

5. Zhao X., et al. Effect of geopolitical risk and economic uncertainty indices on renewable energy. *Geoscience Frontiers*. 2023. P. 101655.
6. Somoye O. A. Energy crisis and renewable energy potentials in Nigeria: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2023. V. 188. P. 113794.
7. Rather S. V., et al. Assessing the effectiveness of government support measures for renewable energy and energy-efficient economy: a review of approaches. *Economic analysis: theory and practice*. 2019. V. 18. No 8. Pp. 1428–1447.
8. Regions of “green” growth. *Energetics and industry of Russia*. 2021. No 11–12. Pp. 415–416.
9. Ferreira M. M., et al. A new index to evaluate renewable energy potential: A case study on solar, wind and hybrid generation in Northeast Brazil. *Renewable Energy*. 2023. V. 217. P. 119182.
10. Kim G., Hur J. A probabilistic approach to potential estimation of renewable energy resources based on augmented spatial interpolation. *Energy*. 2023. V. 263. Part A. P. 125582.
11. Diaz-Cuevas P., Haddad B., Fernandez-Nunez M. Energy for the future: Planning and mapping renewable energy. The case of Algeria. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. 2021. V. 47. P. 101445.
12. Kwartnik-Pruc A., Maczyńska A. Assessing validity of employing surveying methods to capture data on topography to determine hydrological and topographic parameters essential for selecting locations for the construction of small hydropower plants. *Energies*. 2022. V. 15. No 4. P. 1527.
13. Singh P., Kalamdhad A. S. A comprehensive assessment of state-wise biogas potential and its utilization in India. *Biomass Conversion and Biorefinery*. 2021. V. 13. Pp. 12557–12579.
14. Mitra M., Singha N. R., Chattopadhyay P. K. Review on renewable energy potential and capacities of South Asian countries influencing sustainable environment: A comparative assessment. *Sustainable Energy Technologies and Assessment*. 2023. V. 57. Pp. 103295.
15. Moscoloni C., et al. Wind turbines and rooftop photovoltaic technical potential assessment: Application to Sicilian minor islands. *Energies*. V. 15. No 15. P. 5548.
16. Vasudevan V., Gundabattini E., Darius Gnanaraj S. Geographical information system (GIS)-based solar photovoltaic farm site suitability using multi-criteria approach (MCA) in southern Tamilnadu, India. *Journal of the Institution of Engineers (India): Series C*. 2023.

Информация об авторах

Кириченко Анна Сергеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электротехники, теплотехники и возобновляемых источников энергии», ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» (Российская Федерация, 350044, г. Краснодар, ул. им. Калинина, д. 13), e-mail: kir89ann@gmail.com

Кириченко Евгений Владимирович, старший преподаватель кафедры «Государственного и международного права», ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» (Российская Федерация, 350044, г. Краснодар, ул. им. Калинина, д. 13), e-mail: lbcs@yandex.ru

Author's Information

Kirichenko Anna Sergeyevna, Candidate of Engineering Sciences, Assistant Professor of the Department of Electrical Engineering, Heat Engineering and Renewable Energy Sources of Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin (Russian Federation, 350044, Krasnodar region, Krasnodar, Kalinina st., 13), e-mail: kir89ann@gmail.com.

Kirichenko Evgeny Vladimirovich, senior lecturer of the Department of Public and International Law of Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin (Russian Federation, 350044, Krasnodar region, Krasnodar, Kalinina st., 13), e-mail: lbcs@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-36

TECHNOLOGY FOR DETERMINING THE ELEMENTAL COMPOSITION OF SOILS BY ACOUSTIC SIGNALS

Lepikhova V. A., Lyashenko N. V.

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI)
Novocherkassk, Russian Federation

Corresponding author E-mail: odejnaya@rambler.ru

Received 29.11.2023

Submitted 19.12.2023

Summary

The article presents the results of determining the humus content in the studied soil samples. Obtaining the results was based on processing phonograms with subsequent decomposition of the acoustic signal into a Fourier spectrum. The obtained spectrum was processed by the method of pattern recognition with division into classes corresponding to the proportion of humus content in the soil.

