

УДК 681.51

ВИБІР САУ АСФАЛЬТОУКЛАДАЧА В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

К.т.н. І. Г. Ільге, Д. В. Нікулін, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Представлена модель вибору системи автоматичного управління асфальтоукладачем з урахуванням нечіткості інформації.

Представлена модель вибору системи автоматичного управління асфальтоукладачем з урахуванням нечіткості інформації.

The model of choosing an automatic paver control system is presented taking into account the fuzziness of information.

Ключові слова: система автоматичного управління, асфальтоукладач, модель вибору, нечіткість інформації.

Введення

Асфальтобетонні покриття автомобільних доріг є найбільш поширеними в нашій державі і в багатьох країнах світу. Значною мірою якість дорожнього полотна при створенні асфальтобетонного покриття визначається рівністю, що формується асфальтоукладачами.

Сучасні асфальтоукладачі оснащуються системами автоматичного управління (САУ) робочого устаткування для забезпечення заданої рівності і кута нахилу дорожнього полотна.

Разом з тим в сучасних умовах постає проблема доцільного вибору САУ асфальтоукладача виходячи з критеріїв необхідної функціональності, ергономічності і економічної ефективності. Вирішити цю проблему можна лише на основі аналізу інформації про зразки, представлені на ринку, з урахуванням нечіткості цієї інформації.

Вдалих вибір САУ саме для асфальтоукладачів, що виконують фінішні операції, суттєво впливає на ефективність всього процесу будівництва дороги, тому проблема вибору САУ асфальтоукладача є актуальною.

Аналіз публікацій

Процес будівництва автомобільних доріг ведеться безперервно, внаслідок чого на оператора асфальтоукладача доводиться велика кількість технологічних операцій, за якими він повинен не лише стежити, але і управляти ними. Тому неминучі помилки в діях оператора, що знижує якість укладання покриття. Для вирішення проблеми по зменшенню навантаження на оператора асфальтоукладача і підвищення якості укладання асфальтобетонного покриття застосовуються системи автоматичного управління (САУ). Сучасні системи автоматичного управління, що забезпечують контроль і підтримку поперечного і подовжного профіля покриття, разом з технологіями безперервного укладання, створюють умови для будівництва доріг належної якості.

Автоматичне управління кутовим і висотним положенням робочих органів асфальтоукладачів із забезпеченням витримки заданого поперечного і

подовжного профілів асфальтобетонного покриття автомобільної дороги здійснюється за допомогою систем управління.

САУ асфальтоукладачів представлені в усіх трьох основних групах таких систем, а саме індикаторних, 2D та 3D системах.

Зокрема, індикаторна система «MOBA "SYSTEM 76 PLUS" [1] є класикою систем автоматичної нівеляції. "SYSTEM 76 PLUS" складається з датчика ухилу S276 Plus і регулювальників висоти G176 Plus або G176 Sonic Plus. Ці датчики використовуються як незалежно один від одного, коли досить відстежувати якийсь один параметр, так і разом, утворюючи універсальну, ефективну, досить просту і недорогу систему нівеляції. Однак ця система потребує наявності механічного копіру, а саме струни або опорної поверхні. Система "MOBA SYSTEM 76 PLUS" здебільше всього застосовується в обмежених міських умовах.

Система Trimble PCS900 3D призначена для установки на асфальтоукладачі [2]. На відміну від лазерних систем, які в основному призначені для роботи на прямолінійних ділянках і площадкових об'єктах, або на відміну від ультразвукових систем, для яких необхідно встановлювати струну, система Trimble PCS900 3D дозволяє формувати поверхні практично будь-якої форми і без якого-небудь розбиття, порівнюючи проектні дані в цифровому виді по ділянці робіт і фактичні дані про позицію робочої плити, що подають роботизований тахеометр та датчик нахилу і повороту плити. При її використанні асфальтоукладач може переміщатися по полотну практично в будь-якому напрямі, формуючи точну копію запроєктованою поверхні дороги.

