

stabilization and orientation. Journal of Radioelektronika, informatika, upravlinnya, 1 (28), 144–150.

15. Banduriv, I., M., Firsov, S. M., Locale, S. V. (2014). Patent 87065 Ukraine, MKI B 64 G 1/24. A method of damping the angular velocity spacecraft. National Aerospace University. ME Zhukovsky "hai". № 87 065; Appl. 6/10/13; Publish. 01.27.14, Bull number 2, 3.

16. Firsov, S. N. (2014). Methodology for ensuring the stability of functional satellite systems. LAP LAMBERT Academic Publishing, 208.

17. Luchenko, O. A., Taran, A. N., Firsov, S. N. (2011). Determination of parameters of the installation of motor flywheel system orientation and stabilization of asymmetric malogaba–ritnogo spacecraft. Journal of Aerospace and Technology, 1 (78), 63–68.

18. Firsov, S. N. (2014). Formation resistant to failure of engine blocks flywheels satellite systems stabilization and orientation. Journal of Theory and Control Systems, 4 (83), 83–104.

19. Postnikov, V. N., Taran, A. N., Firsov, S. N. (2011). Criteria for evaluating the properties of redundant systems flywheel. Journal of Radioelektronika, informa–teak upravlinnya, 4, 87–82.

20. Taran, A. N., Firsov, S. N., Bychkova, I. V. (2011). The concept of survivability of satellite attitude control systems and stabilization. Journal of Information Processing Systems, 8 (98), 127–129.

21. Firsov, S. N. (2012). Analytical method for determining the parameters of the control system of the spacecraft orientation. Journal of Aerospace and Technology, 4 (91), 55–59.

*Рекомендовано до публікації докт. техн. наук Кошовий М. Д.
Дата надходження рукопису 24.07.2014 року.*

Фирсов Сергей Николаевич, кандидат технических наук, доцент, докторант, кафедра систем управления летательными аппаратами. Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», ул. Чкалова 17, г. Харьков, Украина, 61070.
E-mail: sn.firsov@gmail.com

УДК 528.85

ПОРІВНЯННЯ КЛАСИФІКАТОРІВ РОСЛИННИХ ОБ'ЄКТІВ ПОБУДОВАНИХ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ТА ДИСКРИМІНАНТНОГО МЕТОДА ФІШЕРА

© Є. О. Шама

В статті приводиться порівняння методів розпізнавання рослинних об'єктів за результатами дистанційного зондування. Для побудови розпізнавальної моделі був використаний множинний лінійний дискримінантний аналіз Фішера та нейромережні методи. Для побудови класифікаторів на основі нейронної мережі та на основі дискримінантного аналізу використовувалися дані, які отримані в польових умовах за допомогою спектрометра.

Ключові слова: розпізнавання, спектральні коефіцієнти яскравості, ознаки, класифікатор, нейронна мережа, перцептрон, ознаки.

In the article comparison methods of recognition of vegetable objects is given on results the remote sensing. For the construction of identification mode was used linear discriminant analysis of Fisher and neural networks methods. The construction of neural networks and classifier built by means of discriminant analysis were made on the basis of experimental data obtained in the field with the help of a spectrometer.

Keywords: recognition, spectral brightness coefficients, signs, classifier, neural network, perceptron, signs.

1. Вступ

Для оцінки стану рослинних об'єктів (рівня вмісту мінеральних речовин, наявність або відсутність захворювань) та їх класифікації за видовою ознакою часто застосовують методи дистанційного зондування рослинних об'єктів. За допомогою дистанційних методів можна оцінювати динаміку розвитку і стан рослин на контрольованій площі при мінімальній участі людини або, взагалі, без неї. Тому питання автоматизації дистанційного зондування рослин і класифікація за видом рослинного об'єкту є актуальним.

