

Квалиметрические методы оценки качества мехатронных систем

Харьковский национальный автомобильный университет

Дано определение мехатронных систем. Рассмотрено понятие квалиметрии и возможность оценки весовых коэффициентов единичных показателей качества мехатронных систем экспертным методом. С помощью метода оценки качества продукции по единичным показателям качества проведена оценка нескольких автомобилей, определён наиболее выгодный из них по определённым параметрам.

Ключевые слова: мехатронные системы, квалиметрия, весовой коэффициент, взвешенная сумма, качество, комплексный показатель качества, единичный показатель качества, экспертный метод..

Введение

Количественная оценка качества технических систем возможна методами квалиметрии. Мехатронные системы включают в себя наряду с механическими и электронными системами также и программные средства, поэтому аналитическими методами оценить качество мехатронной системы невозможно. Экспертная оценка позволяет оценивать не только измеряемые параметры, но и качественные параметры, например такие, как эргономические, эстетические показатели надёжности. Показаны принципы применения аналитических методов для оценки дифференциальных показателей единичных параметров.

Анализ публикаций

В работе [2] на основе анализа моделей разных видов транспорта отечественного и зарубежного производства изложены критерии, методика и практические рекомендации, касающиеся оценки их технического уровня и качества, которые базируются на квалиметрическом подходе. Здесь рассмотрен обобщённый показатель качества, получивший название ТРАН, который фактически показывает эксплуатационную эффективность разработанной системы. Квалиметрические методы используют также и для оценки качества программных средств изложенных в ДСТУ 2850 – 94.

В работе [4] введено понятие потребительской полезности товара, однако простые аналитические методы не позволяют получать достоверные оценки качества продукции.

В [1] приведён метод оценки качества по единичным показателям с использованием весовых коэффициентов. Этот метод наиболее полно характеризует уровень качества, в связи с чем его применяют в данной работе.

Цель и постановка задачи

С помощью метода оценки качества продукции по единичным показателям качества определить весовые коэффициенты для каждого параметра и оценить комплексный показатель качества автомобилей, определив наиболее выгодный из них по определённым параметрам. Эксперту необходимо не только оценить

весовые коэффициенты единичного показателей качества, но и выбрать расчетную формулу для сравнения с базовыми единичными показателями.

Оценка весовых коэффициентов

Мехатронные системы состоят, как правило, из механических, электронных и информационных систем, которые связаны друг с другом и представляют собой единое целое. К мехатронным системам относятся гибкие производственные системы, современные транспортные средства, такие, как легковые автомобили, самолеты. Например, легковой автомобиль Мерседес Бенц СВ 220 является мехатронной системой, которая включает в себя до 40 управляемых агрегатов.

Современные легковые автомобили характеризуются большим количеством параметров. Оценка качества автомобилей можно выполнять методами квалиметрии, которые содержат условные критерии. В их основу положен принцип относительного сравнения пары объектов, один из которых взят в качестве образцового.

Квалиметрия – соединение двух слов латинского *qualitas* (качество) и греческого *μετρέω* (измерять). Таким образом, квалиметрия – это совокупность методов и средств количественной оценки качества [1].

Комплексный показатель качества позволяет проводить сравнительную оценку аналогичных по назначению изделий с различными техническими характеристиками.

Наиболее простыми являются аддитивные комплексные показатели качества, т.е.

$$K = \sum_{i=1}^n q_i \cdot K_{bi}; \quad \sum_{i=1}^n K_{bi} = 1, \quad (1)$$

где q_i - отношение единичного показателя оцениваемого изделия и базового изделия;

K_{bi} - коэффициент весомости i -го показателя качества.

Дифференциальный метод оценки уровня качества продукции осуществляется сравнением показателей качества оцениваемого вида продукции с соответствующими базовыми показателями. При этом для каждого из показателей рассчитывают относительные показатели качества оцениваемой продукции по формулам

$$q_i = \frac{P_i}{P_{i\bar{0}}}, \quad (2)$$

$$q_i = \frac{P_{i\bar{0}}}{P_i}, \quad (3)$$

где P_i - числовое значение i -го показателя качества оцениваемой продукции;
 $P_{i\bar{0}}$ - числовое значение i -го показателя качества базового образца.

Формулу (2) используют, когда увеличение абсолютного значения показателя качества соответствует повышению качества продукции. По этой

формуле необходимо вычислить относительный показатель качества для мощности, диапазона измеряемых значений физических величин, вероятности безотказной работы и др.