Повністю безконтактні системи управління асфальтоукладачами, розроблені компанією TOPCON [3], призначені для асфальтування з автоматичним контролем поперечного ухилу, рівності і товщини покриття з точністю $\pm 1,5$ мм по висоті. Серед них система Topcon P63 mmGPS є найбільш досконалою і високотехнологічною системою нівелювання для асфальтоукладачів. Ця система заснована на передових GNSS і mmGPS технологіях, що дозволяють отримувати найбільш точну 3D позицію робочої плити в реальному часі. Системний супутниковий приймач забезпечує прийом сигналів як GPS, так і ГЛОНАСС, а компоненти mmGPS дозволяють отримати висотну компоненту з точністю менше сантиметра.

Нова система Leica iCON pave asphalt для асфальтоукладачів дозволяє досягти більшої ефективності асфальтування для реалізації великих дорожньо-будівельних проектів, коли асфальтне полотно дороги повинно бути постелено швидко і якісно [4]. Система Leica iCON pave asphalt отримує дані про стан плити машини від високоточного тахеометра або GPS / GNSS приймача Leica Geosystems. Отримані дані система порівнює з заданими проектними значеннями і відправляє відповідну команду на контролер гідравліки,

досягаючи точного результату укладання асфальтобетонного полотна.

Доступна і проста у використанні система автоматичного управління асфальтоукладачем Trimble ScreedPro може безпосередньо підключатися до гідравлічної системи управління машини без використання додаткового устаткування [5]. Використовуючи ультразвукову і лазерну технології, система автоматично контролює висоту і ухил робочої плити асфальтоукладача, що забезпечує точність розподілу асфальтобетонного покриття і його відповідність проектній товщині. При використанні ультразвукової технології датчик Tracer Plus монтується на краю плити і вимірює відстань до опорної поверхні, наприклад, натягнутої струни або попереднього шару покриття. Якщо використовується лазерний датчик ухилу то можна підключити до системи лазерний приймач, що виключає необхідність натягування струни на прямолінійних ділянках доріг. Система Trimble ScreedPro може бути встановлена на асфальтоукладачі і фрези практично усіх відомих фірм - виробників (Vogele, Dynapac, Barber - Greene, Caterpillar, ABG/Demag).

Зважаючи на те, що дані щодо значної частини характеристик САУ асфальтоукладачами є неповними або мають якісний характер, можна зробити висновок, що фактично вибір конкретної системи відбувається в умовах невизначеності.

Вибір САУ для окремих типів дорожніх будівельних машин було розглянуто в роботах [6-8], але в літературі немає інформації про моделі вибору САУ асфальтоукладача в умовах невизначеності.

Таким чином, проблема побудови моделі вибору САУ асфальтоукладача в умовах невизначеності є актуальною.

Мета і постановка задачі

Підвищення ефективності використання САУ асфальтоукладачів в процесі будівництва доріг є метою даної роботи.

Для досягнення цієї мети необхідно розробити модель вибору САУ асфальтоукладача, що враховує можливість завдання нечіткої інформації. Ця модель має бути створена на основі теорії нечітких множин [9-10].

Модель вибору САУ

Вибір САУ асфальтоукладача будемо проводити на базі аналізу характеристик конкретних зразків провідних фірм, що виробляють такі системи, а саме брендів MOBA, Leica, Trimble і Topcon:

- MOBA "SYSTEM 76 PLUS";
- Leica iCON pave asphalt;
- Trimble PCS900 3D ;
- Topcon P63 mmGPS.

Порівняння альтернатив проводиться за економічними, технічними, експлуатаційними та ергономічними характеристиками.

Економічними характеристиками є:

- вартість САУ;
- витрати на обслуговування САУ.