Abstract

Introduction. Obtaining a stable harvest in agricultural fields of the agroindustrial complex is inextricably linked with the annual agrochemical analysis of soils. One of the indicators of soil quality is the content of humus in the arable layer. The development of an express analysis to determine the humus content in the analyzed layers of soils is the purpose of this research. At this stage of research, the task is to analyze the acoustic absorption signal and select the necessary number of factors that allow recognizing the structure of an object according to the accepted classification scale. **Object.** The ob-

ject of research is samples of soil layers in order to determine the humus content in the soil. **Materials and methods.** The studies were carried out by analyzing and decomposing the acoustic signal transmitted by an electromechanical transducer to the surface of a vibrator in contact with the analyzed soil, where the acoustic absorption signal is received by a sensor installed on the object. **Results and conclusions.** In order to diagnose soil samples by humus content, the acoustic signal is decomposed into natural components corresponding to various signal sources, therefore, by decomposing the complete signal into orthogonal components - the main and timbre harmonics, it is possible to isolate the informative part of the signal, freeing it from noise interference. The informative signal prepared in this way is subjected to mathematical processing. After restrictions, filtering in the information frequency band and pre-amplification, the time series of signals is decomposed into the acoustic Fourier spectrum and analyzed by the fundamental frequency and highest timbre harmonics of the diagnostic spectrum. The signal is decrypted using the method of potential functions from the theory of pattern recognition into classes of elemental composition of soils. In an experiment with known (reference) classes of objects, the spectra lead to their own central axes, replacing each spectrum with an equivalent application point found by the method of static moments. After obtaining the dividing boundaries, all experimentally obtained pairs of samples with coordinates f_1 – frequency and f_2 – amplitude are plotted on the graph.

Keywords: soils, humus, acoustic signals, Fourier spectrum, composition of soils, classes of elemental composition of soils.

Citation. Lepikhova V. A., Lyashenko N. V. Technology for determining the elemental composition of soils by acoustic signals. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 321-330 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-36.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.42:534.63

ТЕХНОЛОГИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ПОЧВОГРУНТОВ ПО АКУСТИЧЕСКИМ СИГНАЛАМ

Лепихова В. А., кандидат технических наук, доцент
Ляшенко Н. В., кандидат технических наук, доцент

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова
г. Новочеркасск, Российская Федерация

Актуальность. Получение стабильного урожая на сельскохозяйственных полях АПК неразрывно связано с ежегодным проведением агрохимического анализа почв. Одним из показателей качества почвы является содержание гумуса в пахотном слое. Разработка экспресс-анализа по определению содержания гумуса в анализируемых пластах почво-грунтов является целью наших исследований. На данном этапе исследований ставится задача анализа акустического сигнала поглощения и выбором необходимого числа факторов позволяющих осуществлять распознавание структуры объекта по принятой классификационной шкале.

Объект. Объектом исследований являются образцы пластов почво-грунтов с целью определения содержания гумуса в почве. **Материалы и методы.** Исследования выполнялись путем анализа и разложения акустического сигнала, передаваемого электромеханическим преобразователем на поверхность вибратора, контактирующего с анализируемым почво-грунтом, где акустический сигнал поглощения принимается датчиком установленным на объекте. **Результаты и выводы.** В целях диагностики образцов почвогрунтов по содержанию гумуса акустический сигнал разлагается на естественные составляющие, отвечающие различным источникам сигнала, поэтому, разлагая полный сигнал на ортогональные составляющие – основные и тембровые гармоники, можно выделить информативную часть сигнала, освободив ее от шумовых помех. Подготовленный таким образом информативный сигнал подвергается математической обработке. После ограничений, фильтрации в информационной полосе частот и предварительного усиления временной ряд сигналов разлагается в акустический спектр Фурье и анализируется по основной частоте и высшим тембровым гармоникам диагностического спектра. Сигнал дешифрируется с помощью метода потенциальных функций из теории распознавания образов в классы элементного состава почвогрунтов.

В эксперименте с известными (эталонными) классами объектов спектры приводят к собственным центральным осям, заменяя каждый спектр равнодействующей с точкой приложения, найденной методом статических моментов. После получения разделяющих границ на график наносятся все экспериментально полученные пары отсчетов с координатами f_1 – частота и f_2 – амплитуда.

Ключевые слова: почвогрунты, гумус, акустические сигналы, спектр Фурье, состав почвогрунтов, классы элементного состава почвогрунтов.

Цитирование. Лепихова В. А., Ляшенко Н. В. Технология определения элементного состава почвогрунтов по акустическим сигналам. *Известия НВ АУК*. 2024. 1(73). 321-330. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-36.

Авторский вклад. Все авторы данной статьи принимали непосредственное участие в планировании, выполнении исследований или анализе данного исследования. Авторы ознакомились с представленным окончательным вариантом статьи и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Для выполнения агрохимического анализа почв не существует ограничений по времени проведения. Как правило, эти анализы проводятся ежегодно на сельскохозяйственных полях АПК [1]. Это связано с возможностью осуществлять правильный расчет о внесении удобрений в почву для увеличения урожая и одновременно осуществлять оптимизацию расходов в хозяйствах АПК. Следует отметить, что срок отбора почв определяет сельхозпредприятие, но основные исследования проводят во второй половине лета или начала осени, когда удобно определять основные показатели плодородия почвы [2]. Ценность почвы и ее пригодность для возделывания проводится на основании оценки грунтов, которая включает 9 классов для пахотных почв и 6 классов для почв, предназначенных для постоянных пастбищ.