По формуле (3) относительный показатель качества определяют тогда, когда увеличение абсолютного значения показателя соответствует снижению качества продукции. По этой формуле вычисляют относительный показатель для чувствительности приемных устройств, погрешности средств измерений, потребляемой энергии, габаритных размеров радиоэлектронных устройств и др. В этих случаях повышения качества определяется уменьшением абсолютного значения единичного показателя.

Если начиная с определенного значения какого-либо единичного показателя, дальнейшее его изменение не приведет к росту технического уровня (например, увеличение объема бака топлива более чем на 10 ... 20%) то вместо выражения (1) следует воспользоваться соотношением [1]

$$q_i = 1,43 \cdot \ln \left(\frac{P_i}{P_{i\bar{6}}} + 1 \right), \quad (4)$$

где $P_{i\bar{6}}$ – значение i -го единичного показателя качества базового образца

P_i – значение i -го единичного показателя качества оцениваемого образца.

Если изменение значения какого-либо единичного показателя значительно улучшает технический уровень, то вместо формулы (2) необходимо пользоваться зависимостью

$$q_i = \exp \left(0,69 \cdot \frac{P_i}{P_{i\bar{6}}} \right) - 1. \quad (5)$$

Коэффициент 1,43 в соотношении (3) берут из условия $P_i = P_{i\bar{6}}$, и тогда $q_i=1$, аналогично коэффициент 0,69 в формуле (4) в случае $P_i = P_{i\bar{6}}$ дает $q_i=1$,

Комплексный метод оценки уровня качества предусматривает использование комплексного (обобщенного) показателя качества. Этот метод применяют в случаях, когда целесообразно выразить одним числом уровень качества. По комплексному методу определяют отношение обобщенного показателя качества оцениваемой продукции Q к обобщенному показателю базового образца $Q_{\bar{6}}$, т.е.

$$K = \frac{Q}{Q_{\bar{6}}}. \quad (4)$$

В настоящее время в практике конструирования используют пять групп методов определения весовых коэффициентов K_v : директивные, статистические, стоимостные, аналитические и экспертные. Директивный метод применяют в случаях, когда весовые коэффициенты показателей задаются заказчиком, определяются нормативными документами или назначаются вышестоящей организацией. Статистические методы определения весовых коэффициентов

основаны на предположении, что при достаточно большом опыте проектирования мехатронной системы одного класса чем важнее показатель качества, тем ближе его значение к эталонному показателю.

Основой стоимостного метода определения весовых коэффициентов является предположение о том, что коэффициент веса K_{bi} , – монотонно возрастающая функция от затрат C на его обеспечение [4].

Методы квалиметрии можно использовать также для оценки качества легковых автомобилей.

Например, определим комплексный показатель качества автомобиля марки Opel модели CORSA, если в качестве базовой выбрана марка автомобиля SUBARU модели IMPREZA 2.0T; единичные показатели качества и весовые коэффициенты приведены в табл. 2.

Оценим весовые коэффициенты четырех параметров: a_1 - объем, см³, a_2 - мощность, л.с.; a_3 - скорость, км/ч, a_4 - цена, у.е.

Применим трехальтернативное предпочтение, т. е. если $a_1 > a_2 \Rightarrow 2$;

$a_1 = a_2 \Rightarrow 1$; $a_1 < a_2 \Rightarrow 0$;

Таблица 1

Оценка весовых коэффициентов

| | a_1 | a_2 | a_3 | a_4 | M_i | K_{bi} |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| a_1 | 1 | 0 | 0 | 2 | 3 | 0,18 |
| a_2 | 2 | 1 | 0 | 2 | 5 | 0,32 |
| a_3 | 2 | 2 | 1 | 0 | 5 | 0,32 |
| a_4 | 0 | 0 | 2 | 1 | 3 | 0,18 |

Поскольку увеличение мощности и скорости повышает качество автомобиля, то для определения относительного единичного показателя качества применяем формулу (2). Так как увеличение объема двигателя увеличивает расход топлива, то используем логарифмическую зависимость (4). Увеличение цены ухудшает потребительскую стоимость, поэтому применяем также логарифмическую зависимость

