

Оценка качества объекта авиационной техники на основе теории нейронных сетей

10, октябрь 2010

авторы: Гулевич С. П., Веселов Ю. Г., Ключников А. А., Гулевич С. С.

УДК 629.135.2.001.4

МГТУ имени Н.Э. Баумана

vesel_foto@mail.ru

Оценка качества продукции является актуальной научной технико-экономической проблемой, а разработка современных, научно обоснованных, объективных и достоверных методов оценки качества – важнейший аспект данной проблемы.

Качество продукции – это совокупность свойств продукции, обуславливающих ее способность удовлетворять установленные или предполагаемые потребности. На практике конкретные потребности переводятся в набор количественных и качественных установленных требований к характеристикам продукции. Оценка ее качества состоит в проверке соответствия продукции требованиям к качеству – перечню количественных характеристик (показателей качества) и качественных признаков [1].

Применительно к объекту авиационной техники (АТ), требования, предъявляемые к качеству продукции, как известно, определяет тактико-техническое задание (ТТЗ) и ряд нормативных документов (ГОСТ, ОТТ, нормы летной годности и т.п.).

Однако если учесть объемность ТТЗ и нормативных документов, то становится ясно, полная совокупность характеристик объекта АТ представляет собой чрезвычайно широкое множество. Чтобы исключить необосно-

ванно громоздкие расчеты, следует отбирать лишь наиболее представительные признаки, отражающие главные свойства (требования) объекта и на их основе ввести некоторый критерий качества (показатель высшего порядка), то есть математическое выражение, позволяющее противопоставить множеству числовых характеристик, описывающих объект, некоторое число, определяющее качество этого объекта.

Качество объекта АТ достаточно полно определяют два критерия – определяющий показатель качества, по которому принимается решение оценивать его качество и уровень качества, то есть относительная характеристика качества объекта, основанная на сравнении значений показателей качества объекта с базовыми (эталонными) значениями соответствующих показателей.

Базовый образец – лучший из аналогов, принимаемый для сопоставления при оценке технического уровня, качества и эффективности новых разработок.

Оценка критериев качества объекта АТ предполагает разработку современной научно обоснованной методики.

Проблема выбора номенклатуры показателей качества является одной из ключевых в постановке задачи оценки критериев качества. Качество является агрегированной характеристикой продукции, то есть оно определяется большим числом единичных и комплексных показателей. Поэтому выбор номенклатуры показателей должен происходить по принципу «необходимость и достаточность» исходя из актуальности и возможности использования для оценки конкретной продукции.

При определении критериев качества практически всегда используются показатели, классифицируемые по характеризующим свойствам. При этом показатели объединяют в ряд групп: назначения (функционального, социального); надежности; экономного использования ресурсов, энергии; эргономические; эстетические; экологические; безопасности; патентно-правовые; стандартизации и унификации; технологичности (изготовления,

ремонта); транспортабельности; вторичного использования или утилизации; сервисные.

Приведенная выше номенклатура показателей качества продукции является укрупнённой - в каждой из основных групп можно выделить подгруппы показателей вплоть до простых свойств (единичные показатели). В то же время, при необходимости можно ввести другие группы показателей, характерные для рассматриваемой продукции. В зависимости от того, кем указанные группы показателей будут использоваться (изготовителем или потребителем), состав групп и номенклатура показателей могут быть различными, но в целом они могут использоваться при определении любого из уровней качества (проектно-технического и т.д., в зависимости от стадии жизненного цикла продукции) и при любом уровне их интеграции.

При определении критериев качества продукции необходимо в обязательном порядке учитывать «весомости» группы A_i показателей качества и самих показателей a_i , так как параметры весомости показателей качества играют исключительно большую роль в оценке и оказывают существенное влияние на конечный результат расчета. Учет параметров весомости производится путем умножения параметра весомости (A_i, a_i) на соответствующий коэффициент, характеризующий групповой или единичный показатель качества. Причем значения параметров весомости должны удовлетворять условию: $0 \leq (A_i, a_i) \leq 1$ [2].