2. Постановка проблеми

Мета роботи полягає у порівнянні методів розпізнавання, які можуть бути використані при побудові класифікатора рослин. У якості параметра порівняння методів використана ймовірність вірного розпізнавання рослини. Класифікація рослин проводилась на три класи: корисна культура – соняшник, бур'яни – мишій та амброзія, які на момент вимірювання коефіцієнтів відбиття складали понад 80 % рослин. Для боротьби з вищенаведеними бур'янами (амброзія – дводольний бур'ян, мишій – однодольний бур'ян), використовують різні гербіциди. Так один різновид гербіциду ефективно використовується для боротьби з

однодольними бур'янами, а дводольні бур'яни знищують слабо; а інші види гербіцидів, навпаки, ефективно діють на дводольні бур'яни, а на однодольні бур'яни здійснює слабкий вплив. Враховуючи те, що засміченість амброзією та мишієм півдня України (Запорізька область) є значним, то побудова класифікатора рослин з характеристиками, які наближені до оптимальних, є актуальним і затребуваним.

3. Літературний огляд

Розпізнавання рослинних об'єктів за допомогою нейронних мереж (НМ) [1–3] та класифікація рослинних об'єктів за допомогою інших методів [4, 5], у тому числі і за допомогою дискримінантного аналізу, розглянуто у ряді робіт. Але в цих роботах класифікація рослинних об'єктів проводилася або лише на два класи (корисну культуру і бур'ян), або за допомогою двошарового перцептрона (для НМ) чи для рослин, які не характерні для півдня України. Проте на практиці доцільно проводити класифікацію рослин на корисну культуру та дводольні і однодольні бур'яни. Виявлення переваги одного з методів розпізнавання рослинних об'єктів, дасть вираш при побудові класифікатора рослинних об'єктів, а саме: скоротить час навчання, збільшить швидкість прийняття рішень, дозволить зменшити вимоги до обчислювальних ресурсів, збільшити надійність роботи, зменшить собівартість виробу.

4. Побудова класифікаторів за допомогою нейронної мережі та дискримінантного аналізу

Виміри спектральних коефіцієнтів відбиття проводилися на полі ТОВ "Агрофірма "Матвіївка",

Вільнянського району, Запорізької області в травні 2014 р. при ясній погоді. Поле було засаджене корисною культурою – сояшником, окрім сояшника на полі були присутні наступні бур'яни: амброзія, берізка, мишій, пирій, пастуша сумка, суріпиця і інш. Серед бур'янів, для подальшого дослідження, були відібрані мишій та амброзія, так як вони склали переважну частину бур'янів на полі. Переміщення об'єкта приймача спектрометра від однієї рослини до іншої в продовж рядка проводилося рівномірно, без ривків, приблизно на однаковій відстані від поверхні землі і при постійній швидкості руху (0,5–1) м/с. Виміри спектральних характеристик рослин проводилися за допомогою приладу, який автоматично з періодом 1 с зберігав поточну інформацію (коефіцієнт відбиття і координати місця) і зовнішнього вигляду рослини. Пристрій для дослідження спектрів складався з: спектрометра Red Tide650 з волоконно-оптичним кабелем P200 - 2 - UV - VIS і лінзою 74 - VIS (фірма Ocean Optics); Web-камера A4Tech PK-838G для фотографування зображення рослин.

З усіх експериментальних даних, для подальшого дослідження було відібрано 2300 спектральних коефіцієнтів відбиття рослин. Критерієм відбору була можливість візуального визначення виду рослин по зображеннях і формі спектральної кривої (відсутність обмежень і надмірної зашумленості). Назва і кількість вибірок рослин, які були відібрані для подальшого дослідження, наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Видовий склад досліджуваних рослин

Вид рослини	Латинська назва	Кількість екземплярів
Сояшник	<i>Heliánthus ánnuus</i>	750
Амброзія	<i>Ambrósia artemisiifólia</i>	850
Мишій	<i>Setaria viridis</i>	700
Усього		2300

Наступним етапом була обробка отриманих даних і визначення впливу кількості ознак на якість розпізнавання рослин. Спектральні коефіцієнти відбиття рослин, які були отримані спектрометром, за допомогою написаного макросу були введені в програму Excel2010, в результаті чого було отримано 3 масиви чисел: матриця коефіцієнтів відбиття для сояшника – 750×256, матриця коефіцієнтів відбиття для мишію – 700×256 і матриця коефіцієнтів відбиття для амброзії – 850×256.