Таблица 2

Основные параметры автомобилей

| | Объем ,см ³ | Мощность, л.с. | Скорость, км/ч | Цена, у.е. |
|--|--|----------------|----------------|---|
| Opel CORSA | 1200 | 75 | 170 | 12490 |
| SUBARU IMPREZA 2.0T, базовая | 2000 | 218 | 228 | 34000 |
| Отношение единичных показателей качества q_j | $q = 143 \cdot \ln\left(\frac{P}{P_b} + 1\right) = 0,67$ | $75/218=0,34$ | $170/228=0,74$ | $q = 143 \cdot \ln\left(\frac{P_b}{P} + 1\right) = 1,8$ |
| Коэффициент весомости K_{bi} | 0,18 | 0,32 | 0,32 | 0,18 |
| $q_i \cdot K_{bi}$ | 0,12 | 0,108 | 0,236 | 0,324 |

Просуммировав произведения относительного показателя качества и коэффициента весомости, получим

$$K = 0,12+0,108+0,236+0,324= 0,78$$

Следовательно, что легковой автомобиль марки Opel CORSA на 22 % менее предпочтительней легкового автомобиля марки SUBARU IMPREZA 2.0T, в основном по показателям скорости и мощности.

Эксперт может увеличить вес самого важного единичного показателя за счет менее важного. Для этого выполняют умножение вектора строки $|a_i|$ на вектор-столбец рангов $|M_i|$.

Таблица 3

Модифицирование коэффициентов весомости

| $M'_i = a_{ii} \cdot M_i $ | M'_i | K'_b |
|---|--------|--------|
| $1 \cdot 3 + 0 \cdot 5 + 0 \cdot 5 + 2 \cdot 3$ | 9 | 0,18 |
| $2 \cdot 3 + 1 \cdot 5 + 0 \cdot 5 + 2 \cdot 3$ | 17 | 0,28 |
| $2 \cdot 3 + 2 \cdot 5 + 1 \cdot 5 + 0 \cdot 3$ | 21 | 0,35 |
| $0 \cdot 3 + 0 \cdot 5 + 2 \cdot 5 + 1 \cdot 3$ | 13 | 0,216 |

В этом случае комплексный показатель качества $K = 0,857$, т. е. легковой автомобиль марки Opel CORSA на 14,2 % менее предпочтительней легкового автомобиля марки SUBARU IMPREZA 2.0T в основном по показателям скорости и мощности.

Выводы

В статье представлены основные соотношения методов квалиметрии на примере оценки единичных показателей качества легковых автомобилей. В зависимости от знака производной качества по единичному параметру и значению производной эксперт выбирает то или иное соотношение для оценки комплексного показателя качества.

Список литературы

1. Гребеников А.Г. Качество и сертификация промышленной продукции/ А.Г. Гребеников, А.К. Мялица, В.Я. Фролов и др. – Х.: ХАИ,1998.–396 с.
2. Бурдаков В.Д. Квалиметрия транспортных средств/ В.Д. Бурдаков – М.: Изд-во стандартов, 1990.–160 с.
3. Легкові автомобілі та джипи// АВТОВОСТОК №50, 2007 с.60
4. Минин Б.А. Уровень качества/ Б.А. Минин– М.: Изд-во стандартов, 1889. – 184 с.

Рецензент: д-р техн. наук, проф., зав. каф. А.В.Полярус, Харьковский автодорожный университет, Харьков

Поступила в редакцию 12.11.09.

Кваліметричні методи оцінки якості мехатронних систем

Дано визначення мехатронних систем. Розглянуто поняття кваліметрії і можливість оцінки вагових коефіцієнтів одиничних показників якості мехатронних систем експертним методом. За допомогою методу оцінки якості продукції за одиничними показниками якості проведено оцінювання деяких типів автомобілей, визначено найбільш вигідний за визначеними параметрами.

Ключеві слова: мехатронні системи, кваліметрія, ваговий коефіцієнт, зважена сума, якість, комплексний показатель якості, одиничний показник якості, експертний метод.

Quality metering methods for mechatronic system quality evaluation

The mechatronic systems have been defined. The quality metering concept and the possibility of the mechatronic system unit quality indicator weight ratio expert evaluation have been considered. Several vehicles have been evaluated using the output unit quality indicator rating method. The most proper one has been chosen by certain parameters.

Keywords: mechatronic systems, quality metering, weight ratio, weighted total, quality, integrated quality indicator, unit quality indicator, expert method.