В дальнейшем качество в компактной форме будем представлять в виде вектора состояния, компоненты которого есть групповые показатели с учетом их параметров весомости, которые, в свою очередь, определяются коэффициентами, характеризующими единичные показатели качества также с учетом их параметров весомости:

$$X = \{ A_1[a_{11} \kappa_{11}(x_{11}), \dots, a_{1i} \kappa_{1i}(x_{1i})], A_2[a_{21} \kappa_{21}(x_{21}), \dots, a_{2i} \kappa_{2i}(x_{2i})], \dots, A_j[a_{j1} \kappa_{j1}(x_{j1}), \dots, a_{ji} \kappa_{ji}(x_{ji})] \},$$

где x_i – i -й показатель качества; κ_i – коэффициент, характеризующий i -й показатель качества; a_i – показатель весомости i -го показателя качества; A_j – показатель весомости j -ой группы показателей качества.

Методика оценки качества объекта АТ основана на методах оценки определяющего показателя качества и уровня качества.

Определяющий показатель качества рассчитывается на основе средневзвешенной арифметической зависимости: $\tilde{K}_o = \sum_{j=1}^n A_j K_j$,

где K_j – групповой показатель качества j -ой группы единичных показателей качества, который определяется на основе средневзвешенной геометрической зависимости.

В основу метода оценки уровня качества положен аппарат оценки качества продукции, где предмет действия (оцениваемая продукция) и продукт действия (базовая продукция) описываются мерами M_K и M_{II} , а близость их оценивается показателем, который и характеризует уровень качества $\overline{K} = (M_K \cap M_{II}) / (M_K \cup M_{II})$.

В частности мера представляется множеством

$$M = [(C_1 / V_{C1}), (C_2 / V_{C2}), \dots, (C_n / V_{Cn})], \text{ тогда } \overline{K} = \sum^{\cap} (V_{C_i}^{\max} / V_{C_i}^{\min}) / N_{\cup},$$

где $C_{1...n}$ – свойство объекта; $V_{C_{1...Cn}}$ – величина (количество) свойства;

\sum^{\cap} – суммирование по мощности пересечения множеств M_K и M_{II} ; $V_{C_i}^{\max}$ и $V_{C_i}^{\min}$ – минимальная и максимальная величины свойств из пары C_i предмета и продукта исследования [3, 4].

Для решения задачи алгоритмического обеспечения оценки уровня качества объекта предлагается использовать получившие в последнее время широкое распространение нейронные сети (НС), в силу своей универсальности и гибкости.

Нейронная сеть является совокупностью элементов, соединенных некоторым образом так, чтобы между ними обеспечивалось взаимодействие. Эти элементы, называемые также нейронами, представляют собой простые

процессоры, вычислительные возможности которых обычно ограничиваются некоторым правилом комбинирования входных сигналов и правилам активации, позволяющим вычислить выходной сигнал по совокупности входных сигналов. Выходной сигнал элемента может посылаться другим элементам по взвешенным связям, с каждой из которых связан весовой коэффициент или вес. В зависимости от значения весового коэффициента передаваемый сигнал усиливается или подавляется.

Один из самых привлекательных аспектов использования НС заключается в том, что, хотя элементы такой сети имеют очень ограниченные вычислительные возможности, вся сеть в целом, объединяя большое число таких элементов, оказывается способной выполнять довольно сложные задачи.

Структура связей отражает детали архитектуры сети, а именно то, какие элементы соединены, в каком направлении работают соединения, и каков уровень значимости (вес) каждого из соединений [5].

Рассмотрим решение задачи оценки качества объекта АТ на примере беспилотного летательного аппарата (БЛА) «Инспектор-301».

На основе предварительного анализа различных моделей НС, в соответствие с характером решаемых задач, количеством входных и выходных данных, структурой связей между единичными и групповыми показателями качества была выбрана нейронная сеть в виде трехслойного персептрона (рисунок 1) со следующими характеристиками:

- первый слой – 27 входных нейронов, соответствует числу входных данных – единичных показателей качества;
- второй слой (скрытый) – 10 нейронов, соответствует структуре связей между единичными и групповыми показателями качества;
- третий слой – 1 выходной нейрон, так как требуется один выходной параметр – показатель уровня качества \bar{K} ;

- нелинейная функция активации – сигмоидальная функция

$$p(s) = \frac{1}{1 + \exp(-as)}, \text{ с параметром } a = 1.$$

Структура нейронной сети представлена на рисунке 2.