Далі, кожна з трьох матриць піддавалася нормуванню за лінійним законом

$$\omega_i = \frac{\mu_i - \mu_{i,\min}}{\mu_{i,\max} - \mu_{i,\min}}, \quad (1)$$

де ω_i, μ_i – нормовані та вимірні спектральні коефіцієнти яскравості на довжині хвилі λ_i ,

відповідно; $\mu_{i,\max}, \mu_{i,\min}$ – максимальні та мінімальні вимірні спектральні коефіцієнти яскравості.

Залежність нормованих коефіцієнтів відбиття, розрахованих по формулі (1), від довжини хвилі для кукурудзи, мишію і амброзії наведені на рис. 1.

Кількість ознак 256 обумовлено тим, що з спектрометру отримуємо 2048 спектральних точок за один замір і, після усереднення 8 сусідніх значень, отримуємо 256 спектральних точок, тобто ознак.

Для оцінки класифікатора рослинних об'єктів на 3 класи (корисна культура – сояшник, однодольний бур'ян – мишій, дводольний бур'ян – амброзія), який побудований за допомогою дискримінантних методів, був використаний множинний лінійний дискримінантний аналіз

Фішера. Були розраховані значення класифікаційних матриць для кожного набору ознак, для окремих наборів ознак розраховували Wilks' Lambda, оцінено отриману систему класифікаційних рівнянь і адекватність отриманої моделі. Результати дослідження оброблені із застосуванням статистичного пакету програми "STATISTICA6.1® for Windows компанії StatSoft Inc, а також "Microsoft Excel 2003". Окремі

статистичні процедури і алгоритми реалізовані у вигляді спеціально написаних макросів у відповідних програмах. Для усіх видів аналізу статистично значимими вважали відмінності при $p < 0,05$.

Класифікаційна матриця для 256 ознак наводиться на рис. 2. На рисунку прийняті наступні скорочення: а – амброзія, k – соняшник, m – мишій.

