

УДК 658.051.012

О.К. ГАБЧАК, С.А. ЯШИН, Д.О. ГОРЛОВ

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина*

## СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ВЫБОРЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЕКТА СОЗДАНИЯ СЛОЖНОЙ ТЕХНИКИ

Приводится описание системы поддержки принятия решений (СППР) по согласованию требований заказчика с характеристиками безопасности продукции, указанными в нормативных документах. СППР апробирована в процессе анализа соответствия разрабатываемого летательного аппарата нормам летной годности Украины. Реализован метод формирования исчерпывающего списка нормативных требований и указаны направления применения полученной СППР.

**система поддержки принятия решений, вероятностное моделирование, сложные технические системы, требования нормативных документов, процессы выбора и обоснования требований**

### Введение

За последние годы на крупных производственных предприятиях установилась практика производства сложных технических систем (СТС) в виде отдельных проектов. Это обусловлено рядом причин: необходимостью ориентации на конкретного заказчика, созданием и разработкой уникальной техники, максимально удовлетворяющей потребителя, последовательной разработкой СТС, каждый этап которой должен тщательно контролироваться и т.д. В связи с этим возникает ряд задач управления проектами. Это выбор и обоснование требований к проекту, установка четких и достижимых целей, уравнивание противоречащих требований по качеству, коррекция характеристик в соответствии с мнением и ожиданиями различных участников проекта. В настоящее время разрабатывается комплекс методов и моделей решения данных задач [1 – 3], но отсутствует методика, позволяющая предоставить эффективный механизм поддержки принятия решения для руководителей проектов. Поэтому тема данной работы является актуальной.

В работе [4] была представлена модель анализа требований к СТС, согласно которой их можно разделить на следующие требования:

– указанные в нормативных документах и

предъявляемые сертификационными центрами, при контроле результатов реализации этапов проекта;

- предъявляемые заказчиком;
- установленные заводом изготовителем и/или организацией проектировщиком СТС.

Таким образом, для реализации перечисленных выше задач необходимо использовать СППР, которая позволит учитывать нечеткие знания заказчика, согласовывать их с количественными и качественными требованиями нормативных документов, наглядно демонстрировать зависимости между существенными требованиями, влияющими на результаты проекта.

### 1. Структура СППР анализа требований заказчика

В настоящий момент существует достаточно большое количество СППР, основанных на нечеткой логике (HUGIN, NETICA, ЭСТЕР и др.), однако ни одна из них не позволяет установить характеристики СТС с учетом требований заказчика [5 – 8]. Поэтому в данной работе реализована СППР согласования требований заказчика и нормативных документов к характеристикам безопасности продукции.

Для проектирования СППР использован универсальный объектно-ориентированный язык модели-

рования UML [9], позволяющий разработать модель проектируемой системы, которая позволит наглядно описать рассматриваемую область и доступно работать с заказчиком при определении его требований. В дальнейшем данная СППР может быть расширена новыми объектными модулями в зависимости от решаемых задач. На рис. 1 изображена укрупненная структура СППР анализа требований проектов на языке UML.

В качестве основных подсистем СППР были выделены следующие:

- 1) вероятностное моделирование (Probabilistic modelling);
- 2) общение с заказчиком (Contact);
- 3) база данных (Database);
- 4) база знаний (Knowledgebase);
- 5) пользовательский интерфейс (Interface).

Подсистема «Вероятностное моделирование» (Probabilistic modelling) включает подсистемы по-

строения, управления и оценки Байесовой сети (Construction BayersNet, Control BayersNet, BayersNet test). Подсистема построения Construction BayersNet включает в себя класс TBayesNet, отражающий топологию Байесовой сети. Данный класс агрегирует классы Tquestions и Tanswers, описывающие вопросы, которые необходимо задать заказчику (Tquestions) для установления нормативных документов (Tanswers), требования которых следует учитывать при разработке СТС. Подсистема управления Байесовой сетью (Control BayersNet) содержит класс TworkingBayersNet, который для текущей сети с заданными априорными вероятностями точности ответов на отдельные вопросы (TcurrentProbability) производит расчет вероятности выбора тех или иных нормативных документов, регламентирующих будущую СТС. Подсистема оценки Байесовой сети (BayersNet test) проводит оценку различных параметров Байесовой сети. Класс TEntropyTree

строит вероятностное дерево, оценивает плотность вероятности распределения зависимой переменной при условии ответа на вопрос Байесовой сети. Класс TsignificanceOfFactor оценивает информационный вклад различных ответов на вопросы в снижение энтропии решения о выборе нормативных документов. Данные, полученные в подсистеме BayersNet test, в дальнейшем будут полезны как разработчику, для обоснования выбора требований СТС, так и заказчику, для проверки соответствия продукта проекта исходным требованиям. Класс TParametersTeaching предназначен для обучения параметров модели по экспериментальным данным.