До технічних характеристик САУ робочими органами бульдозера відносяться:

- точність;
 - швидкодія;
 - продуктивність;
 - стійкість до зовнішніх впливів.
- Експлуатаційна група характеристик містить:
- сумісність з провідними брендами асфальтоукладачів;
 - відпрацювання віражив і поворотів;
 - час настроювання;
 - модульність;
 - робота в умовах складного ландшафту;
 - робота в умовах міста;
 - автоматичне керування курсом;
 - дистанційне управління;
 - сервісна підтримка.

До ергономічних характеристик відносять:

- зручність інтерфейсу;
- візуальну комфортність.

При постановці завдання вибору САУ асфальтоукладача вважаємо, що перераховані вище характеристики однаково важливі. Множина альтернатив Y при виборі складається з чотирьох названих вище зразків САУ, які позначені y_i :

$$Y = \{y_1, y_2, y_3, y_4\} \quad (1)$$

де y_1 - MOBA "SYSTEM 76 PLUS";

y_2 - Leica iCON pave asphalt;

y_3 - Trimble PCS900 3D ;

y_4 - Topcon P63 mmGPS.

Використовуємо множину з 17-ти рівнозначних характеристик X для оцінки альтернатив:

$$X = \{X_i\}, i = 1, 17 \quad (2)$$

де X_1 - вартість САУ;

X_2 - витрати на обслуговування САУ;

X_3 - точність;

X_4 - швидкодія;

X_5 - продуктивність;

X_6 - стійкість до зовнішніх впливів;

X_7 - сумісність з провідними брендами асфальтоукладачів.

X_8 - відпрацювання віражив і поворотів;

X_9 - час настроювання;

X_{10} - модульність;

X_{11} - робота в умовах складного ландшафту;

X_{12} - робота в умовах міста;

X_{13} - автоматичне керування курсом;

X_{14} - дистанційне управління.

X_{15} - сервісна підтримка;

X_{16} - зручність інтерфейсу;

X_{17} - візуальну комфортність.

Представимо у вигляді нечіткої множини оцінки альтернатив по кожній з вищенаведених характеристик $\{X_i\}$ [10]:

$$A(X_i) = (v_{X_i}(y_1), v_{X_i}(y_2), v_{X_i}(y_3), v_{X_i}(y_4)) \quad (3)$$

де $v_{X_i}(y_l)$ - оцінка альтернативи y_l ($l = \overline{1,4}$) за характеристикою X_i ($i = \overline{1,17}$)

Рішенням задачі вибору вважається альтернатива y_l , яка найбільшою мірою відповідає вимогам всієї сукупності критеріїв.

При визначенні найбільш доцільної альтернативи вважаємо, що вирішальне правило R лежить на перетині відповідних нечітких множин:

$$R = A(X_1) \cap A(X_2) \cap A(X_3) \dots \cap A(X_i) \quad (4)$$

Відповідно до визначення операції перетину [10] функція приналежності шуканого рішення нечітких множин може бути визначена залежністю:

$$v_R(y_l) = \min_{i=1,n} (v_{A(X_i)}(y_l)), l = \overline{1,4} \quad (5)$$

Найкращою вважаємо таку альтернативу $y^{\#}$, для якої значення функції приналежності $v_R(y_l)$ виявиться максимальним, тобто

$$v_R(y^{\#}) = \max_{l=1,4} (v_R(y_l)) \quad (6)$$

Таким чином, рішенням поставленої задачі вибору САУ асфальтоукладача є альтернатива $y^{\#}$, що найбільшою мірою задовольняє всім критеріям в сукупності.