Для решения поставленной задачи разработаны алгоритмы синтеза НС с использованием нелинейной функции активации, разработаны алгоритмы обучения сети.

Обучение НС подразумевает определение весовых коэффициентов слов нейронов. Обучение НС происходит с учителем, то есть сети предъявляются значения как входных, так и желательных выходных сигналов, и она по некоторому внутреннему алгоритму подстраивает веса своих синаптических связей.

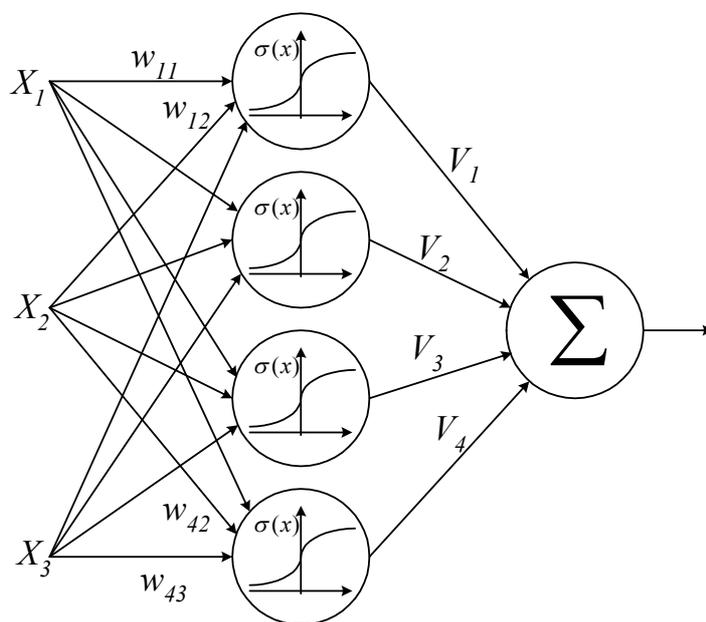


Рисунок 1 - Трехслойный персептрон

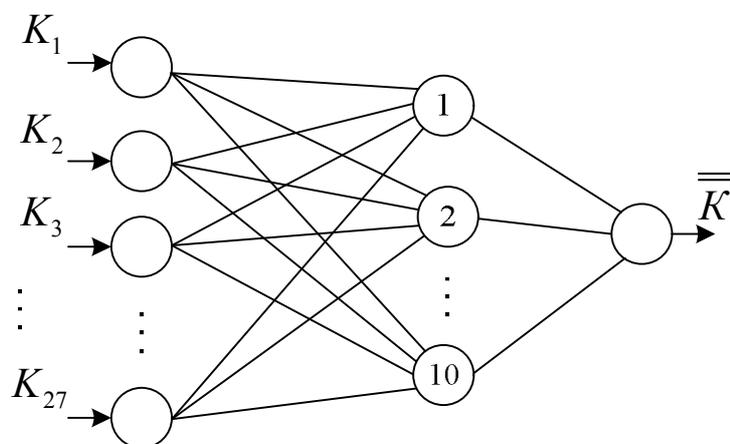


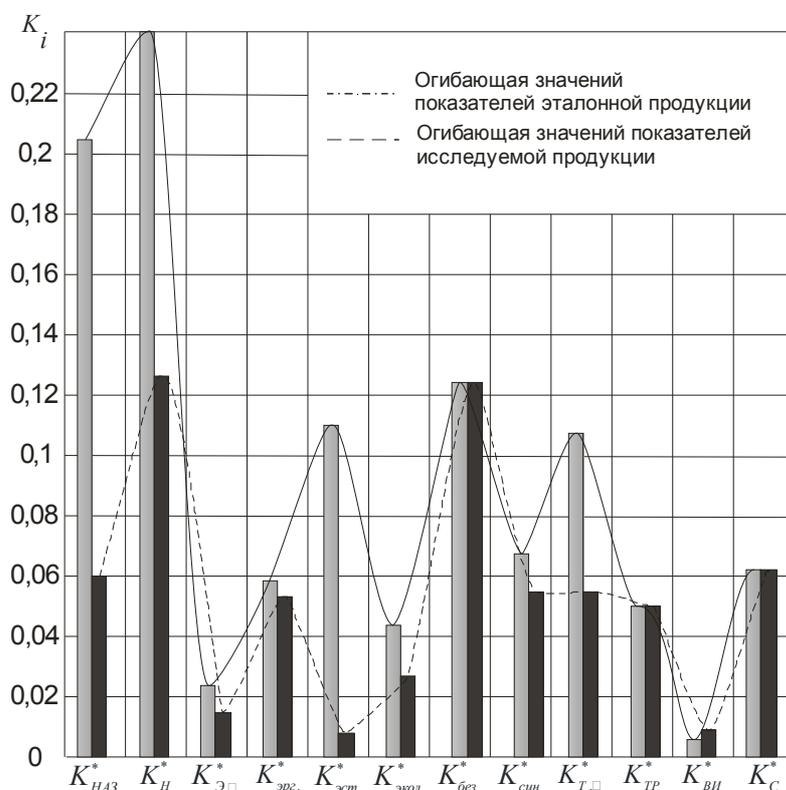
Рисунок 2 - Структура нейронной сети

Результаты оценки качества БЛА «Инспектор-301» представлены в виде линейной номограммы показателей качества исследуемой и эталонной продукции (рисунок 3) и таблицы 1, где показаны результаты оценки уровня качества.

Область между огибающей значений показателей качества эталонной продукции и огибающей значений показателей качества исследуемой продукции направляет реализацию мероприятий, направленных на повышение качества продукции.

Анализ материалов исследований показал, что наибольший «вклад» в величину определяющего показателя качества вносят групповые показатели назначения (для исследуемой продукции это, прежде всего, тактико-технические характеристики), надежности и безопасности.

Определяющий показатель качества будет равен: $\tilde{K}_o = \sum_{j=1}^n A_j K_j = 0,637$.



