

# ОБОБЩЕННАЯ МОДЕЛЬ ВЫБОРА БОРТОВОГО КОМПЬЮТЕРА ДЛЯ АВТОМОБИЛЯ

К.т.н Н.Ю. Филь, Анначары Шамырадов, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

*В работе проведен анализ существующих моделей бортовых компьютеров для автомобилей. Разработана обобщенная модель выбора бортового компьютера для автомобиля в условиях нечеткой входной информации.*

*В роботі проведено аналіз існуючих моделей бортових комп'ютерів для автомобілів. Розроблено узагальнену модель вибору бортового комп'ютера для автомобіля в умовах нечіткої вхідної інформації.*

*The paper analyzes existing models of on-board computers for vehicles. A generalized model for choosing an on-board computer for a car in conditions of fuzzy input information is developed.*

**Ключевые слова:** метод анализа иерархий, бортовой компьютер, модель выбора.

## Введение

В последние годы оснащенность автомобилей электронными бортовыми системами выросла во много раз. Из узконаправленного прибора бортовой компьютер превратился в многофункциональную систему, которая отвечает за многие процессы в автомобиле, и стал привычным для любого автомобилиста.

Бортовой компьютер (БК, бортовик, компьютер) - представляет собой цифровое устройство, способное производить определенные электронно-вычислительные операции на основании данных, которые поступают от различных датчиков, установленных в самых разных и важных точках автомобиля [1].

Многие производители автомобилей уже давно ввели бортовой компьютер в базовый комплект, как дорогих машин, так и бюджетных. Наличие БК значительно облегчает процесс эксплуатации автомобиля и делает его проще и приятнее.

Кроме того, наличие БК повышает безопасность не только водителя автомобиля, но и пешеходов. Известно, что БК грузовика, который врезался в толпу на рождественской ярмарке в Берлине, произвел торможение машины до полной остановки. Автомобиль был оборудован системой, которая самостоятельно включает режим торможения, если водитель более одной секунды не реагирует на предупредительный сигнал. Это помогло избежать ещё больших жертв [2].

На рынке представлено множество различных моделей БК, которые отличаются по своим техническим, функциональным и другим характеристикам. Но как выбрать БК, чтобы не ошибиться, не переплатить и не стать обладателем функций, которые никогда не используешь? Автомобилисты сами выбирают БК, часто полагаясь на собственное мнение, рекомендации друзей, специалистов автосервиса или менеджеров по продажам БК. Поэтому разработка модели научно-обоснованного выбора БК для автомобиля по многим критериям в

условиях нечеткой входной информации является актуальной задачей.

## Анализ публикаций

В процессе эксплуатации автомобиля основная доля неисправностей, с которыми водителю приходится сталкиваться в пути, ложится на различные системы и агрегаты двигателя. В работах [3-5] рассматривается использование БК для диагностирования неисправности автомобиля.

В работе [3] рассмотрена возможность применения бортового компьютера для научных исследований. Определены относительные погрешности при измерении показателей эксплуатационных свойств автомобиля.

В работах [4, 5] приведены пути совершенствования технической эксплуатации автомобилей на современной элементной базе.

## Цель и постановка задач

Целью работы является разработка обобщенной модели выбора БК для автомобиля с учетом мнения многих экспертов. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ существующих моделей БК;
- выбрать метод решения поставленной задачи;
- определить критерии выбора эффективного БК для автомобиля;
- решить поставленную задачу;
- проанализировать полученные результаты.

## Разработка обобщенной модели выбора бортового компьютера для автомобиля

Для решения поставленной задачи предлагается использовать метод анализа иерархий (МАИ) для множества экспертов [6,7].

Преимуществом МАИ над большинством существующих методов оценивания альтернатив является четкое выражение суждений экспертов и лиц, принимающих решения, а также ясное представление структуры проблемы: элементов и взаимозависимостей между ними [6,7]. Метод анализа иерархий опирается на достаточно простые элементы, которые оцениваются в шкале МАИ в виде суждений экспертов. А затем на основании обработки экспертных оценок определяется относительная степень их взаимного влияния в иерархии.