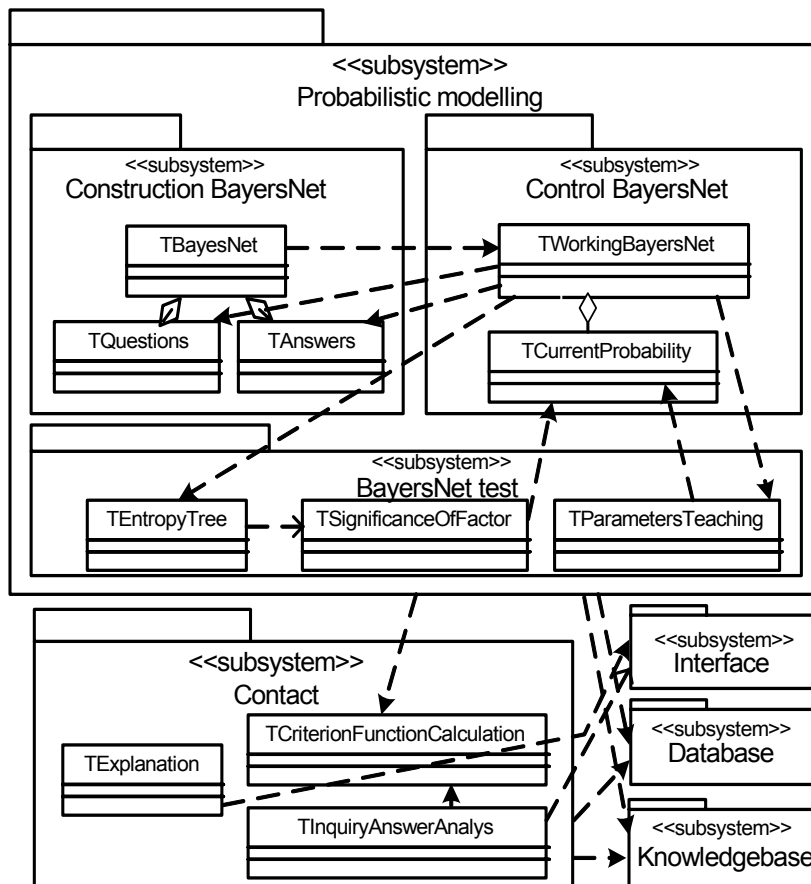


Рис. 1. Структура СППР анализа требований проектов

Подсистема «Общение с заказчиком» (Contact) предназначена для последовательного опроса заказчика о его предпочтениях в выборе обязательных требований, с возможностью выбора степени уверенности ответа на тот или иной вопрос. Класс TInquiryAnswerAnalysis анализирует ответ пользователя. Класс TCriterionFunctionCalculation проверяет различные гипотезы до тех пор, пока не придет к заключению о соответствии тому или иному нормативному документу. Класс TExplanation предназначен для пояснений и подсказок заказчику при работе с системой.

Первым этапом работы с СППР является создание сети Байеса и ее моделирование. Второй этап заключается в опросе заказчика для определения нормативных документов. Рассмотрим подробнее содержание данных этапов.

## 2. Метод построения сети Байеса для СППР анализа требований заказчика

Байесовский метод принятия решений строит строгое математическое обоснование и позволяет решать задачи, характеризующиеся необходимостью учета неопределенности ответов заказчика. Основан данный метод на теореме Байеса, которая рассматривает множество попарно несовместимых событий  $H_1, H_2, \dots, H_n$  (выбора одного из нормативных документов характеристик безопасности продукции), полное в том смысле, что одно из событий непременно наступает, и событие  $S$  (фактов, указанных заказчиком) с вероятностью  $P(S) > 0$ :

$$P(H_i|S) = \frac{P(S|H_i) P(H_i)}{\sum_{j=1}^n P(S|H_j) P(H_j)}$$

При этом события  $H_i$  принято называть гипотезами;  $P(H_i|S)$  – апостериор-

ными вероятностями гипотез; событие  $S$  симптомом;  $P(S|H_i)$  – вероятностями подтверждения или опровержения гипотез  $H_i$  симптомом  $S$ .

Байесова сеть, основанная на вышеописанной теореме, имеет следующую структуру:

- случайные переменные (узлы ориентированного графа);
- отношения прямой зависимости (ребра графа).

