

УЗАГАЛЬНЕНА МОДЕЛЬ ВИБОРУ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ МАШИН ДЛЯ ЗЕМЛЯНИХ РОБІТ

К.т.н. І.Г. Ільге, О.В. Рябцев, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Представлена узагальнена модель вибору систем автоматичного управління робочими органами машин для земляних робіт на основі використання методу аналізу ієрархії.

Представлена модель выбора систем автоматического управления рабочими органами машин для земляных работ на основе использования метода анализа иерархий.

The model of choice of automatic control systems of working bodies of machines for excavation works through the use of the analytic hierarchy process.

Ключові слова: система автоматичного управління, 3D система, виїмка ґрунту, модель вибору, метод аналізу ієрархії.

Вступ

Системами управління можуть бути оснащені найрізноманітніші типи будівельної техніки, такі як грейдери, бульдозери, екскаватори та інші машини.

Використання систем управління робочими органами машин для земляних робіт надає такі переваги:

- автоматизація процесу формування проектноі поверхні;
- підвищення продуктивності робіт;
- підвищення якості робіт;
- підвищення ефективності використання будівельної техніки;
- економія витрат на паливо і будівельні матеріали.

Системи управління будівельною технікою дозволяють виконувати роботу ефективно, швидко і точно.

На ринку представлена велика група систем управління залежно від типу використовуваних машин і вирішуваних завдань. Наявність великої кількості альтернатив, що відрізняються багатьма характеристиками, робить актуальним вирішення проблеми вибору доцільної системи.

Аналіз публікацій

Системи автоматичного управління робочими органами машин для земляних робіт характеризуються сукупністю технічних, економічних та ергономічних параметрів [1], представлених в кількісному або якісному вигляді. Однак інформація щодо дійсних значень цих параметрів не завжди є достовірною або доступною і тому для вибору використовують експертні оцінки [2].

Модель вибору системи автоматичного управління, що представлена в роботі [2], орієнтована лише на 3D системи для екскаватора і потребує подальшого розвитку.

Разом з тим сукупність характеристик, що описує властивості системи автоматичного управління робочими

органами, є досить схожою для різних типів машин, що виконують земляні роботи.

Таким чином проблема побудови узагальненої моделі вибору системи автоматичного управління робочими органами машин для земляних робіт з урахуванням досвіду сукупності експертів є актуальною.

Мета і постановка задачі

Метою роботи є розробка узагальненої моделі вибору системи автоматизованого управління робочими органами машини для земляних робіт в умовах невизначеності. Для досягнення цієї мети пропонується використовувати метод аналізу ієрархії, реалізація якого потребує послідовного розв'язання декількох задач [3].

Спочатку виконується декомпозиція проблеми вибору системи автоматизованого управління на окремі складові і представлення проблеми у вигляді ієрархії. Потім із використанням експертних оцінок будуються матриці парних порівнянь для кожного з нижніх рівнів ієрархії і визначаються пріоритети всіх елементів ієрархії. Виставлені експертами оцінки перевіряються на узгодженість за відомими критеріями [3,4]. Вибір конкретного варіанта системи автоматизованого управління відбувається за допомогою обчислення узагальнених вагових коефіцієнтів.

Побудова узагальненої ієрархії проблеми

Вищий рівень ієрархії становить сама проблема вибору системи автоматичного управління.

Вибір цієї системи для більшості машин, призначених для виконання земляних робіт, відбувається виходячи з її економічних, технічних і ергономічних характеристик незалежно від конкретного типу машини. Саме ці три групи характеристик складають наступний рівень ієрархії.

Основними технічними характеристиками для будь-яких систем автоматичного управління є:

- адаптивність, тобто здатність системи пристосуватися до конкретних умов роботи машини і поставлених виробничих завдань;
- точність виконання виробничих завдань;
- надійність роботи системи;
- швидкодія, тобто швидкість реагування системи на зовнішні та внутрішні збурення.

Економічні характеристики в цілому можна звести до двох основних:

- вартості придбання системи автоматичного управління;
- вартості її експлуатації, приведеної до певного відрізка часу.

Ергономічні характеристики включають зручність інтерфейсу системи для оператора і візуальну комфортність.

Зазначені вище характеристики з усіх трьох груп складають третій рівень ієрархії.

На нижньому рівні ієрархії розташовуються конкретні системи автоматичного управління, що порівнюються, – альтернативи. Кількість альтернатив визначається для кожного випадку вибору окремо.

Таким чином, узагальнена ієрархія проблеми вибору системи автоматичного управління робочими органами машини для земляних робіт представлена у вигляді структурної моделі, поданої на рисунку 1.