Методика МАИ включает парные сравнения, разработку шкалы для преобразований суждений в числовые значения, использование обратно симметричных отношений, гомогенную кластеризацию иерархических уровней, иерархическую композицию проблемы.

Основные этапы метода анализа иерархий:

- определение цели;
- конструирование иерархии, начиная с вершины структуры (определение цели), через промежуточные уровни (определение критериев оценки) в направлении

нижнего уровня (множество выбранных для оценки альтернативных решений);

– конструирование матрицы попарных сравнений критериев и множества матриц попарных сравнений альтернатив БК для автомобилей [6,7].

Подключение бортового компьютера к любому автомобилю определяет наличие у такого устройства интерфейса OBD-II для связи с электронным блоком управления автомобиля. То есть, любой бортовой компьютер, использующий протоколы стандарта OBD-II может установить связь с практически любым современным автомобилем.

Рассмотрим универсальные БК для автомобиля. Основные характеристики БК для автомобиля можно разделить на три группы: технические, функциональные и экономические.

Основными техническими характеристиками являются:

- возможное место установки прибора (БК может быть установлен в стандартный отсек для автомагнитол или для установки на приборную панель или лобовое стекло,
- энергопотребление прибора,
- наличие дисплея.

Рассмотрим функциональные характеристик БК для автомобилей:

- выполнение функций маршрутного компьютера (удельный расход топлива, расход топлива на 100 км, пройденный путь (за поездку), пройденный путь (весь), потраченное топливо (за поездку), потраченное топливо (за всё время));
- возможность получения мгновенных параметров автомобиля (температура охлаждающей жидкости, обороты двигателя, скорость автомобиля, напряжение бортовой сети, уровень топлива, нагрузка на двигатель, положение дроссельной заслонки, давление во впускном коллекторе, угол опережения зажигания, температура воздуха на впуске, напряжение на датчиках кислорода, краткосрочная и долгосрочная топливные корректировки, давление в топливной магистрали, массовый расход воздуха, температура масла);
- наличие диагностический функций (чтение данных стоп-кадра на момент появления неисправности, чтение и сброс кодов неисправностей, расшифровка кодов неисправностей);
- наличие дополнительных возможностей (аварийный сигнализатор, бортовой самописец, возможность подключить парктроник).

Основными экономическими характеристиками являются цена и сложность монтажа БК.

Таким образом обобщенная модель выбора эффективного БК для автомобиля представлена на рис. 1.

В настоящее время на рынке бортовых компьютеров можно выделить три основных конкурирующих фирмы-производителя: Multitronics, Prestige и ОРИОН [8,9].

В качестве альтернатив будем рассматривать следующие модели этих производителей Multitronics MPC-800, Multitronics RIF-500, Орион БК-135, Multitronics CL-590, Multitronics VG1031UPL, Престиж V55-CAN PLUS, Multitronics VC730. По мнению экспертов эти модели входят в топ 8 лучших моделей для автомобилей за 2017 год [8].



Рис. 1. Обобщенная модель выбора эффективного БК для автомобиля

После проведения опроса группы экспертов формируется множество оценок альтернатив и осуществляется обработка результатов. Вначале производится нормирование экспертных оценок, на основании которых формируются матрицы попарных коэффициентов значимости альтернатив БК для автомобиля.

Обозначим через  $n$  число альтернатив БК автомобиля. Эти БК имеют разные характеристики. Пусть известны некоторые положительные числа  $w_v$ , которые будут характеризовать степень наличия данного свойства (характеристики) у альтернативного БК. Чем больше число  $w_v$ , тем больше мера этого свойства выражена у данного БК автомобиля. Соответственно терминологии, введенной в МАИ, эти числа называются весами, интенсивностями или коэффициентами важности альтернатив. Суммарный вес этих коэффициентов нормализуется и должен равняться единице [7].

$$\sum_{v=1}^n w_v = 1 \tag{1}$$

Для коэффициентов важности альтернатив строится матрица относительных весов:

$$A = (\alpha_{vc}) = \begin{pmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \dots & \alpha_{1n} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \dots & \alpha_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha_{n1} & \alpha_{n2} & \dots & \alpha_{nn} \end{pmatrix} \tag{2}$$

