектирования сложноструктурных объектов в настоящей работе является разработка и применение ресурсной методологии (РМ) как совокупности эмпирической и эвристической экспертизы форм организованной сложности качественными методами мягких вычислений (МВ), Л. Заде, 1994 [2]. Термин МВ обозначает совокупность неточных, приближенных методов решения задач, зачастую не имеющих решение за полиномиальное время¹. К понятию МВ в настоящее время относят следующие направления: нечеткая логика, нейронные сети, вероятностные рассуждения, сети доверия, эволюционные алгоритмы, теория хаоса и отдельные разделы теории обучения, применяемый отдельно и в сочетании при разработке гибридных интеллектуальных систем различного назначения. Придерживаясь данного понимания, мы предлагаем новое представление МВ в РМ проектирования.

Область знаний о совокупности организованной деятельности, объединяемые на ресурсной основе, понимается как новая дисциплина -

¹ В теории алгоритмов классом P (от англ. polynomial) называют множество задач, для которых существуют «быстрые» алгоритмы решения (время работы которых полиномиально зависит от размера входных данных).

ресурсология. Ресурсный комплекс понимается как трансформируемые источники энергии, информации и вещества, вовлеченные в целесообразную деятельность. Обыкновенно ресурсом понимается то, что потребляется и используется. В ресурсной методологии любые понятия считаются ресурсами: также используемыми, но главным образом – создаваемыми. Элементарно, человек, читающий книгу, использует: книгу, свою энергию и создает знания. Это – простейший ресурсный комплекс (РК), где на входе - используемые ресурсы (ИР), а на выходе - создаваемый ресурс (СР) знаний или ресурс назначения (РН).

Материнскими теориями ресурсного метода и ресурсологии следует считать тектологию, системологию, теорию хаоса и синергетику, естествознание, теорию связи, качественную теорию информации, теорию управления, менеджмент, консалтинг. Каждая из теорий дает свои элементы знаний, имеет разный возраст и степень формализованности. Данные теории не устраивают нас тремя главными признаками: (1) отсутствие или слабая выраженность главной категории², (2) отсутствие метода преодоления сложности описания объектов, (3) нечеткость содержания теории измерения и оценивания сложноструктурных объектов. В ресурсологии главной категорией устанавливается ресурс назначения объекта. Сложность описания объектов преодолевается методом проектирования путем мягкой формализации и мягких вычислений. Измерение и оценивание осуществляется новым содержанием методологии наблюдения сложноструктурных объектов, подробно в работе [3].

2.2. Преодоление статистических ограничений в расчётах вероятностными мерами

В технических, экономических, а также в социальных науках считается научно обоснованной частотная или статистическая интерпретация вероятности наблюдаемых событий только приемлемой определенной мощности. Если частотность признаков признается недостаточной, то расчеты событий затруднительны и они оцениваются в возможных мерах или в мерах правдоподобия. Если в целенаправленном эксперименте (А) провести количество опытов n, где искомое событие проявляется m раз, то относительная частота его проявления описывается отношением и ве-

² В теории систем аналог РН – системообразующий фактор, в тектологии – механизм формирующий. Однако, ничего не говорится о способах их установления.

роятностью $P(A) = n/m$, что можно назвать релевантной эмпирической вероятностью. Если частоты и число опытов не устанавливаются, что, например, допускается в естествоиспытаниях, то относительная частота называется идеальной эмпирической вероятностью и устанавливается как $P(A) = \lim m, n \rightarrow \infty$. Продолжительность любого количества опытов и получаемые частоты наблюдений считаются основанием получаемой меры достоверных исчислений.

Вероятность как категория является частью и подмножеством категории возможности, которая, в свою очередь, является частью и подмножеством категории правдоподобия. Вероятностные меры в аксиоматическом варианте теории вероятности едва применимы для предсказания крайне редких событий, для описания проявления свойств сложных объектов нечисловой природы (человек). В мерах возможности и правдоподобия обоснованное знание достигается исходя не из частотности событий, а эмпирического знания класса событий наблюдаемого предмета. Например, знание о сезонных миграциях птиц является основанием для предсказаний столкновений самолетов с птицами – более достоверных, чем специально организованные наблюдения.