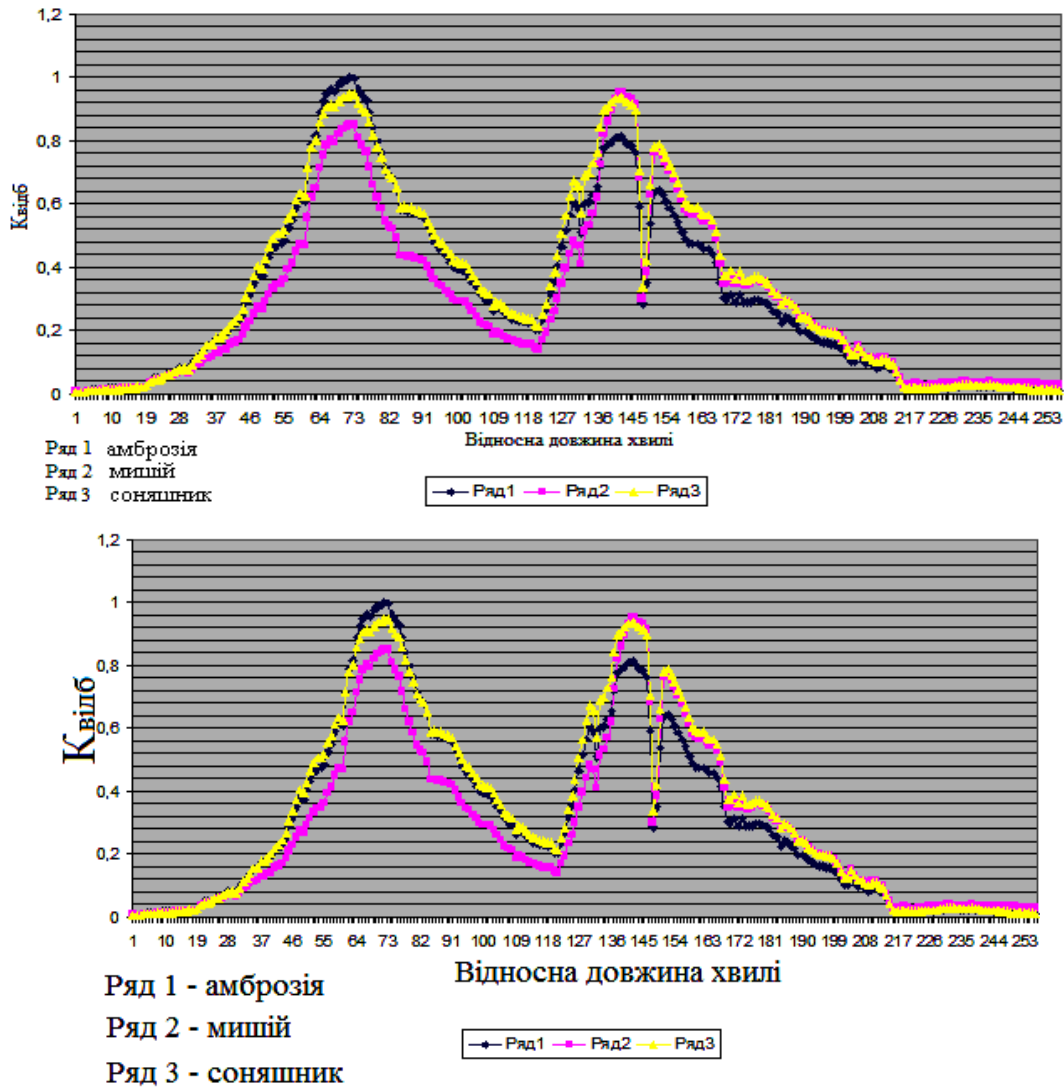


Рис. 1. Залежність нормованих коефіцієнтів відбиття від довжини хвилі для амброзії, мишію, соняшника

Classification Matrix (Вместе - амброзия, кукуруза, мыший_6)				
Rows: Observed classifications				
Columns: Predicted classifications				
Class	Percent Correct	k p=,3082	a p=,3889	m p=,3029
k	99,7139	697,0000	0,0000	2,0000
a	100,0000	0,0000	882,0000	0,0000
m	100,0000	0,0000	0,0000	687,0000
Total	99,9118	697,0000	882,0000	689,0000

Рис. 2. Класифікаційна матриця для апостеріорної ймовірності розпізнання рослин на три класи з використанням 256 ознак

Для побудови НМ для розпізнавання рослинних об'єктів на 3 класи за експериментальними даними був використаний блок неймережевого аналізу NNTool програми MatLab 7.9.0.529 компанії MathWorks. При побудові НМ за допомогою програми MatLab, в якості типу НМ була обрана неймережа прямого поширення сигналу, що навчалася за допомогою методу Левенберга-Марквардта [6]. Перевагою метода Левенберга-Марквардта є те, що він працює швидше за інші градієнтні методи, оскільки апроксимує часткові похідні другого порядку через часткові похідні першого порядку.

На входи НМ подавалися нормовані коефіцієнти відбиття рослин - матриця 2300×256 . Вихідний (цільовий) вектор розмірністю 2300×1 задавався в діапазоні $[0;1]$, причому для амброзії – 0, мишію – 0,5, соняшнику – 1. При навчанні НМ крок навчання покладался рівним 0,05, максимальне число циклів навчання НМ epochs=1000. В якості цільової функції при навчанні використовувався мінімум середньоквадратичної помилки навчання мережі – MSE (Mean Square Error), заданий як 0,0001. Всі нейрони мали сигмоїдну функцію активації.

Результат (вікно програми) побудови НМ для розпізнавання рослин на три класи показаний на рис. 3.