Данная матрица имеет следующие свойства:

- $\alpha_{vc} = \frac{w_v}{w_c} > 0$  для всех  $v$  и  $c$ , поскольку все веса  $w_v$  и  $w_c$  положительные.
- $\alpha_{vv} = \frac{w_v}{w_v} = 1$  для всех  $v = 1, 2, \dots, n$ .
- Матрица  $\bar{A}$  обратно симметричная в том значении, которое  $\alpha_{vc} = \frac{w_v}{w_c} = \frac{1}{\frac{w_c}{w_v}} = \frac{1}{\alpha_{vc}}$  для всех  $v$  и  $c$ .
- Матрица  $\bar{A}$  имеет свойство совместимости, то есть  $\alpha_{vc} \cdot \alpha_{ck} = \frac{w_v}{w_c} \cdot \frac{w_c}{w_k} = \frac{w_v}{w_k} = \alpha_{vk}$  для всех  $v, c$  и  $k$ .

Из весов  $w_1, w_2, \dots, w_n$  образуем вектор-столбец  $\bar{w}$ :

$$\bar{w} = \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{pmatrix} \quad (3)$$

Можно доказать, что имеет место векторное равенство:

$$\bar{A}\bar{w} = n\bar{w} \quad (4)$$

Выполнение этого равенства означает, что число  $n$  является собственным значением матрицы относительных весов  $\bar{A}$ , а  $\bar{w}$  - соответствующий этому собственному значению собственный вектор.

$\bar{A} = \left( \frac{w_v}{w_c} \right)_{n \times n}$  имеет лишь два действительные собственные значения:  $n$  и  $0$ , из чего получается

$$\lambda_{\max} = n = \max \{n; 0\} \quad (5)$$

$$\bar{A}\bar{w} = \lambda_{\max} \bar{w} \quad (6)$$

Это равенство лежит в основе метода Саати [8].

Значения  $w_v$  сначала неизвестные и их необходимо определить. В МАИ вес определяется при помощи выставления экспертных оценок элементов путем их парного сравнения. С этой целью строится матрица парных сравнений:

$$\bar{A} = (\alpha_{vc})_{n \times n} = \begin{pmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \dots & \alpha_{1n} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \dots & \alpha_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha_{n1} & \alpha_{n2} & \dots & \alpha_{nn} \end{pmatrix} \quad (7)$$

Произвольный элемент  $\alpha_{vc}$  этой матрицы является числом, которое показывает, во сколько раз вес альтернативы  $A_v$  больше веса альтернативы  $A_c$ . При этом считается, что матрица парных сравнений  $\bar{A}$  имеет

все свойства, приведенные для матрицы (2), кроме четвертой.

Реализация метода Саати состоит из определения максимального собственного значения  $\lambda_{\max}$  матрицы парных сравнений  $\bar{A}$  и в вычислении собственного вектора  $\bar{w} = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ . Если число  $\lambda_{\max}$  найдено, то вектор  $\bar{w}$  можно найти, решив систему линейных уравнений, получаемых из равенства

$$(\bar{A} - \lambda_{\max} \bar{E})\bar{w} = 0 \quad (8)$$

где  $\bar{E}$  - единичная матрица. Если найденный вектор  $\bar{w}$ , не отвечает условию нормирования (1), то нужно разделить каждую его компоненту на сумму всех его компонент. В результате получим вектор, который удовлетворяет условию нормирования и равенства (8), он и будет решением задачи.

Компоненты этого вектора являются весовыми оценками для категорий, сравниваемых в матрице попарных сравнений, то есть указывают на приоритеты. В связи с этим вектор  $\bar{w}$  называют также вектором приоритетов. Для многоуровневой иерархии результаты, полученные на одном из уровней, используются как входные данные при изучении следующих уровней.