К показателям качества почв относят такие, как: содержание гумуса в пахотном слое; мощность гумусового горизонта; содержание физической глины в пахотном слое; легкий гранулометрический состав, переувлажнение, каменистость и щебнистость и др. Содержание гумуса в почве играет ведущую роль в плодородии почвы и характеризует общее количество органических и органоминеральных веществ [3]. Для определения содержания гумуса в почве, как правило, используют метод Тюрина [4] и поправочные коэффициенты на содержание гумуса для расчета нормативной урожайности зерновых культур. Средняя глубина распространения корней растительности характеризует мощность гумусового слоя и определяется как среднее значение мощности из не менее четырех выработок (разрезов) на основе исследования морфологических признаков.

За последнее десятилетие появились исследования, использующие звуковые ландшафты для решения различных экологических вопросов. Так, например, в Швеции были проведены эксперименты по анализу акустических показателей почвенных звуковых ландшафтов, модулируемые присутствием дождевых червей. Почвы, содержащие дождевых червей, звучат значительно громче, чем почвы без дождевых червей [5]. Анализ вторичных эхосигналов с использованием цифровой обработки позволил получить распределение типов грунтов в заливе Анива [6].

Для экспресс-контроля по содержанию гумуса в почве разработаны алгоритм [7] и устройство, позволяющее с минимальными затратами осуществлять оперативный контроль по анализу почв. Предложенный прибор состоит из узлов усиления и преобразования электрического сигнала, который поступает с измерительных электродов и узлов, формирующих зондирующий сигнал [8], а также включает входной фильтр, усилитель входного сигнала, генератор низкой частоты, амплитудный детектор и аналого-цифровой преобразователь с дисплеем. Принцип определения электрического сопротивления почвы основывается на применении многоэлектродного датчика. Методика по определению содержания гумуса в почве основывается на учете ее электрических свойств. Методика предусматривает измерение электрического сопротивления почвы между группами зондирующих и измерительных электродов [9].

Целью наших исследований является анализ акустического сигнала поглощения, записываемого в виде фонограммы для анализируемых пластов почвогрунтов и, разработка экспресс-анализа с использованием ПЭВМ.

На данном этапе исследований ставятся задачи о перспективности акустического метода при анализе пластов почво-грунтов и, в частности, выбора из предложенного списка параметров минимально необходимого числа факторов и диапазонов их действия для возможности наиболее надежного распознавания структуры объекта по принятой классификационной шкале.

Материалы и методы. Предлагаемый метод основан на анализе акустического сигнала, выполняемого с помощью вибромеханического преобразователя, передающего механические колебания на поверхность анализируемого пласта почво-грунта. Расположенный на пласте грунта датчик реагирует на ускорение материальных частиц гумуса, содержащегося в грунте по убыли кинетической энергии. Далее преобразованный в спектр Фурье сигнал, полученный с эталонных образцов почвогрунтов по содержанию гумуса, обрабатывается с помощью программ распознавания образов с разделением на классы по частотам и амплитудам.

Для того чтобы процесс идентификации был надежным, необходимо выбрать параметры сигнала такие как: частоты зондирующего сигнала, амплитуды и время воздействия сигнала, а также учесть температуру окружающего пространства и анализируемого объекта. Диапазон применяемых частот и способ регистрации зондирующего сигнала играют важную роль для формирования аппаратного и программного обеспечения.

Соответствие местных условий должны быть учтены как при регистрации зондирующих импульсов, так и при записи фонограмм на анализируемых объектах почвогрунтов, так как это позволит обеспечить хорошую разрешающую способность предложенного метода. В случае обнаружения шумовых помех их необходимо подавлять с помощью электрических фильтров или осуществлять переход на другой частотный диапазон регистрации сигнала.

Для того чтобы получить достоверные результаты, необходимо соблюдать ряд требований: подаваемые зондирующие сигналы и записываемые колебания почвогрунтов проводятся на оптимальных уровнях и частотах; запись каждой фонограммы проводится с учетом начала и конца показаний счетчика на магнитном носителе; повторение каждого опыта проводится не менее трех раз, для того чтобы иметь достаточно данных при использовании метода потенциальных функций из теории распознавания образов.

