

МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ АВТОМОБІЛЕМ

Біньковська А. Б., Кудирко О. М.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. Автомобіль є найбільше затребуваним транспортним засобом у світі. Щорічно випускаються мільйони автомобілів. Конструкція автомобіля постійно вдосконалюється автомобільними компаніями, щоб кожний покупець знайшов свою машину. Розробляються та впроваджуються нові системи автомобіля, з'являються найсучасніші моделі. Для виявлення найважливішої системи управління автомобілем для модернізації було проведено синтез локальних пріоритетів вибору.

Ключові слова: автомобіль, двигун внутрішнього згорання, системи управління, модернізація, метод аналізу ієрархій.

Вступ

Мріями людей завжди володіло бажання звільнитися від фізичних зусиль при переміщенні чого-небудь, мати більшу швидкість, силу, а за собою залишити тільки управління роботою.

Проблема переміщення частково була вирішена з появою транспортних засобів.

У кожного різновиду автомобіля своє конкурентне завдання. Якщо підрахувати, їх буде більше тисячі. Найпоширеніше з них - перевозити людей.

Автомобілі сьогодні самий найпоширеніший засіб пересування, транспортування та перевезення. Про те, яким буде автомобіль майбутнього існує багато версій. У галузі автомобілебудування над новітніми технологіями та модернізацією працює велика кількість вчених. Яким би не був автомобіль, його головне завдання залишиться незмінним - служити людині для збільшення комфорту пересування чи зменшення фізичних зусиль.

Аналіз публікацій

Сучасний автомобіль – складний об'єкт, який складається з цілого ряду механічних та автоматичних систем, які пов'язані між собою і забезпечують злагоджену роботу всієї машини в цілому.

У роботі [1] розглядається процес модернізації штатного головного пристрою для тих, кому потрібна більш висока якість звуку, потужність і характеристики. З появою інформаційно-розважальних систем, інтеграції з механізмами управління на кермі і головним управлінням просте підключення заводського головного пристрою і встановлення нового дійсно можуть вплинути на багато функцій або відключити їх.

Багато аварій відбуваються через втрату

контролю над управлінням машиною. У роботі [2] розглядається модернізація гальмівної системи, яка необхідна при збільшенні потужності двигуна і в разі постійних рухів на високій швидкості. Вона полягає у заміні звичайних гальмівних колодок і дисків на спортивні, вакуумного підсилювача на більш потужний та задніх барабаних гальм на дискові. Додатково прийдеється замінити гумові гальмівні шланги на армовані та супорти.

У роботі [3] наведено нову систему стабілізації положення кривошипа двигунів внутрішнього згорання автомобіля. Даний винахід може бути використаний для компенсації зміщень кривошипу в гідростатичній опорі залежно від навантажень.

Мета та постановка завдання

Удосконалення систем автомобіля в наш час є досить актуальним.

Мета роботи – провести синтез локальних пріоритетів вибору систем управління автомобіля для подальшої модернізації.

Завдання роботи: розглянути системи управління автомобілем; визначити пріоритети систем управління автомобілем за методом аналізу ієрархій.

Загальна задача дослідження

Підвищення рівня безпеки, комфорту, екологічної безпеки та паливної економічності є основними напрямками модернізації систем автомобіля.

Автомобіль був і є об'єктом підвищеної небезпеки. У зв'язку з чим постійно вдосконалюються системи безпеки автомобіля. Ряд функцій управління автомобілем взяли на себе електронні системи безпеки і в критичних ситуаціях допомагають водієві. Ці системи одержали широке застосування. Сучас-

ні автомобілі обладнані антиблокувальною системою гальм, системою курсової стійкості. За рахунок засобів пасивної безпеки автомобіля - подушок і ременів безпеки, конструкції кузова, значно підвищується безпека водія і пасажирів.