В предметной области, где частотная интерпретация событий недоступна, неприменима и невозможна, могут использоваться субъективные вероятности, вероятностные и правдоподобные рассуждения, номические обобщения. «Символически такие обобщения могут быть выражены с помощью универсальной импликации: $(x) (Ax \textcircled{R} Bx)$. Например, если x – физическое тело, A – свойство «быть нагретым», а B – свойство «быть расширяемым», то это выражает известный физический закон: если тело нагревается, то оно расширяется. В любом таком законе свойство, характеризующее антецедент импликации, должно быть связано с соответствующим свойством консеквента. Иначе говоря, любое x , обладающее свойством A , должно обладать свойством B . В номической вероятности определенный процент B будут обладать свойством A : $P(B/A) = r$ » Д. Поллок, SYNTHESES. Dordrecht, 1992. Vol. 90, n 2, цит. по [4]. Предложением настоящей разработки является применение эмпирической экспертизы и субъективного оценивания показателей и параметров свойств пилота. Субъективное оценивание является также эмпирически проверяемым, что было обосновано в работе по нормативному моделированию риска деятельности воздушного транспорта [5].

2.3. Метод мягкой формализации знаний в преодолении нечеткости для описания свойств человека

Совокупность приемов и способов представления знаний на естественном языке, в символьном, схематическом, реляционном, а также в нечеткой математической формализации мы называем *методом мягкой формализации знаний* [3]. Данный метод устанавливается как вид класса мягких вычислений. Здесь представлено описание процедур в трех уровнях усиления формализации, которые исследователь, эксперт может применять в последовательности или в нестрогой последовательности.

Уровень 1. Слабая формализация

- Первичная экспертная идентификация объектов: установление и наименования на естественном языке реальных и виртуальных объектов, существенных для формообразования ресурсных комплексов.

- Установление бинарных отношений между объектами в признаках «создающий - создаваемый» ресурсы для каждого объекта.

- Установление предпочтений иерархии положения каждого объекта.

- Составление семантических моделей - схем, таблиц, диаграмм.

Уровень 2. Мягкая формализация

- Установление первичных групп комплексов ресурсов – четверок (1+3): «создаваемый ресурс + три создающих ресурса».

- Композиция контуров по установленным группам.

- Композиция кортежей ресурсов в соответствии с целями проектирования.

- Композиция комплекса ресурсов назначения проектирования.

Уровень 3. Математическая формализация

- Установление возможного и необходимого уровня математической формализации для каждого из элементов комплекса.

- Установление шкалы, метода наблюдения величины объектов и наименования параметров (состояний), базы наблюдения, в которых их наблюдение наиболее адекватно отвечает целям проектирования.

- Определение приемлемых математических методов из современного математического арсенала, наиболее соответствующих для формализации каждого из ресурсов, кортежей и контуров комплекса.

- Составление символьного описания постановки и решения задачи.

- Составление математического описания постановки и решения задачи.

Принимаем следующее обоснование прини-

маемых и устанавливаемых границ значений оцениваемых показателей величин свойств (ресурсов) пилота. Пусть на отрезке $[a, b]$ расположены подмножества оцениваемых значений величины x , принадлежащих множеству R (в соответствии с $\{6\}$ и рис. 1).

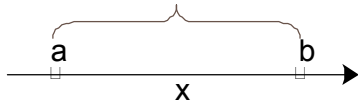


Рис. 1.

$$x \in X \subset [a, b] \in R \quad \{6\}$$

Значения оцениваемых величин принадлежат любому из подмножеств, включая значения **a и b**:

$$x \in [a, b] \text{ или } a \leq x \leq b \quad \{7\}$$

Значения оцениваемых величин в точке $[a]$ не принадлежат ни одному из подмножеств:

$$x \in [a, b) = [a, b] \setminus \{b\} \text{ или } a < x \leq b \quad \{8\}$$

Значения оцениваемых величин в точке $[b]$ не принадлежат ни одному из подмножеств:

$$x \in (a, b] = [a, b] \setminus \{a\} \text{ или } a \leq x < b \quad \{9\}$$

Значения оцениваемых величин в точке $[a, b]$ не принадлежат ни одному из подмножеств:

$$x \in (a, b) = [a, b] \setminus \{a, b\} \text{ или } a < x < b \quad \{10\}$$

Значения устанавливаемых величин в настоящей работе определяются на основании научно-теоретических выводов и положений, принимаемых и практикуемых нормативов, предписанных стандартов деятельности и установленных по экспертным оценкам.

2.4. Практическая реализация разработки ЭС

Основные принципы проектирования экспертной системы для целей настоящей разработки используются из предшествующих выполненных исследований и разработок [1]. Общая схема разработки показана в соответствии с рис. 2.

Формирование и описание свойств ресурсов пилота, оценки величин и шкал наблюдения (измерения, оценивания) осуществляется на основе: теоретических исследований и научно-технического обоснования разработчика данного проекта; установленных и практикуемых баз данных и классификаций описаний свойств ресурсов пилота; классификациями и данными статистики авиационных событий, показателями объективного контроля полетов; системами добровольных сообщений производственной деятельности.