Полученные записи фонограмм поступают на вход анализирующей аппаратуры – персонального компьютера и спектроанализатора. Далее по программе на компьютере анализируемый сигнал, преобразованный на элементарные, физически реальные составляющие, с поправкой на частотную характеристику сигнала с помощью преобразования Фурье разлагается в спектрограммы. Аналоговые спектрограммы используются для мониторинга и позволяют выделить все периодические компоненты в виде гармоник, поскольку на спектрограмме они представлены не распределенными плотностями, а имеют форму тонких столбцов.

Эксперимент с объектом первого класса привел к нормированному распределению Гаусса. Опыты показали, что объект 1-го класса обладает математическим ожиданием спектра с координатами $A_j (f_1, f_2)$, где $j = 1$ – номер класса анализируемого дисперсного объекта (рисунок 1).

Поток непрерывных измерений математического ожидания приводит к разбросу опытных точек не только по частоте f_1 , но и по амплитуде $f_2 = a$, образуя случайную последовательность с некоторым разбросом возле математического ожидания, т.е. дисперсией у точки A_1 . Соседний, второй класс, как оказалось, имеет математическое ожидание в точке A_2 и большую дисперсию. Непрерывный поток измерений, приводит тому, что разброс экспериментальных значений имеет для объекта A_2 большую дисперсию, чем у объекта 1-го класса. Из (рисунок 1) следует, что классы 1 и 2 пересекаются, т.е. имеют нахлест друг на друга. Граница между соседними 1 – м и 2 – м классами будут иметь, вообще говоря, криволинейную форму (1–2). При анализе отнесения предъявленных грунтов к первому или второму классу мы аппроксимировали проведенную границу полиномами Эрмита, ограничивалась первыми двумя членами, т.е. полагали границу между классами 1, 2 в виде линейной функции (1-2 lin). Такая аппроксимация допустима на небольшом расстоянии от точек A_1 и A_2 , поэтому вычисленные границы распространяются лишь на небольшую часть пространства признаков вблизи разбросанных эмпирических точек. Распространение линейных границ в обе стороны до бесконечности не могут быть интерпретированы как границы классов 1-2, т.к. представляют экстраполяцию местных свойств пространства признаков.

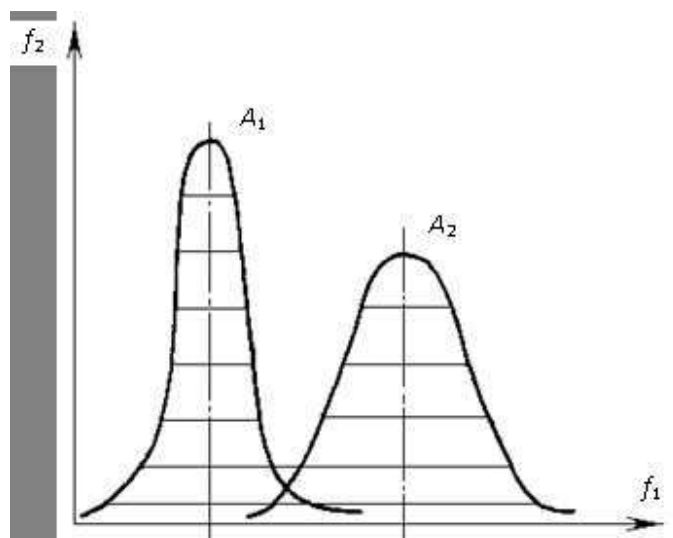


Рисунок 1 – Граница, разделяющая два смежных нормированных гауссовских распределения
(в безразмерной форме f_1 и f_2)

Figure 1 – The boundary separating two adjacent normalized Gaussian distributions
(in dimensionless form f_1 and f_2)

Окружности на (рисунок 2) соответствуют горизонталям функций для нормированных Гауссовских распределений в безразмерной форме. В общем случае горизонтали на (рисунок 2) будут не окружностями, а эллипсами или более сложными "овалями". Используя свойства избыточности информации в распределении случайных измерений, мы можем утверждать, что обработку экспериментальных замеров можно выполнять с абсолютными значениями признаков и в натуральных размерностях f_1 (kHz) и f_2 (mV) (как при записи одностороннего спектра Фурье при перенесении отрицательных по частоте гармоник в правую часть, используя также принцип симметрии амплитуд спектра Фурье относительно начала координат).