На рисунках 2-6 представлены матрицы попарных сравнений для критериев верхнего уровня и функциональных характеристик альтернатив. Последний столбец в каждой матрице это нормированный вектор приоритетов, который рассчитан согласно методу анализа иерархий [7]

	Технические характеристики	Функциональные характеристики	Экономические характеристики	
Технические характеристики	1	1/2	1	0,25
Функциональные характеристики	2	1	2	0,50
Экономические характеристики	1	1/2	1	0,25

Рис. 2. Матрицы попарных сравнений критериев верхнего уровня

Выполнение функций маршрутного компьютера	Multitronics MPC 800	Multitronics RIF-500	Орион БК-135	Multitronics CL-590	Multitronics VG1031UPL	Престиж V55-CAN PLUS	Multitronics VC730	Вектор приоритетов
Multitronics MPC-800	1	1	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	0,04
Multitronics RIF-500	1	1	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	0,04
Орион БК-135	5	5	1	1	1	1	1	0,19
Multitronics CL-590	5	5	1	1	1	1	1	0,19
Multitronics VG1031UPL	5	5	1	1	1	1	1	0,19
Престиж V55-CAN PLUS	5	5	1	1	1	1	1	0,19
Multitronics VC730	5	5	1	1	1	1	1	0,19

Рис. 3 Матрицы попарных сравнений альтернатив по критерию «Выполнение функций маршрутного компьютера»

Возможность получения мгновенных параметров автомобиля	Multitronics MPC-800	Multitronics RIF-500	Орион БК-135	Multitronics CL-590	Multitronics VG1031UPL	Престиж V55-CAN PLUS	Multitronics VC730	Вектор приоритетов
Multitronics MPC-800	1	1/2	1/3	1/3	1/3	1/5	1/5	0,04
Multitronics RIF-500	2	1	1/3	1/3	1/3	1/5	1/5	0,05
Орион БК-135	3	3	1	1	1	1/5	1/5	0,09
Multitronics CL-590	3	3	1	1	1	1/3	1/3	0,11
Multitronics VG1031UPL	3	3	1	1	1	1/3	1/3	0,11
Престиж V55-CAN PLUS	5	5	5	3	3	1	1	0,30
Multitronics VC730	5	5	5	3	3	1	1	0,30

Рис. 4 Матрицы попарных сравнений альтернатив по критерию «Возможность получения мгновенных параметров автомобиля»

Возможность получения мгновенных параметров	Multitronics MPC-800	Multitronics RIF-500	Орион БК-135	Multitronics CL-590	Multitronics VG1031UPL	Престиж V55-CAN PLUS	Multitronics VC730	Вектор приоритетов
Multitronics MPC-800	1	1/2	1/3	1/3	1/3	1/5	1/5	0,04
Multitronics RIF-500	2	1	1/3	1/3	1/3	1/5	1/5	0,05
Орион БК-135	3	3	1	1	1	1/5	1/5	0,09
Multitronics CL-590	3	3	1	1	1	1/3	1/3	0,11
Multitronics VG1031UPL	3	3	1	1	1	1/3	1/3	0,11
Престиж V55-CAN PLUS	5	5	5	3	3	1	1	0,30
Multitronics VC730	5	5	5	3	3	1	1	0,30

Рис. 5 Матрицы попарных сравнений альтернатив по критерию «Возможность получения мгновенных параметров автомобиля»

Наличие дополнительных возможностей	Multitronics MPC-800	Multitronics RIF-500	Орион БК-135	Multitronics CL-590	Multitronics VG1031UPL	Престиж V55-CAN PLUS	Multitronics VC730	Вектор приоритета
Multitronics MPC-800	1	1/3	1/5	1/5	1/7	1/7	1/7	0,03
Multitronics RIF-500	3	1	1/2	1/3	1/5	1/5	1/5	0,05
Орион БК-135	5	2	1	1	1/3	1/3	1/5	0,09
Multitronics CL-590	5	3	1	1	1	1	1/3	0,14
Multitronics VG1031UPL	7	5	3	1	1	1	1/3	0,18
Престиж V55-CAN PLUS	7	5	3	1	1	1	1	0,21
Multitronics VC730	7	5	5	3	3	1	1	0,31

Рис. 6 - Матрицы попарных сравнений альтернатив по критерию «Возможность получения мгновенных параметров автомобиля»

Аналогичные расчеты были проведены для других характеристик для всех альтернатив. Для оценки согласованности каждой матрицы попарных сравнений были рассчитаны индекс согласованности и отношение согласованности. Отношение согласованности не должно превышать 20%.