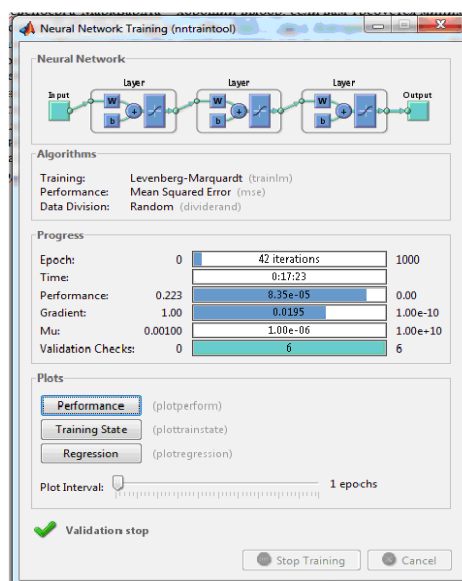


Рис. 3. Вікно програми NNTool(MatLab) для трьохшарової НМ

Після обробки апостеріорних значень цільових векторів були отримані наступні результати – табл. 2 демонструє показники розпізнавання для НМ з трьома внутрішніми шарами.

Таблиця 2

Класифікаційна матриця для трьохшарової НМ

		Результат класифікації для кожного класу			
		соняшник	амброзія	мишій	всього
Апріорні дані про клас	соняшник	744	5	1	750
	амброзія	31	809	10	850
	мишій	15	4	681	700
	всього	790	818	692	2300
Вірогідність правильного розпізнавання		99,2 %	95,17 %	97,28 %	99,82 %

З вищенаведених розрахунків, видно, що прийнятним для побудови класифікатора рослинних об'єктів, з точки зору якості розпізнавання рослинних об'єктів на три класи (соняшник, мишій, амброзія), є дискримінантний метод.

Так, ймовірність вірного розпізнавання для класифікатора, побудованого за допомогою нейронних мереж складає: соняшник – 99,2 %, мишій – 97,28 %, амброзія – 95,7 %; для класифікатора, побудованого за дискримінантного метода складає: соняшник – 99,7 %, мишій – 100 %, амброзія – 100 %.

Серед обраних рослин, найкраще розпізнаванню піддається соняшник. Це може бути зумовлене геометрією листків, їх товщиною і щільністю, відносною наявністю пігментів (хлорофілу, каротинів, ксантофілів і інш).

5. Висновки

В результаті проведених експериментальних

досліджень, було встановлено, що з точки зору ймовірності вірного розпізнавання рослин, більш надійним для впевненого адекватного розпізнавання виду рослини серед трьох обраних (соняшника, амброзії, мишію) буде класифікатор, який побудований за допомогою методів дискримінантного аналізу. Але слід зазначити, що на даному етапі не проводилась процедура зменшення розмірності.

Найбільший виграш, щодо розпізнавання рослини, має класифікатор, який побудований за допомогою дискримінантних методів по відношенню до амброзії і складає 4,3 %. По відношенню до корисної культури – соняшника, виграш по ймовірності вірного розтання для класифікатора, побудованого за допомогою дискримінантних методів по відношенню до класифікатора, побудованого за допомогою нейронних мереж є мінімальним і складає 0,5 %.

Література

1. Дубровин, В. И. Распознавание растений по результатам дистанционного зондирования на основе многослойных нейронных сетей [Текст] / В. И. Дубровин, С. В. Морщавка, Д. М. Пиза, С. А. Субботин // Математичні машини і системи. – 2000. – № 2–3. – С. 113–119.
2. Морщавка, С. В. Нейросетевая классификация растений по результатам дистанционного зондирования [Текст] / С. В. Морщавка, С. А. Субботин, В. И. Дубровин, Д. М. Пиза // Радіоелектроніка і молодь в ХХІ сторіччі : 5-й Міжнародний молодіжний форум, Харків, 24–26 квітня 2001 р. : зб. наук. праць в 2-х частинах. – Харків : ХТУРЕ, 2001. – Ч. 2. – С. 324–325.
3. Dubrovin, V. The plant recognition on remote sensing results by the feed-forward neural networks [Text] / V. Dubrovin, S. Subbotin, S. Morshchavka, D. Piza // Smart Engineering System Design. – 2001. – № 3. – P. 251–256.
4. Сергиенко, Р. Б. Исследование эффективности коэволюционного генетического алгоритма условной оптимизации [Текст] / Р. Б. Сергиенко // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнёва. – 2009. – № 3 (24). – С. 31–36.
5. Маяцкая, И. А. О построении моделей растительных объектов. [Текст]: сб. науч. тр. [Текст] / И. А. Маяцкая. – Разработка технического оснащения производства продукции животноводства – Черноград: ВНИПТИМЭСХ, 2003. – С. 207–213.