Зниження витрати палива є одним з головних напрямків вдосконалення систем автомобіля. Витрати палива значною мірою залежать від конструкції коробки передач і самого двигуна. У дизельних двигунах економічність двигуна забезпечується застосуванням насос-форсунок, у бензинових - розподіленим упорскуванням. Передаточні числа та число ступенів коробки передач залежать від маси автомобіля. Сучасні системи управління двигуном забезпечують оптимізацію процесів згоряння та регулювання двигуна відповідно до навантаженням. Паливна економічність також досягається за рахунок зниження маси автомобіля. Задля чого у конструкції автомобіля запроваджується застосування легких матеріалів, таких як алюміній та магній.

Автомобіль забруднює відпрацьованими газами навколишнє середовище. Це визначає безперервне підвищення його екологічної безпеки. Сучасні екологічні норми, за рахунок змін у випускній системі та системі управління двигуном, передбачають зниження рівня шуму та викидів шкідливих речовин.

Підвищення комфорту охоплює широке коло питань і пов'язане з прагненням автолюбників створювати автомобілі, які найбільш повно будуть відповідати індивідуальним потребам споживачів. Практичне застосування кермового управління з гідропідсилювачем, автоматичної коробки передач, систем опалення та кондиціонування спрямоване саме на підвищення комфорту. Самі просунуті моделі оснащуються адаптивною підвіскою та системою активного головного світла.

Для того щоб ранжувати системи управління автомобілем за ступенем важливості скористаємося методом аналізу ієрархій (МАІ), це нам дозволить зосередити основні зусилля на найважливішій системі управління автомобілем.

Побудова ієрархії виходить з природної здатності людей думати логічно і творчо, визначати події і встановлювати відносини між ними та спирається, таким чином, на принцип ідентичності і декомпозиції. На практиці не існує встановленої процедури генерації цілей, критеріїв і видів діяльності для включення в ієрархію.

Побудуємо ієрархічну модель вибору найважливішої системи управління автомобілем (рис. 1).

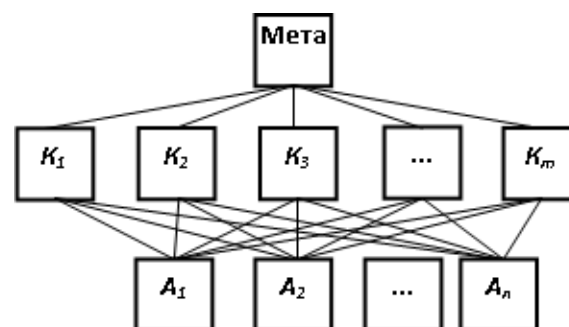


Рис. 1. Ієрархічна модель вибору найважливішої системи управління автомобілем

Метою ієрархії є вибір найважливішої системи управління автомобілем. На другому рівні розташовуються критерії K_m , за якими оцінюються системи управління автомобілем, де m – кількість критеріїв.

У нашому випадку: K_1 – економічність витрати палива; K_2 – надійність; K_3 – зручність в експлуатації.

В основі моделі альтернативи A_n , тобто системи управління автомобілем, які порівнюються, де n – кількість критеріїв систем.

У нашому випадку: A_1 – антиблокувальна система гальмування; A_2 – система управління мікрокліматом; A_3 – система управління двигуном (швидкістю).

У МАІ елементи задачі порівнюються парно по відношенню до їх дії («ваги» або «інтенсивності») на загальну для них характеристику. Одержані парні порівняння складають масив чисел, який оформляється у вигляді матриці. Порівнюючи набір складових проблеми один з одним, отримуємо квадратну матрицю. Це зворотно симетрична матриця, тобто

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}} \quad (1)$$

Нехай $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ – множина з елементів і $w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$ – відповідно їх ваги, або інтенсивності. З використанням МАІ порівнюється вага, або інтенсивність кожного елемента з вагою, або інтенсивністю, будь-якого іншого елемента множини по відношенню до загальної для них властивості

або мети. Порівняння ваг можна подати у вигляді матриці.

Матриця може складатися тільки з одного рядка або одного стовпця, які називаються векторами.