Примечание: Индексом «*» обозначены показатели качества с учетом групповых показателей весомости.

Рисунок 3 – Номограмма показателей качества исследуемой и эталонной продукции

Таблица 1- Результаты оценки уровня качества

К1	К16
К2	К17
К3	К18
К4	К19
К5	К20
К6	К21
К7	К22
К8	К23
К9	К24
К10	К25
К11	К26
К12	К27
К13	
К14	
К15	

Ok

Kobob=

К1	К16
0.44	0.6
1	0.997
0.77	0.91
0.83	0.92
0.95	0.85
0.86	0.93
0.8	0.99
1	0.8
1	0.8
0.8	1
0.95	0.63
0.996	1
0.64	
0.9	
0.95	

Ok

0.733378203864863

Уровень качества будет равен: $\bar{K} = 0,7337$.

Полученные значения определяющего показателя качества ($\tilde{K}_o = 0,637$) и уровня качества ($\bar{K} = 0,7337$) свидетельствуют о высоком качестве БЛА «Инспектор-301».

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований проекта № 08-08-00613.

Литература

- 1 Лифиц И.М. Конкурентоспособность товаров и услуг. – М.: ЮРАЙТ, 2009 г., 460 с.
- 2 Мишин В.М.. Управление качеством. – М.: Издательство ЮНИТИ, 2005 г., 464с.

3 Гулевич С.С. Метод определения оценки качества объекта испытаний посредством нейронных технологий. – М.: ВИНТИ РАН, Проблемы безопасности полетов, № 5, 2007 – с. 49-54.

4 Колесников Г.М. Визуально-приборное наблюдение. – Монино: Издательство ВВА, 2004 г., 214 с.

5 Роберт Калан. Основные концепции нейронных сетей – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003г., 287с.