Ресурсная методология исследования и проектирования сложноструктурных объектов нефизической и нематериальной природы позволяет получать результаты, обладающие новиз-

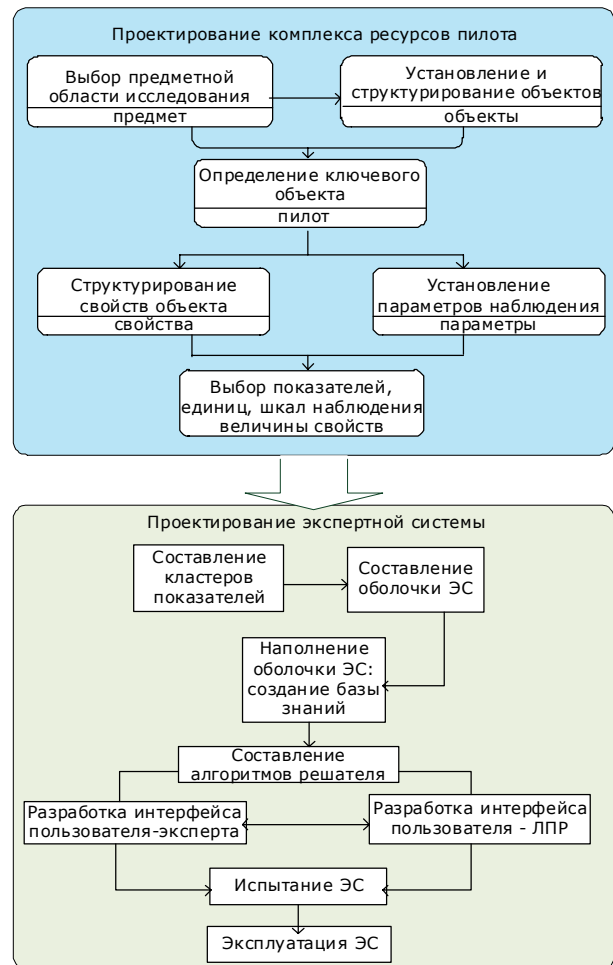


Рис. 2. Общая схема разработки ЭС

ной формального описания свойств и состояний пилота как совокупность объективного содержания летных ресурсов авиакомпании для управления летным производством и риска-ми производства полетов. Описание свойств ресурсов пилота осуществляется в параметрах и показателях, которые позволяют устанавливать ранее не определяемую их числовую природу для количественного исчисления.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе обоснованного описания структуры и содержания деятельности пилота предлагается алгоритм автоматизированного управления ресурсами пилота. Практическое значение состоит в том, что между разными базами данных авиакомпании установлены новые связи, оптимизирующие подготовку и принятие решений.

Разработка направлена на формирование перечня значимых (оказывающих существенное влияние на вероятность авиационного происшествия) параметров и показателей, используемых для долгосрочного прогнозирования с

возможностью их численного наблюдения и измерения в зависимости от времени.

Разработанная ЭС является открытым комплексом как для разработчика, исследователя и для пользователя – эксплуатанта воздушного транспорта. ЭС позволяет добавлять новые параметры и показатели или удалять, выбирать иные шкалы для оценивания величин и назначать метрические шкалы вместо неметрических, если появились соответствующие методики и инструменты для их приложения в ЭС. Разработка может быть использована в методах и технологиях управления профессиями с высокими и аритмическими рабочими нагрузками всех чрезвычайных отраслей, видов деятельности и трудовой занятости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизированная система прогнозирования и предотвращения авиационных происшествий при организации и производстве воздушных перевозок. Научно-технический отчет, этап 4. № госрегистрации 01201150118 от 12.01.2011. Ульяновск. 2012. 1340 с.
2. Zadeh, Lotfi A., «Fuzzy Logic, Neural Networks, and Soft Computing», Communications of the ACM, March 1994, Vol. 37 No. 3, pages 77-84.
3. *Плотников Н.И.* Проектирование транспортных комплексов. Воздушный транспорт. Монография. Новосибирск: ЗАО ИПЦ «АвиаМенеджер», 2010. 393 с.
4. *Рузавин Г.И.* Вероятность и правдоподобные рассуждения // Философия науки. Выпуск 2, Гносеологические и логико-методологические проблемы. 1996. С. 163-191.
5. *Плотников Н.И.* Нормативное моделирование риска деятельности воздушного транспорта // ВИНТИ. Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2009. № 6. С. 55-64.

METHODOLOGY FOR THE RESEARCH AND DEVELOPMENT OF THE EXPERT SYSTEM OF RESOURCE MANAGEMENT PILOT IN FLIGHT OPERATION

© 2012 N.I. Plotnikov

Research Project Center "AviaManager", JSC, Novosibirsk

Provides a brief description of the new approach in research and development of the expert system of resource management pilot in the flight operation. Estimation of human properties using soft computing. Keywords: resources, pilot, expert system, flight operation.