

Татарин О.С., ст. гр. ПМЛ-41, спеціальність G11 «Машинобудування»
Науковий керівник: Щупак А.Л., старший викладач кафедри лісових машин і автомобільного транспорту
(Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна)

КЛАСИФІКАЦІЯ ЛІСОВИХ ПРИЧЕПІВ НА ОСНОВІ ТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ

Обґрунтування вибору системи машин для лісозаготівлі є ключовим етапом планування, адже воно забезпечує ефективне, безпечне та економно-екологічне використання техніки під час заготівлі деревини. Особливу увагу приділяють вибору машин для первинного транспортування: від двомодульних лісових машин (трактор із причепом), форвардерів, трельовальних тракторів чи канатних систем у важкодоступних умовах [1]. Раціональний вибір техніки підвищує продуктивність, знижує витрати пального та зменшує негативний вплив на довкілля [2].

Сучасні алгоритми дозволяють формувати комплекси лісотранспортних засобів із урахуванням експлуатаційних, екологічних, технологічних та економічних чинників [3,4,5]. Водночас важливим є узгодження параметрів лісового причепа з тяговими можливостями трактора. На ринку представлено понад 130 моделей причепів вантажопідйомністю від 3 до 15 т, які агрегуються з тракторами класу тяги 9, 14 і 20 кН [6]. Це створює значну кількість комбінацій двомодульних машин, але ускладнює процес вибору.

Помилковий вибір, наприклад причепа з низькою вантажністю, призводить до недовантаження двигуна і зниження ефективності його використання. Якщо ж вага причепа перевищує можливості трактора, погіршується прохідність машини та зростають енергетичні витрати. Тому правильний підбір причепа, що дозволяє максимально реалізувати потенціал трактора, є визначальним для продуктивності.

Для обґрунтування параметрів двомодульних лісових машин застосовано кластерний аналіз, який дозволяє групувати причепа за технічними характеристиками та спрощує вибір оптимальних варіантів [7].

Вихідні дані для аналізу представлено у вигляді матриці спостережень, що містить значення всіх ознак для кожного з досліджуваних об'єктів [7]. Обсяг вибірки становив 130 моделей лісових причепів від провідних українських, європейських і північноамериканських виробників [6] (TAJFUN, DLIGHT, PALMS, WEIMER, SCANDIC, FORESTER, COUNTRY, KÄLLEFALL RÜCKEWAGEN тощо).

Головними параметрами лісового причепа для кластерного аналізу були вибрані: маса і вантажність причепа; Габаритні розміри лісового причепа – довжина, ширина, висота причепа; розміри вантажної платформи (корисна довжина, робоча ширина, орієнтовна висота бортів).

Кластеризацію даних здійснено в середовищі «ORANGE Data mining 3.37.0».

Для сегментації вибірки залучено два взаємодоповнювальні підходи: ієрархічну агломерацію з апробацією різних метрик відстані та варіантів зв'язування, результати якої подано у формі інформативної дендрограми (рис. 1); k-means як швидкий неієрархічний алгоритм з ініціалізацією k-means та багаторазовими перезапусками для уникнення локальних мінімумів (рис. 2).