Таблиця 1

значення часткових функцій приналежності альтернатив	Часткові функції приналежності альтернатив			
	$v(y_1)$	$v(y_2)$	$v(y_3)$	$v(y_4)$
A(X ₁)	0,8	0,6	0,5	0,6
A(X ₂)	0,5	0,6	0,7	0,6
A(X ₃)	0,5	0,7	0,7	0,8
A(X ₄)	0,6	0,8	0,7	0,7
A(X ₅)	0,4	0,8	0,7	0,6
A(X ₆)	0,7	0,6	0,6	0,6
A(X ₇)	0,7	0,6	0,8	0,6
A(X ₈)	0,4	0,6	0,7	0,7
A(X ₉)	0,8	0,6	0,6	0,6
A(X ₁₀)	0,4	0,6	0,7	0,8
A(X ₁₁)	0,4	0,6	0,8	0,7
A(X ₁₂)	0,8	0,6	0,6	0,5
A(X ₁₃)	0,2	0,6	0,7	0,7
A(X ₁₄)	0,3	0,7	0,7	0,8
A(X ₁₅)	0,7	0,8	0,7	0,7
A(X ₁₆)	0,6	0,8	0,8	0,7
A(X ₁₇)	0,7	0,8	0,7	0,7
Мінімальне значення	0,2	0,6	0,5	0,5

Побудуємо таблицю, яка містить ступінь відповідності (функції приналежності) кожної з альтернатив кожної з вищеприписаних характеристик X_i (таблиця 1).

На основі вирішального правила R знайдемо перетин представлених в таблиці множин і виберемо доцільну альтернативу:

$$R = \{(y_1; 0,2), (y_2; 0,6), (y_3; 0,5), (y_4; 0,5)\}$$

Таким чином, найкращою альтернативою є y_2 , тобто Leica iCON pave asphalt, як результат порівняння між собою отриманих функцій приналежності кожної з альтернатив.

Висновки

Таким чином, в роботі побудована модель вибору САУ асфальтоукладача, яка на відміну від існуючих дозволяє враховувати нечіткість інформації. Представлено приклад вибору САУ асфальтоукладача.

Розроблена модель вибору САУ асфальтоукладача дозволяє підвищити ефективність використання асфальтоукладачів при будівництві доріг.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Система MOBA на асфальтоукладчики и дорожные фрезы «SYSTEM 76 PLUS». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: - <https://moba-3d.ru/moba-system-76-plus>
2. 3D Система для асфальтоукладчиков Trimble PCS900 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: https://sitehcr.ru/upload/iblock/523/3D_Pavers.pdf
3. Решения для асфальтоукладчиков: система 3D mm GPS [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: - <https://www.gsi.ru/art.php?id=615>
4. Leica iCON pave - 3D система автоматического управления асфальтоукладчиком [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: - <https://ngc.com.ua/p/983-leica-icon-pave-asphalt.html>
5. Система управления асфальтоукладчи-ком ScreedPro [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: - <http://xn--80aajzhcnfck0a.xn--p1ai/PublicDocuments/0505854.pdf>
6. Ильге И.Г. Модель выбора 3D системы автоматического управления рабочими органами экскаватора / И.Г. Ильге, О.В. Рябцев // Технология приборостроения. - 2015. - . - № 1 – с. 3-5.
7. Ильге И.Г. Узагальнена модель вибору систем автоматичного управління робочими органами машин для земляних робіт / И.Г. Ильге, О.В. Рябцев // Технология приборостроения. - 2016. - . - № 2 – с. 104-106.
8. Ильге И.Г. Модель планирования ремонта автомобильных дорог с учетом выбора доцільного вибору засобів автоматизації/ И.Г. Ильге, Р.С. Богдан// Технология приборостроения. - 2017. - №2. – с. 40-43.
9. Пономарев, А. С. Нечеткие множества в задачах автоматизированного управления и принятия решений: учеб. пособие [Текст]/ А. С. Пономарев. – Харьков: НТУ ХПИ, 2005. – 232 с.
10. Методы и модели принятия решений в условиях многокритериальности и неопределенности: монография [Текст]/[Э. Г. Петров, Н. А. Брынза, Л. В. Колесник, О. А. Пискалова]; под.ред. Э. Г. Петрова. – Херсон: Гринь Д.С., 2014. – 192 с.