Оскільки $w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$ невідомі наперед, то попарні порівняння елементів здійснюються з використанням суб'єктивних думок, чисельно оцінюваних за шкалою.

Матриця складається для порівняння важливості критеріїв на другому рівні по відношенню до загальної мети на першому рівні, коли проблема представлена ієрархічно. Такі матриці мають бути побудовані для парних порівнянь кожної альтернативи на третьому рівні по відношенню до критеріїв другого рівня і т.ін. Матриця складається, якщо записати порівнювану мету (або критерій) зверху і перерахувати порівнювані елементи зліва і зверху.

$$\begin{pmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \frac{w_3}{w_1} & \frac{w_3}{w_2} & \dots & \frac{w_3}{w_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \dots & \alpha_{1n} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \dots & \alpha_{2n} \\ \alpha_{31} & \alpha_{32} & \dots & \alpha_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha_{n1} & \alpha_{n2} & \dots & \alpha_{nn} \end{pmatrix} \quad (2)$$

Порівняння починаються з лівого елемента матриці і визначається наскільки він важливіший, ніж другий. При порівнянні елемента з самим собою відношення рівне одиниці. Якщо перший елемент важливіший, ніж другий, то використовується ціле число з шкали, інакше використовується зворотна величина.

У будь-якому випадку зворотні один до одного відносини заносяться симетричні позиції матриці. Тому матриці завжди будуть позитивними і зворотно симетричними, для заповнення яких необхідно виробити тільки $n(n-1)/2$ думок, де n – загальне число порівнюваних елементів. Потім ці порівняння виражаються чисельно за шкалою, наведеною в табл. 1.

Для отримання результатів, відповідних дійсності в методі аналізу ієрархій, рекомендується перевіряти узгодженість заповнюваних матриць.

Таблиця 1 – Шкала порівняння

1	Однакова значущість
3	Деяке переважання значущості
5	Істотне переважання значущості
7	Очевидна значущість
9	Абсолютна значущість
2, 4, 6, 8	Проміжні значення між сусідніми значеннями шкали

Розрахунок індексу узгодженості (ІУ) полягає у такому:

- підсумовується кожен стовпець думок;
- сума першого стовпця помножується на величину першої компоненти нормалізованого вектора пріоритетів, сума другого стовпця на другу компоненту і т.ін.;

– одержані числа підсумовуються. Їх сума позначається λ_{\max} ;

$$IU = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n-1)}$$

– n – число порівнюваних елементів;

– відношення узгодженості $VU = IU / \text{число випадкової узгодженості}$. Для матриць різного порядку випадковій узгодженості вибираються з табл. 2 [8].

Таблиця 2 – Значення середньої випадкової узгодженості для випадкових зворотно симетричних матриць різного порядку

Розмір матриці	1	2	3	4	5
Випадкова узгодженість	0	0	0,58	0,9	1,12
Розмір матриці	6	7	8	9	10
Випадкова узгодженість	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Для того щоб бути допустимою, величина індексу узгодженості має бути близько 10% або менше. В деяких випадках можна допустити 20%, але не більше. Якщо ІУ виходить за ці межі, то експертам необхідно дослідити задачу додатково і перевірити свої думки. У задачах, що вимагають дуже точних результатів, необхідно прагнути до високого рівня узгодженості. У задачах же не таких строгих можна обмежитися малою узгодженістю.

Обчислення локальних пріоритетів. За заповненими матрицями парних порівнянь критеріїв при подальшій математичній обробці формуються вектори пріоритетів, що виражають відносну силу, величину, бажаність, «цінність» кожного окремого об'єкта.

Вектор пріоритетів – нормалізований головний власний вектор матриці. Такі вектори необхідно обчислити для кожної матриці.