Каждая переменная может зависеть только от некоторого множества своих соседей.

При этом плотность совместной вероятности значений всех переменных редуцируется до произведения локальных условных плотностей

$$P(H_1, \dots, H_n) = \prod_j P(H_j | pa(H_j)),$$

где  $pa(H_j)$  – состояния всех переменных – предков для переменной  $H_j$ .

Это выражение носит название цепного правила для полной вероятности.

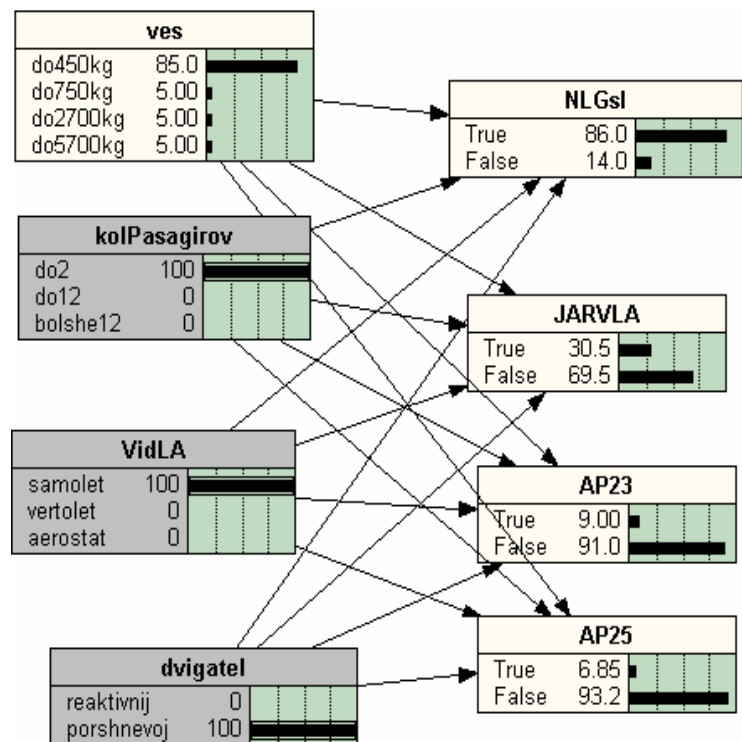


Рис. 2. Пример построения Байесовой сети для СППР согласования требований заказчика и НЛГ

### 3. Пример СППР анализа требований заказчика

Пример фрагмента сети Байеса для СППР согласования требований заказчика к летательному аппарату (ЛА) и норм летной годности (НЛГ) Украины приведен на рис. 2.

В данном примере были рассмотрены следующие нормы летной годности для ЛА:

- (НЛГ с/л) нормы летной годности для самолетов с максимальным взлетным весом до 450кг;
- (JAR - VLA) нормы летной годности для самолетов с максимальным взлетным весом до 750кг;
- (АП - 23) нормы летной годности для самолетов с максимальным взлетным весом до 5700кг;
- (АП - 25) нормы летной годности для самолетов транспортной категории.

Для определения перечисленных НЛГ необходимо знать значения априорных вероятностей веса ЛА, вид двигателя, вид ЛА и количество пассажиров. Изначально вводим предположение о том, что заказчик может заказать любой ЛА.

Пример задания количественных показателей для вида ЛА показан в табл. 1.

Таблица 1

Входные данные узла «VidLA»

Вид ЛА	Вероятность заказа данного вида ЛА
Самолет	0,34
Вертолет	0,33
Аэростат	0,33

После этого путем рассмотрения различных ответов на предложенные вопросы происходит моделирование сети до тех пор, пока ответы заказчика не будут корректно отображать НЛГ для создаваемого ЛА.

После завершения моделирования сети Байеса система считается доступной для работы с пользователем.

На рис. 3 изображена главная экранная форма работы с заказчиком для определения нормативных документов СТС.

При определении норм летной годности для разрабатываемого ЛА необходимо задать следующие

вопросы:

- данный ЛА является пилотируемым?
- данную систему можно отнести к дозвуковым ЛА?
- данный ЛА может считаться гражданским?
- используется реактивный двигатель?
- используется поршневой двигатель?
- данный ЛА является тепловым аэростатом?
- данный ЛА является вертолетом?
- данный ЛА может считаться пассажирским транспортным?