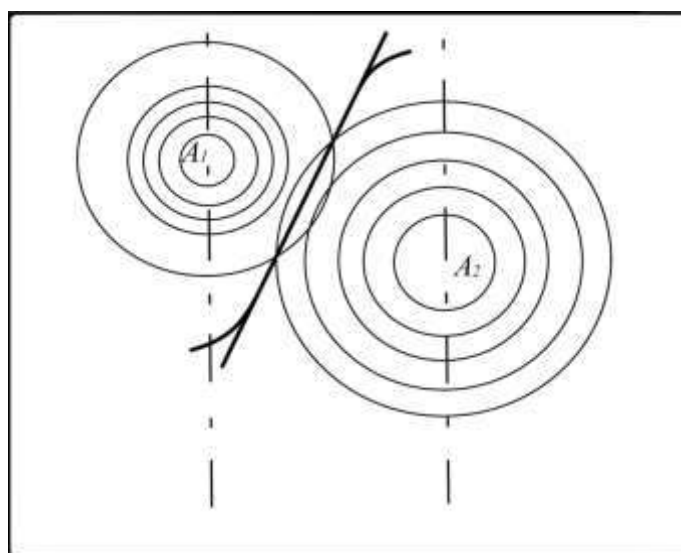


Рисунок 2 – Линейная аппроксимация разделяющей границы
Figure 2 – Linear approximation of the dividing boundary

Законность предложенного приема подтверждается также тем, что при изменении знаков отрицательных гармоник кинетическая энергия, будучи квадратичной формой, остается инвариантной при преобразовании знака акустического сигнала и в результате декодирования спектра по принадлежности объекта к тому или иному классу.

Результаты и обсуждение. Программы распознавания образов по методу потенциальных функций обеспечивают сходимость итерационного процесса в случае непересекающихся классов образов [10]. Дисперсный объект по своему неравномерному и неоднородному составу не только не гарантирует отсутствие пересечения классов, но даже обуславливает перехлест образов в пространстве классов. Поэтому в процессе алгоритмической обработки сигналов распознаваемых дисперсных объектов, после разложения их фонограмм на элементарные составляющие Фурье спектра, приводятся путем линейного преобразования координат к собственным центральным осям или к осям близким к собственным центральным.

Это дает не только гарантию сходимости итерационного процесса, но также обеспечивает наиболее быстрый результат отнесения анализируемых дисперсных объектов к стандартным классам [11, 12]. Так, например, один и тот же дисперсный объект при непосредственной обработке для случайных осей часто требует около 20000 и более итераций, а при приведении к собственным центральным осям заканчивается после 35 итераций.

Переход к собственным центральным осям производится по формулам:

$$\left. \begin{aligned} \bar{f}_o &\cong \bar{f}_o = \frac{\bar{a}_1 \bar{f}_1 + \bar{a}_2 \bar{f}_2 + \bar{a}_3 \bar{f}_3 + \bar{a}_4 \bar{f}_4}{\bar{a}_1 + \bar{a}_2 + \bar{a}_3 + \bar{a}_4}; \\ \sum a &= \bar{a}_c = \bar{a}_o = \frac{\bar{a}_1 + \bar{a}_2 + \bar{a}_3 + \bar{a}_4}{4}, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где $\bar{a}_1; \bar{a}_2; \bar{a}_3; \bar{a}_4$ и $\bar{f}_1; \bar{f}_2; \bar{f}_3; \bar{f}_4$ соответственно амплитуды (mV) и частоты (kHz) гармоник спектра в случайных координатных осях.

После перехода к собственным центральным осям вычисляются коэффициенты разделяющих функций [1].

$$\left. \begin{aligned} D_1(f_1, f_2) &= A_1 + B_{11} \cdot f_1 + B_{12} \cdot f_2 = 0; \\ D_2(f_1, f_2) &= A_2 + B_{21} \cdot f_1 + B_{22} \cdot f_2 = 0; \\ D_3(f_1, f_2) &= A_3 + B_{31} \cdot f_1 + B_{32} \cdot f_2 = 0; \\ D_4(f_1, f_2) &= A_4 + B_{41} \cdot f_1 + B_{42} \cdot f_2 = 0. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

и границы классов

$$\left. \begin{aligned} f_1^{(1-2)} &= \frac{-(A_1 - A_2) - (B_{12} - B_{22}) \cdot f_2}{(B_{11} - B_{21})}; \\ f_1^{(2-3)} &= \frac{-(A_2 - A_3) - (B_{22} - B_{32}) \cdot f_2}{(B_{21} - B_{31})}; \\ f_1^{(3-4)} &= \frac{-(A_3 - A_4) - (B_{32} - B_{42}) \cdot f_2}{(B_{31} - B_{41})}. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

В этих формулах: $D_1(f_1, f_2); D_2(f_1, f_2); D_3(f_1, f_2); D_4(f_1, f_2)$ – разделяющие функции; $A_1; A_2; A_3; A_4$ – свободные члены из матрицы коэффициентов разделяющих функций; $B_{12}; B_{22}; B_{32}$ и т.д. – коэффициенты разделяющих функций при неизвестных f_1 и f_2 . В данном примере в качестве неизвестных выступают частота (kHz) и амплитуда (mV).