6. Саймон, Хайкин Нейронные сети: полный курс [Текст] / Хайкин Саймон; 2-е издание; пер. с англ. — М.: Издательский дом "Вильямс", 2006. — 1104 с.

References

1. Dubrovin, V. I., Morshchavka, S. V., Piza, D. M., Subbotin, S. A. (2000). Raspoznavanie rastenii po rezultatah distantsionnogo zondirovaniya na osnovr mnogogoslainyh neironnyh setei. Matematychni mashyny i systemy, 2–3, 113–119.
2. Morshchavka, S. V., Subbotin, S. A., Dubrovin, V. I., Piza, D. M. (2001). Neurosetevaya klassifikatsiya rasteniy po rezultatam distantsionnogo zondirovaniya. Radioelektronika i molod v XXI storichchi : 5-i Mizhnarodnyi molodizhnyi forum, 2, 324–325.
3. Dubrovin, V, Subbotin, S, Morshchavka, S, Piza, D. (2001). The plant recognition on remote sensing results by the feed-forward neural networks. Smart Engineering System Design, 3, 251–256.
4. Sergienko, R. B. (2009). Issledovanie effektivnosti koevolutsionnogo geneticheskogo algoritma uslovnoi optimizatsii. Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta imeni akademika M.F. Reshetneva, 3, 31–36.
5. Mayatskaya, I. A. (2003). O postroenii modeley rastitelnykh obektov Razrabotka tehniceskogo osnashcheniya proizvodstva produktsii zhivodnovodstva: Zernograd, VNIPTIMESH, 207–213.
6. Saimon, Haikin (2006). Neironnye seti: polnyi kurs, 2-e izdanie, Izdatelskiy dom "Vilyams", 1104.

*Рекомендовано до публікації докт. техн. наук Піза Д. М.
Дата надходження рукопису 21.07.2014 р*

Шама Євгеній Олександрович, аспірант, кафедра радіотехніки та телекомунікації, Запорізький Національний Технічний Університет, ул. Жуковського, 64, г. Запорож'є, Україна

УДК 613.9:664.5

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕКТИНОВИХ РЕЧОВИН ЯК АДСОРБЕНТІВ АРОМАТИЧНИХ РЕЧОВИН ЕФІРНИХ ОЛІЙ

© Н. В. Чепель, О. В. Грек

Обґрунтовано перспективність використання гуміарабіку як адсорбенту ароматичних речовин ефірних олій. Його адсорбційні властивості порівнювались з яблучним та буряковим пектинами, які довели високу селективність гуміарабіку. Встановлено динаміку адсорбції ароматичних речовин, що вказує на стабілізацію хімічного складу ефірної олії при нанесенні на гуміарабік без проведення їх попередньої детерпенізації та полегшує процес інкапсулювання.

Ключові слова: ефірна олія, інкапсулювання, ароматичні речовини, гуміарабік, яблучний та буряковий пектини, адсорбція.

This article presents the perspective of gum arabic as an adsorbent of aromatic compounds of essential oils. Its adsorption properties were compared with apple pectin and beet pectin which were more selective. The stabilization of chemical content of essential oils has been proven in applying the gum arabic.

Keywords: essential oils, encapsulation, aromatic compounds, gum arabic, apple pectin, beet pectin, adsorption.