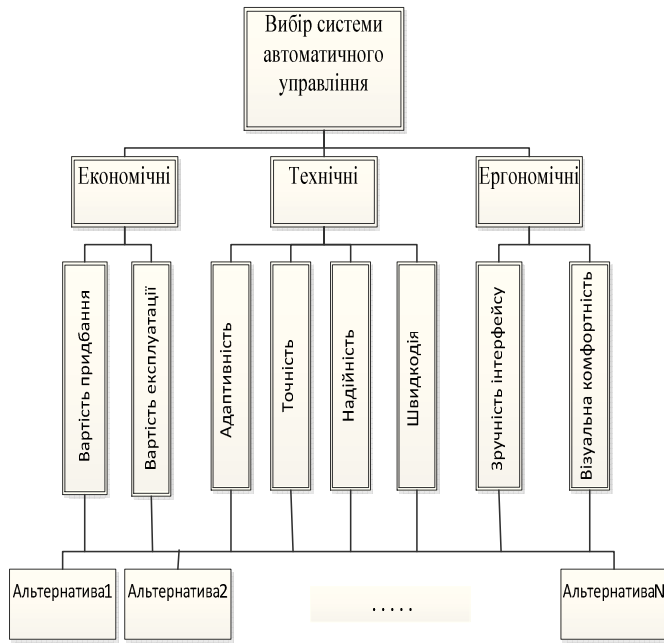


Рис. 1. Узагальнена структурна модель вибору системи автоматичного управління робочими органами машини для земляних робіт

Застосуємо дану модель для вирішення проблеми вибору системи автоматичного управління екскаватора в класі 2D систем [5-9].

Системи автоматичного управління, що обрано в якості альтернатив:

- Topcon X22 2D;
- Topcon X62 2D;
- LeicaPowerDigger 2D;
- 2D Trimble GCS-600;
- Leica iCON excavate.

Саме ці системи мають бути розташовані на найнижчому рівні структурної моделі.

Створення матриць парних порівнянь і визначення вагових коефіцієнтів

Основою для парних порівнянь є експертні судження, які оцінюються за шкалою Сааті [3]. При операції парного порівняння використовують значення зворотних оцінок переваги. Для сформованої квадратної зворотно-симетричної матриці парних порівнянь визначаються компоненти власного вектора як середні геометричні по рядку, після чого значення компонент власного вектора нормуються за сумою всіх компонент власного вектора и визначаються вагові коефіцієнти *W* [3,4].

Для кожного рівня ієрархії елементи цього рівня попарно порівнюються по відношенню до того елемента верхнього рівня, від якого вони залежать.

Спочатку три групи характеристик (економічні, технічні і ергономічні) другого рівня ієрархії попарно порівнюються по відношенню до проблеми вибору системи автоматичного управління.

Матрицю парних порівнянь з ваговими коефіцієнтами для груп характеристик показано на рисунку 2.

	Економічні	Технічні	Ергономічні	W
Економічні	1	0,333333	4	0,28
Технічні	3	1	5	0,63
Ергономічні	0,25	0,2	1	0,09

Рис. 2. Експертні оцінки щодо визначального критерію

Матриці парних порівнянь з ваговими коефіцієнтами для гілки ієрархічної структури проблеми, що відноситься до технічних характеристик, наведено на рисунках 3-7.

Техніч	Точність	Швидкодія	Надійність	Адаптивність	W _{тех}
Точність	1	3	3	2	0,45
Швидкодія	1/3	1	1	1/2	0,15
Надійність	1/3	1	1	1/2	0,15
Адаптивність	1/2	2	2	1	0,25

Рис. 3. Експертні оцінки щодо технічних характеристик

Точність	Topcon X22 2D	Topcon X62 2D	LeicaPower Digger 2D	2D Trimble GCS-600	Leica iCON excavate	W _{тех2}
Topcon X22 2D	1	1/3	1	2	1	0,17
Topcon X62 2D	3	1	3	4	3	0,38
LeicaPowerDigger 2D	1	1/3	1	2	1	0,17
2D Trimble GCS-600	1/2	1/4	1/2	1	1/2	0,11
Leica iCON excavate	1	1/3	1	2	1	0,17

Рис. 4. Експертні оцінки щодо точності

Швидкодія	Topcon X22 2D	Topcon X62 2D	LeicaPower Digger 2D	2D Trimble GCS-600	Leica iCON excavate	W _{тех4}
Topcon X22 2D	1	1/3	2	1	1	0,17
Topcon X62 2D	3	1	5	3	3	0,39
LeicaPowerDigger 2D	1/2	1/5	1	1/2	1/2	0,10
2D Trimble GCS-600	1	1/3	2	1	1	0,17
Leica iCON excavate	1	1/3	2	1	1	0,17

Рис. 5. Експертні оцінки щодо швидкодії

Надійність	Topcon X22 2D	Topcon X62 2D	LeicaPower Digger 2D	2D Trimble GCS-600	Leica iCON excavate	Wtex3
Topcon X22 2D	1	2	3	1	2	0,28
Topcon X62 2D	1/2	1	2	1/2	1	0,17
LeicaPowerDigger 2D	1/3	1/2	1	1/3	1/2	0,11
2D Trimble GCS-600	1	2	3	1	2	0,28
Leica iCON excavate	1/2	1	2	1/2	1	0,17