Согласно намеченной и утвержденной программе исследований на первом этапе анализа предъявленные фонограммы были преобразованы с помощью спектроанализатора СК4 – 56 в узкополосный аналоговый спектр Фурье в диапазоне частот 10 Hz – 4 kHz.

По программе распознавания образов проводилась идентификация почвогрунтов по содержанию гумуса [13]. Выполнялась обработка спектрограмм, каждая из которых соответствует определенному содержанию гумуса в процентном отношении, и одна из них при-

ведена на (рисунок 3). После обработки восьми спектрограмм с выделением подспектров и формирования пакета данных по приведенной методике осуществлялся переход к центральным (локальным) координатам согласно формулам (1):

$$\bar{f}_o \equiv \bar{f}_o = \frac{\bar{a}_1 \bar{f}_1 + \bar{a}_2 \bar{f}_2 + \bar{a}_3 \bar{f}_3 + \bar{a}_4 \bar{f}_4 + \bar{a}_5 \bar{f}_5 + \bar{a}_6 \bar{f}_6 + \bar{a}_7 \bar{f}_7 + \bar{a}_8 \bar{f}_8}{\bar{a}_1 + \bar{a}_2 + \bar{a}_3 + \bar{a}_4 + \bar{a}_5 + \bar{a}_6 + \bar{a}_7 + \bar{a}_8} =$$

$$\frac{366 \cdot 1,149 + 374 \cdot 1,249 + 442 \cdot 1,198 + 339 \cdot 1,186 + 560 \cdot 1,126 + 583 \cdot 1,098 + 400 \cdot 1,259 + 481 \cdot 1,116}{3545} =$$

$$= \frac{4130,32}{3545} = 1,165 \text{ kHz};$$

$$\sum a = \bar{a}_c = \bar{a}_o = \frac{\bar{a}_1 + \bar{a}_2 + \bar{a}_3 + \bar{a}_4 + \bar{a}_5 + \bar{a}_6 + \bar{a}_7 + \bar{a}_8}{8} = \frac{366 + 374 + 442 + \dots + 481}{8} = 443,125 \text{ mV}.$$

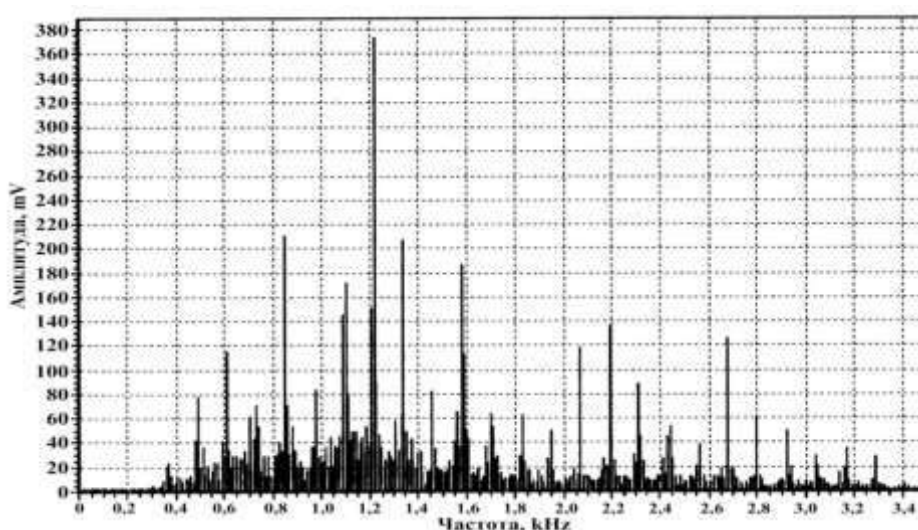


Рисунок 3 – Спектрограмма «почво-грунта» по содержанию гумуса
Figure 3 – Spectrogram of "soil" by the content of humus

По координатам начала локального базиса вычисляем входные данные для нахождения амплитуд и частот значений f и a приведенных к общим центральным осям:

$$a_{ci} = a_i - \bar{a}_0;$$

$$a_{c1} = a_1 - \bar{a}_0 = 366 - 443,125 = -77,125 \text{ mV};$$

$$a_{c2} = a_2 - \bar{a}_0 = 374 - 443,125 = -69,125 \text{ mV};$$

$$\vdots$$

$$a_{c8} = a_8 - \bar{a}_0 = 481 - 443,125 = +37,875 \text{ mV}.$$

Аналогично находятся приведенные значения осредненных частот:

$$f_{ci} = f_i - \bar{f}_0;$$

$$f_{c1} = f_1 - \bar{f}_0 = 1,149 - 1,165 = -0,016 \text{ kHz};$$

$$f_{c2} = f_2 - \bar{f}_0 = 1,249 - 1,165 = 0,084 \text{ kHz};$$

$$\vdots$$

$$f_{c8} = f_8 - \bar{f}_0 = 1,116 - 1,165 = -0,049 \text{ kHz}.$$

Эти 8 пары входных данных a_i и f_i для восьми классов дисперсных объектов в порядке возрастания или убывания амплитуд или частот вводят в качестве матрицы признаков в программу опознавания образов, которая выдает на печать (для контроля) число итераций необходимых для получения коэффициентов разделяющих функций и уравнений. Графическое изображение границ классов с наложенными на график границами экспериментальных точек продемонстрировано на (рисунок 4).