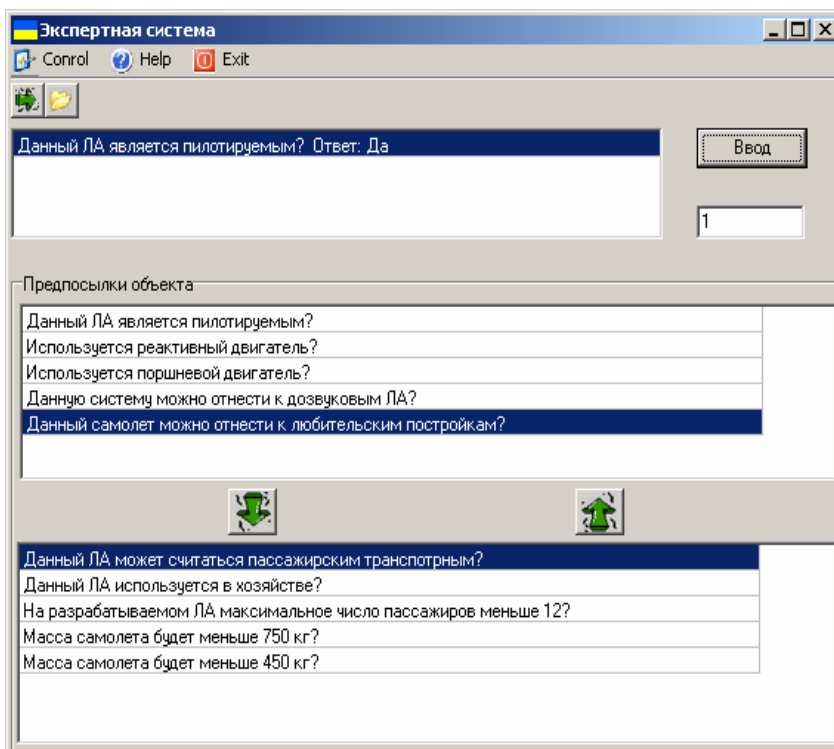


Рис. 3. Пример работы с заказчиком для определения нормативных документов СТС

– на разрабатываемом ЛА максимальное число пассажиров меньше 12?

– на разрабатываемом ЛА максимальное число пассажиров меньше 2?

– масса самолета будет меньше 5700 кг?

– масса вертолета будет меньше 2700 кг?

– масса самолета будет меньше 750 кг?

– масса самолета будет меньше 450 кг?

– данный самолет можно отнести к любительским постройкам?

После этого система выдает таблицу вероятности того, что разрабатываемый летательный аппарат должен соответствовать нормам летной годности того или иного типа.

Результаты взаимодействия заказчика и СППР (ответы на вопросы) сохраняются.

Таблица 2

Результаты работы СППР

НЛГ	P (НЛГ)
НЛГ с/л	0,9
JAR - VLA	0,3
АП - 23	0,3
АП - 25	0,1

### Выводы

Таким образом, в данной работе представлена структура СППР в области согласования требований заказчика и нормативных документов к характеристикам безопасности продукции.

В работе отображены основные этапы работы с СППР: создание сети Байеса, моделирование сети, работа с заказчиком для определения нормативных документов.

Рассмотрены примеры по определению НЛГ для создаваемых ЛА

Предложенная СППР может быть полезна для руководителей отделов маркетинга, разработки при принятии решений относительно определения требований к СТС для новых проектов.

### Литература

1. Александров Л.В., Блинников В.И., Карпова Н.Н. Программно-целевой подход к разработке технических решений. – М.: ВНИИПИ, 1989. – 78 с.

2. Введенская Н.А. Применение системы планирования решений при проектировании сложных энергетических объектов // Методы и системы принятия решений. Экспертные системы в автоматизированном проектировании. – Рига: Риж. политехн. ин-т, 1990. – С. 10-15.

3. Вермишев Ю.Х. Методы автоматического поиска решений при проектировании сложных технических систем. – М.: Радио и связь, 1982. – 152 с.

4. Дружинин Е.А., Габчак О.К. Информационная модель контроля требований проекта при проведении сертификации // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2005. – № 1 (9). – С. 63-67.

5. Материалы компании Norsys Software Corporation (NETICA). – [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.norsys.com> (02.05.2006).

6. Материалы компании Knowledge Industries Corporation. – [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kic.com> (02.05.2006).

7. Материалы компании Data Digest Corporation. – [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.data-digest.com> (02.05.2006).

8. Материалы компании HUGIN Expert. – [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.hugin.com> (02.05.2006).

9. Мацяшек Л. А. Анализ требований и проектирование систем. Разработка информационных систем с использованием UML.: Пер. с англ. – М.: «Вильямс», 2002. – 432 с.

Поступила в редакцию 23.05.2006

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.М. Илюшко, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.