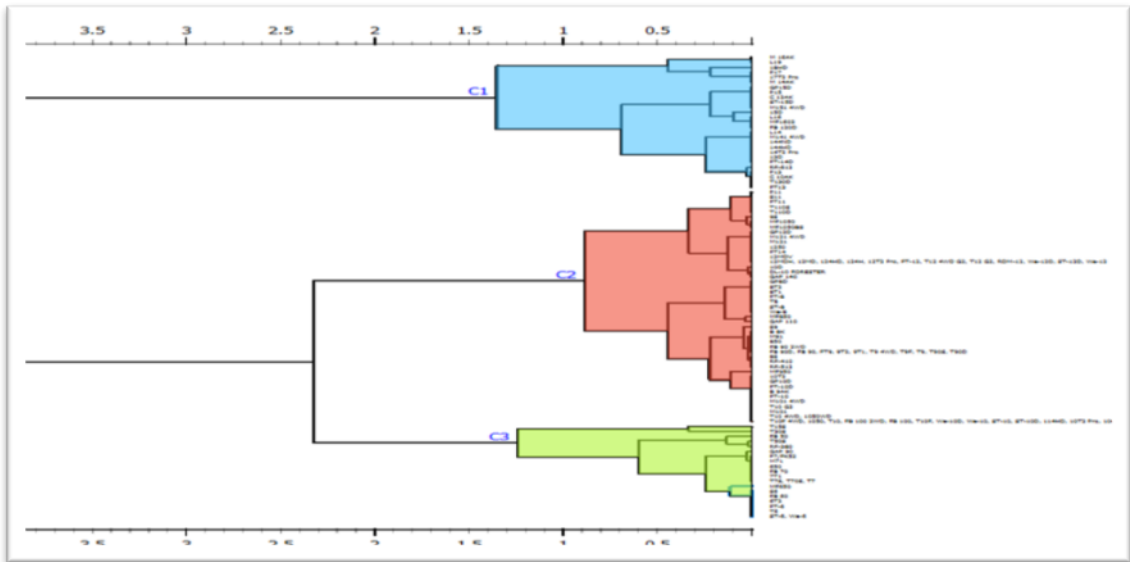


Рисунок 1 – Ієрархічний кластерний аналіз параметрів лісових причепів

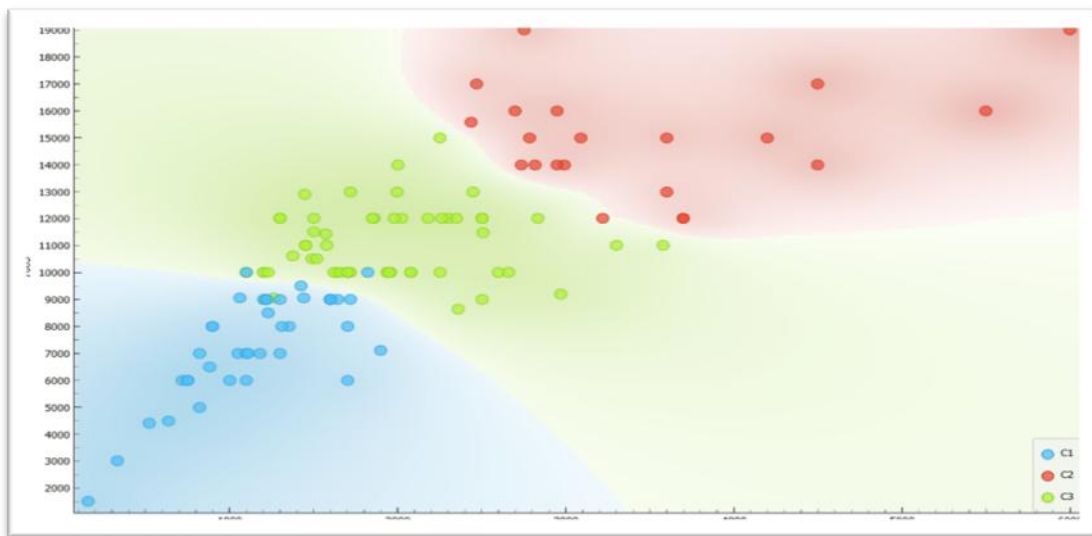


Рисунок 2 – Неієрархічний кластерний аналіз параметрів лісових причепів

Основним критерієм класифікації двомодульних лісових машин обрано їх вантажність. Проведений кластерний аналіз лісових причепів показав, що вибірка поділяється на три кластери, що дало змогу класифікувати причепа за показником вантажності ($Q_{пр}$) на три окремі групи:

- легкі з $Q_{пр} < 9000$ кг (потужність (N_e) < 60 кВт і маса причепа ($M_{пр}$) < 6000 кг);
- середні з $Q_{пр}$ від 9000 до 13000 кг ($55 < N_e < 90$ кВт і $5300 < M_{пр} < 9500$ кг);
- важкі з $Q_{пр} > 13000$ кг ($85 < N_e < 95$ кВт і $7500 < M_{пр} < 10500$ кг).

Результати кластерного аналізу параметрів лісових причепів дають змогу виконувати:

- Обґрунтований добір комплексу машин: забезпечення оптимального поєднання трактора і причепа з гідроманіпулятором для підвищення ефективності транспортних операцій та стабільності процесів.
- Раціональне використання ресурсів: зниження витрат енергії трактора під час руху й недопущення перевантаження машини, що подовжує строк служби та підвищує надійність агрегату.
- Систематизацію даних: формування кластерів параметрів, які дають змогу оперативно добирати причепа з гідроманіпуляторами для конкретних

моделей тракторів та умов їх експлуатації, підтримуючи даноорієнтоване прийняття рішень.

Список використаних джерел:

1. Кокоць С.Ю., Щупак А.Л., Бойко М.М., Олійник М.І.. Дослідження впливу машин для первинного транспортування деревини на лісове середовище Українських Карпат - 2018. Промислова гідравліка і пневматика, №3, 11-18.
2. Библюк Н.І., Стиранівський О.А., Бойко М.М., Щупак А.Л.. Шкідливий вплив лісгосподарської діяльності на довкілля та шляхи його мінімізації - Науковий вісник НЛТУ України, 2008, 18(3), 13-22.
3. Стиранівський О.А., Библюк Н.І., Борис М.М., Герис М.І.. Типаж і головні параметри перспективних колісних лісотранспортних машин - Науковий вісник НЛТУ України, 2006, 16 (6), 62-69.
4. Oleg Styraniysky, Mykola Herys, Andriy Shchupak. Types and main technical parameters of promising forest machines for natural and operational conditions of Ukraine // Mobilné energetické prostredky – Hydraulika – Životné prostredie – Ergonómia: Vedecký recenzovaný zborník. – Technická univerzita vo Zvolene, 2021. – P. 202-213.
5. Oleg Styraniyskyj, Mykola Herys, Andriy Shchupak, Mykhailo Boiko, Mykhailo Oliinyk. Methodological basis of choosing type and technical-operational parameters of machine for timber primary transportation // Mobilné energetické prostredky – Hydraulika – Životné prostredie – Ergonómia mobilných strojov: Vedecký recenzovaný zborník. – Technická univerzita vo Zvolene, 2019. – P. 233-240.
6. Библюк Н. І., Герис М. І., Щупак А. Л., Бойко М. М. Лісотранспортні засоби: Короткий довідник – Львів : РВВ НЛТУ України, 2024. – 84 с.
7. Бахрушин В.Є. Методи аналізу даних : навчальний посібник для студентів / В.Є. Бахрушин. – Запоріжжя : КПУ, 2011. – 268 с.