Если принять, что анализируемые 8 пластов являются утвержденными классами, то для отнесения любого незнакомого дисперсного объекта к одному из классов необходимо выполнить предварительную обработку фонограммы этого пласта до получения матрицы признаков т.е. a_{ci} и f_{ci} .

(116,875; -0,039) •			VIII
(37,875; -0,099) •	55,2	7-8	VII
-0,25	6-7	(-1,125; 0,033) •	VI
-1,2	5-6	(-39,250; 0,092) •	V
-40	4-5	(-43,125; 0,094) •	IV
-53	3-4	(-56,234; 0,079) ▲ (-69,125; 0,084) •	III
-70	2-3	(-77,125; -0,016) •	II
-86	1-2	(-104,125; 0,021) •	I

Рисунок 4 – Границы разделяющих классов для почво-грунтов

Figure 4 – Boundaries of separating classes for soils

Так, для обработанных спектрограмм, одна из которых, например, подобна приведенной на (рисунок 3); получаем $a_{c4} = -56,234$, $f_{c4} = 0,079$ и наносим эту точку на графике (рисунок 4) и определяем, что предъявленный объект по содержанию гумуса относится к 3 классу. Аналогичным образом определялись положения остальных экспериментальных точек.

Заключение. Акустическая методика распознавания классов объектов с применением теории распознавания образов в виде алгоритма потенциальных функций делает возможным анализ пластов почвогрунтов с разделением на 8-10 классов. Такое разделение более надёж-

но, так как увеличение классов разделения может не давать требуемую разрешающую способность используемой аппаратуры. Выбор регистрирующей аппаратуры зависит от поставленных задач при проведении экспериментов и регистрации акустических сигналов, таких как частота и ширина полосы принятия сигнала. Эти требования удовлетворяются при выполнении специальных экспериментов. Эффект Доплера может быть применен для увеличения разрешающей способности, но для этого необходимо выполнить ряд исследований. Для гарантии сходимости процесса разбиения признаков пространства на классы можно рекомендовать следующий прием. В эксперименте с известными (эталонными) классами объектов спектры приводят к собственным центральным осям, заменяя каждый спектр равнодействующей с точкой приложения, найденной методом статических моментов. После получения разделяющих границ на график наносятся все экспериментально полученные пары отсчетов с координатами f_1 и f_2 и устанавливают допустимость размеров зон наложения (пересечения) соседних классов.

Conclusions. The acoustic method of recognition of classes of objects using the theory of pattern recognition in the form of an algorithm of potential functions identifies layers of soils divided into 8-10 classes. Such separation is more reliable, since increasing the separation classes may not give the required resolution of the equipment used. The choice of recording equipment depends on the tasks set when conducting experiments and recording acoustic signals, such as the frequency and bandwidth of signal reception. These requirements are met when performing special experiments. The Doppler Effect can be applied to increase the resolution, but for this it is necessary to perform a number of studies. To guarantee the convergence of the process of dividing the features of a space into classes, the following technique can be recommended. In an experiment with known (reference) classes of objects, the spectra lead to their own central axes, replacing each spectrum with an equivalent application point found by the method of static moments. After obtaining the dividing boundaries, all experimentally obtained pairs of samples with coordinates f_1 and f_2 are plotted on the graph and the size of the overlapping zones (intersections) of neighboring classes is established.