Компонента власного вектора i -го рядка матриці A_{nn} обчислюється за формулою:

$$b_i = \sqrt[n]{a_{i1} * a_{i2} * a_{i3} * \dots * a_{in}}. \quad (3)$$

Компонента власного вектора нормується, що дає вектор ваг альтернатив. Для цього обчислення сума компонентів вектора $\sum_{i=1}^n b_i$. Потім кожен елемент $b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$ ділиться на знайдену суму. Таким чином, одержуємо нормалізований вектор:

$$\bar{X} = \left(\frac{b_1}{\sum_{i=1}^n b_i}, \frac{b_2}{\sum_{i=1}^n b_i}, \dots, \frac{b_n}{\sum_{i=1}^n b_i} \right) = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n). \quad (4)$$

Синтез локальних пріоритетів починається з другого рівня вниз. Локальні пріоритети перемножуються на пріоритет відповідного критерію на вищому рівні і підсумовуються за кожним елементом відповідно до критеріїв, на які впливає цей елемент. Це дає складовий або глобальний пріоритет того елемента, який потім використовується для зважування локальних пріоритетів елементів, які порівнюються по відношенню до нього як до критерію і розташованих рівнем нижче. Процедура триває до самого нижнього рівня.

Підсумкова матриця порівняння синтезу локальних пріоритетів вибору найважливішої системи управління автомобілем представлена в табл. 3.

Таблиця 3 – Підсумкова матриця порівняння

Критерії вибору	Локальні пріоритети			Підсумкові пріоритети альтернатив
	K1	K2	K3	
Вага критерію	0,5783	0,3643	0,0574	
Вага альтернативи A_1	0,0804	0,5891	0,6833	0,3003
Вага альтернативи A_2	0,1732	0,0540	0,1998	0,1313
Вага альтернативи A_3	0,7464	0,3568	0,1168	0,5683

Таким чином, за результатами порівняння систем управління автомобілем найбільший

пріоритет рівний 0,5683 одержала альтернатива A_3 – система управління двигуном (швидкістю).

Висновки

У роботі було проведено ранжування систем управління автомобілем за ступенем важливості методом аналізу ієрархій. Спочатку проведено обчислення локальних пріоритетів, а потім проведено синтез вибору найважливішої системи управління автомобілем. Було виявлено, що система управління двигуном (швидкістю) є найважливішою і потребує модернізації.

Література

1. Процесс модернизации штатного головного устройства. URL: <https://www.autostudio.com.ua/article/156.html> / (дата звернення 17.11.2022).
2. Модернізацію гальмівної системи автомобіля. URL: <http://autopark.pp.ua/5138-modernzacyu-galmvnoyi-sistemi-avtomobilya-vse-pro-avto.html> / (дата звернення 17.11.2022).
3. Сахно Ю.О., Сахно Є.Ю., Шевченко Я.В., Бойко С.В. Модернізація системи змащування підшипників колінчатого валу. *Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія «Технічні науки»*. 2008. № 34. С. 95 – 99.
4. Роль автомобіля в житті людини. URL: <http://www.ibra.com.ua/analytics/162164-rol-avtomobilya/> (дата звернення 18.11.2022).
5. Decision making with the analytic hierarchy process. URL: <https://www.rafikulislam.com/uploads/resources/197245512559a37aadea6d.pdf> / (дата звернення 20.11.2022).
6. Thomas L. Saaty and Luis G. Vargas Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process. Boston; London: Kluwer Academic Publishers. 2001. 333 p.: ill.; 25 cm.
7. Метод аналізу ієрархій. URL: <https://dss.tg.ck.ua/ahp-help#/> / (дата звернення 20.11.2022).
8. L. Guzzella, C. H. Onder Introduction to Modeling and Control of Internal Combustion Engine Systems. Springer Berlin Heidelberg. 2010. 354 p.
9. J. A. Cook, J. W. Grizzle, J. Sun Engine Control. The Control Handbook / William S. Levine, Ed. – CRC Press, 1996. P. 1261–1274.