### Выбор эффективного БК для автомобиля

После проведения всех парных сравнений и получения данных вычисляются собственные вектора и отношение согласованности для каждой матрицы попарных сравнений, согласно рассмотренной ранее процедуре.

На четвертом этапе проводится вычисление общего веса варианта решения путем последовательного взвешивания векторов весов нижележащего уровня компонентами вектора весов вышележащего уровня (рис. 7). Задача завершается ранжированием рассматриваемых альтернатив.

	Технические характеристики			Функциональные характеристики				Экономические характеристики		Глобальный вектор приоритетов
	0,25			0,50				0,25		
	K1	K2	K3	K4	K5	K5	K6	K7	K8	
Multitronics MPC-800	0,143	0,429	0,429	0,228	0,272	0,272	0,228	0,333	0,667	0,092
Multitronics RIF-500	0,051	0,282	0,082	0,037	0,048	0,051	0,049	0,031	0,169	0,095
Орион БК-135	0,127	0,051	0,135	0,185	0,095	0,130	0,087	0,031	0,082	0,102
Multitronics CL-590	0,107	0,096	0,083	0,185	0,110	0,140	0,136	0,261	0,082	0,129
Multitronics VG1031UPL	0,238	0,096	0,139	0,185	0,110	0,140	0,180	0,134	0,245	0,161
Престиж V55-CAN PLUS	0,182	0,096	0,309	0,185	0,299	0,163	0,211	0,246	0,088	0,193
Multitronics VC730	0,252	0,096	0,213	0,185	0,299	0,326	0,310	0,134	0,195	0,227

Рис. 7 Расчет глобального приоритета

Как видно из расчетов наилучшей альтернативой является Multitronics VC730 с глобальным приоритетом равным 0,227.

Можно сделать следующий вывод по выбору БК для автомобиля. Если вы не требовательны к дизайну, а на первом месте функциональность, ваш выбор – Multitronics VC730.

### Выводы

Таким образом, в работе получил дальнейшее развитие метод анализа иерархий путем распространения его на новую предметную область – выбор БК автомобиля по многим функциональным, техническим и экономическим критериям.

Разработана обобщенная структурная модель выбора бортового компьютера для автомобиля, которая позволяет за счет использования метода анализа иерархий сделать этот выбор научно обоснованным.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Что такое бортовой компьютер и зачем он нужен? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://130.com.ua/what-is-trip-computers/>
2. Бортовой компьютер спас жизни людей во время теракта в Берлине. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://zik.ua/ru/news/2016/12/29/bortovoy\\_kompyuter\\_spas\\_zhizny\\_lyudey\\_vo\\_vremya\\_terakta\\_v\\_berlyne\\_smy\\_1017807](http://zik.ua/ru/news/2016/12/29/bortovoy_kompyuter_spas_zhizny_lyudey_vo_vremya_terakta_v_berlyne_smy_1017807).
3. Ситовский О.Ф. Застосування бортового комп'ютера для дослідження експлуатаційних властивостей автомобіля MULTITRONICS VG1031GPL // Автомобільний транспорт. Вип. 30, 2012. – С. 87-89.
4. Комов Е.А. Решение задач технической эксплуатации автомобилей на базе интеллектуальной транспортных систем Комов Е.А., Овчарук Б.В. // Міжзів'євський збірник «Наукові нотатки». Луцьк, 2012, Випуск №37. С. 161-165.
5. Евсеев, П.П. Бортовой компьютер как инструмент повышения эффективности грузового автотранспорта / П.П. Евсеев // Автомобильная промышленность : Научно-технический журнал. — М., 2010. — №8. — С. 24-26.
6. Серебровский А.Н. Экспертные системы оперативной оценки техногенной опасности. // Математичні машини і системи – 2007 – №3,4 – 139–144 С.
7. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. – М.: Радио и связь. – 1993. – 305 с
8. Лучшие бортовые компьютеры по отзывам покупателей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vyboroved.ru/avtomoto/930-luchshie-bortovye-kompyutery.html>
9. Бортовые компьютеры Multitronics (Мультитроникс) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://multitronics.ua/categories/bortovye-kompyutery-multitronics>