Рис. 6. Експертні оцінки щодо надійності

Адаптивність	Topcon X22 2D	Topcon X62 2D	LeicaPower Digger 2D	2D Trimble GCS-600	Leica iCON excavate	Wtex1
Topcon X22 2D	1	1/3	1/3	1/3	1/3	0,09
Topcon X62 2D	3	1	1	1	1	0,23
LeicaPowerDigger 2D	3	1	1	1	1	0,23
2D Trimble GCS-600	3	1	1	1	1	0,23
Leica iCON excavate	3	1	1	1	1	0,23

Рис. 7. Експертні оцінки щодо адаптивності

Для інших гілок ієрархічної структури проблеми вибору 2D систем автоматичного управління робочими органами екскаватора (економічні та ергономічні характеристики) матриці парних порівнянь з ваговими коефіцієнтами будуються аналогічно.

Узгодженість експертних оцінок визначають шляхом обчислення індексу узгодженості і відношення узгодженості [3-4]. Для отриманих матриць парних порівнянь відношення узгодженості не перевищує прийнятний рівень.

Вибір доцільного варіанта 2D-системи автоматичного управління екскаватора

Шляхом послідовного зважування вагових коефіцієнтів нижніх рівнів ієрархічної моделі компонентами вектора вагових коефіцієнтів верхніх рівнів визначаються узагальнені вагові коефіцієнти.

Розрахунок узагальнених вагових коефіцієнтів за технічним критерієм приведено на рисунку 8.

Технічні	0,45	0,15	0,15	0,25	Wtex
Topcon X22 2D	0,17	0,17	0,28	0,09	0,17
Topcon X62 2D	0,38	0,39	0,17	0,23	0,31
LeicaPowerDigger 2D	0,17	0,10	0,11	0,23	0,17
2D Trimble GCS-600	0,11	0,17	0,28	0,23	0,17
Leica iCON excavate	0,17	0,17	0,17	0,23	0,18

Рис. 8. Розрахунок узагальнених вагових коефіцієнтів за технічним критерієм

Узагальнені вагові коефіцієнти, що розраховані за всією сукупністю критеріїв даної моделі, приведено на рисунку 9.

Загальна	0,26	0,64	0,10	Wa
Topcon X22 2D	0,15	0,17	0,16	0,16
Topcon X62 2D	0,08	0,31	0,25	0,24
LeicaPowerDigger 2D	0,28	0,17	0,19	0,20
2D Trimble GCS-600	0,32	0,17	0,21	0,21
Leica iCON excavate	0,17	0,18	0,18	0,18

Рис. 9. Розрахунок узагальнених вагових коефіцієнтів за всією сукупністю критеріїв

З результатів розрахунку випливає, що найбільш доцільною серед інших 2D систем є система Topcon X62 2D.

Висновки

Таким чином, у даній роботі отримав подальший розвиток метод аналізу ієрархій шляхом розповсюдження його на нову предметну область – вибір систем автоматичного управління робочими органами машин для земляних робіт.

Побудована узагальнена структурна модель вибору систем автоматичного управління робочими органами машин для земляних робіт, яка дозволяє за рахунок застосування метода аналізу ієрархій зробити цей вибір науково обґрунтованим.

Наведено приклад використання узагальненої моделі для вибору доцільного варіанта 2D-системи автоматичного управління робочими органами екскаватора.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. *Машини для земляних робіт: Навчальний посібник / Хмара Л.А., Кравець С.В., Нічке В.В., Назаров Л.В., Скоблюк М.П., Нікітін В.Г. Під загальною редакцією проф. Хмари Л.А. та проф. Кравця С.В. Рівне – Дніпропетровськ – Харків. – 2010*
2. *Льге, І.Г. Модель вибору 3D системи автоматичного управління робочими органами екскаватора / І.Г. Льге, О.В. Рябцев // Технологія приборостроєння. - 2015. - № 1 – с. 3-5.*
3. *Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий [Текст] / Т. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 320 с.*
4. *Saaty T.L. Decision making with Dependence and Feed back / The Analytic Network Process. Pittsburgh: PWS Publications, 2000. – 370 p.*
5. *Leica iCON excavate iXE2 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.leica-geosystems.us/en/Leica-iCON-excavate-iXE2_85477.htm*
6. *Решения для экскаваторов: система 2D X-62 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://http://www.gsi.ru/art.php?id=587>*
7. *Leica Power Digger 2D [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://http://www.gsi.ru/art.php?id=586>*
8. *САУ для экскаватора 2D Trimble GCS-600 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://gtdv.ru/shop/products/view/id/2079>*
9. *Excavator - 2D X22 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ngc-geo.com.ua/product.php?sid=113&pid=642>*