References

1. Protsess modernyzatsyyi shtatnoho holovnoho ustroistva. URL: <https://www.autostudio.com.ua/article/156.html> / (accessed:17.11.2022).
2. Modernizatsiia halmivnoi systemy avtomobilia. URL: <http://autopark.pp.ua/5138-modernzacyu->

- galmvnoyi-sistemi-avtomobilya-vse-pro-avto.html / (accessed:17.11.2022).
3. Sakhno Yu.O., Sakhno Ye.Iu., Shevchenko Ya.V., Boiko S.V. Modernizatsiia systemy zماشchuvannia pidshyynykiv kolinchatoho valu. Visnyk Cherni-hivskoho derzhavnoho tekhnolohichnoho univer-sytetu. Seriya «Tekhnichni nauky». 2008. № 34. S. 95 – 99.
 4. Rol avtomobilya v zhytti liudyny. URL: <http://www.ibra.com.ua/analytics/162164-rol-avtomobilya/> (accessed:18.11.2022).
 5. Decision making with the analytic hierarchy process. URL: <https://www.rafikulislam.com/uploads/resourses/197245512559a37aadea6d.pdf> / (accessed:20.11.2022).
 6. Thomas L. Saaty and Luis G. Vargas Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process. Boston; London: Kluwer Academic Publishers. - 2001 - 333 p.: ill.; 25 cm.
 7. Metod analizu iierarkhii. URL: <https://dss.tg.ck.ua/ahp-help#/> / (дата звернення 20.11.2022).
 8. L. Guzzella, C. H. Onder Introduction to Modeling and Control of Internal Combustion Engine Systems. Springer Berlin Heidelberg. – 2010. – 354 p.
 9. J. A. Cook, J. W. Grizzle, J. Sun Engine Control. The Control Handbook / William S. Levine, Ed. – CRC Press, 1996. P. 1261–1274.

Біньковська Анжела Борисівна, к.т.н., доц. каф. автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, ab.binkovskaya@gmail.com, тел. +380(50)301-87-46.

Кудирко Ольга Миколаївна, асистент, каф. автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Uolya_kud@ukr.net, тел. +380(50)6982435.
Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

Modernization of the vehicle control system

Abstract. Problem. The car is the most massive vehicle in the world. Millions of cars are produced annually. Automobile companies are forced to constantly improve the design of the car so that each

car finds its buyer. Modern models appear, new car systems are developed and implemented. In order to identify the most important car control system for modernization, a synthesis of local selection priorities was carried out. Improvement of car systems is quite relevant nowadays. **Goal.** As a result of the analysis, the purpose of the study was highlighted: to conduct a synthesis of local priorities for the selection of car control systems for further modernization. Job tasks: to consider car control systems; determine the priorities of car control systems using the method of analyzing hierarchies. **Methodology.** In order to rank car control systems by the degree of importance, we will use the method of analysis of hierarchies, this will allow us to focus the main efforts on the more important car control system. Hierarchy construction comes from people's natural ability to think logically and creatively, to determine events and establish relationships between them, and is thus based on the principle of identity and decomposition. In practice, there is no established procedure for generating goals, criteria and types of activities for inclusion in the hierarchy. The purpose of the hierarchy is to select the most important vehicle control system. **Results.** The result of the study is: according to the results of the comparison of car control systems, alternative A3 - the engine (speed) control system received the highest priority equal to 0.5683. **Originality.** The originality lies in the fact that in order to identify the most important car control system for modernization, a synthesis of local priorities of choice was carried out. **Practical value.** The use of the proposed results indicates the possibility of modernizing the engine (speed) control system

Keywords: automobile, internal combustion engine, control systems, modernization, hierarchy analysis method.

Binkovska Anzhela, Associate Professor, PhD, Department of Automation and Computer-Integrated Technologies, Kharkiv National Automobile and Highway University, ab.binkovskaya@gmail.com, тел. +380(50)301-87-46,

Kudyrko Olha, asystent, Department of Automation and Computer-Integrated Technologies, Kharkiv National Automobile and Highway University, Uolya_kud@ukr.net, тел. +380(50)6982435.