Библиографический список

1. Шевкопляс-Гурьева Н. А., Сивкова Г. А. Определение содержания органического вещества (гумуса) и обменной кислотности почвы. Безопасность жизнедеятельности. 2019. № 5 (221). С. 57-60.
2. Самсонова В. П., Кондрашкина М. И. Анализ данных определения содержания органического углерода разными методами. Проблемы агрохимии и экологии. 2023. № 1. С. 43-46.
3. Сухановский Ю. П., Прущик А. В., Тарасов С. А. и др. Оценка содержания гумуса в почве ключевых участков агролесоландшафтного комплекса. Международный сельскохозяйственный журнал. 2023. № 5 (395). С. 502-505.
4. Асварова Т. А., Гасанов Г. Н., Гаджиев К. М. и др. Запасы азота и углерода в почвах Терско-Кумской низменности. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2021. № 3. С. 33-40.
5. Keen S. C., Wackett A. A., Willenbring J. K., Yoo K., Jonsson H., Clow T., Klaminder J. Non-native species change the tune of tundra soils: Novel access to soundscapes of the Arctic earthworm invasion. Science of the Total Environment. 2022. V. 838. Part 3. Article 155976.
6. Королёв В. А., Громовик А. И. К вопросу о расчёте содержания гумуса в почвах разного типа. Вестник Воронежского государственного университета. Серия Химия. Биология. Фармация. 2018. № 2. С. 152-156.
7. Курашева А. В., Маркова Г. А. Алгоритм определения содержания гумуса в почве и его влияние на плодородие почв. Национальные приоритеты развития агропромышленного комплекса: материалы национальной научно-практической конференции с международным участием. Оренбург: ООО Типография «Агентство Пресса», 2022. С. 1146-1149.
8. Кудрявцева Е. А., Судник Ю. А. Устройство для определения содержания гумуса в почве. Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина". 2018. № 2 (84). С. 67-69.
9. Кудрявцева Е. А., Судник Ю. А. Методика проведения экспресс-контроля и мониторинга содержания гумуса в почве. Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина". 2018. № 3 (85). С. 69-73.
10. Мирзаева Г. Р., Мирзаев Н. М. Модели алгоритмов распознавания, основанных на двумерных пороговых функциях близости. Проблемы вычислительной и прикладной математики. 2021. № 4 (34). С. 139-147.
11. Ding B., Zhang, Wang C., Liu G., Liang J., Hu R., Wu Y., Guo D. Acoustic scene classification: A comprehensive survey. Expert Systems with Applications. 2023. V. 238. Part B. Article 121902.
12. Волосова А. В. Метод потенциальных функций в задачах распознавания образов. Достоинства и недостатки. Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2018. № 3. С. 45-48.
13. Евтушенко С. И., Лепихова В. А., Ляшенко Н. В., Рябоус А. Ю. Акустический экспресс-анализ качественного и количественного состава почв при строительных работах. Строительство и архитектура. 2021. Т. 9. № 4. С. 51-55.

References

1. Shevkoplyas-Gur'eva N. A., Sivkova G. A. Determination of content of organic substance (humus) and exchange acidity of the soil. Life safety. 2019. No. 5(221). Pp. 57-60.
2. Samsonova V. P., Kondrashkina M. I. Analysis of data for determining of soil organic carbon content by different methods. Problems of agrochemistry and ecology. 2023. No. 1. Pp. 43-46.
3. Suhanovskij Yu. P., Prushchik A. V., Tarasov S. A. et al. Assessment of humus content in the soil of key areas of the agroforestry landscape complex. International Agricultural Journal. 2023. No. 5 (395). Pp. 502-505.
4. Asvarova T. A., Gasanov G. N., Gadzhiev K. M. et al. Nitrogen and carbon reserves in the soils of the Terek-Kuma lowland. Bulletin of the Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology. 2021. No. 3. Pp. 33-40.
5. Keen S. C., Wackett A. A., Willenbring J. K., Yoo K., Jonsson H., Clow T., Klaminder J. Non-native species change the tune of tundra soils: Novel access to soundscapes of the Arctic earthworm invasion. Science of the Total Environment. 2022. V. 838. Part 3. Article 155976.
6. Korolev V. A., Gromovik A. I. On the issue of calculating the humus content in soils of different types. Bulletin of the Voronezh State University. Chemistry series. Biology. Pharmacy 2018. No. 2. Pp. 152-156.
7. Kurasheva A. V., Markova G. A. The algorithm for determining the humus content in the soil and its effect on soil fertility. National priorities for the development of the agro-industrial complex: materials of the national scientific and practical conference with international participation. Orenburg: Agency Press, 2022. Pp. 1146-1149.
8. Kudryavceva E. A., Sudnik Yu. A. A device for determining the humus content in the soil. Bulletin of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Moscow State Agroengineering University named after V. P. Goryachkin". 2018. No. 2 (84). Pp. 67-69.
9. Kudryavceva E. A., Sudnik Yu. A. Methodology of express control and monitoring of humus content in soil. Bulletin of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin". 2018. No. 3 (85). Pp. 69-73.
10. Mirzaeva G. R., Mirzaev N. M. Models of recognition algorithms based on two-dimensional proximity threshold functions. Problems of computational and applied mathematics. 2021. № 4 (34). Pp. 139-147.
11. Ding B., Zhang, Wang C., Liu G., Liang J., Hu R., Wu Y., Guo D. Acoustic scene classification: A comprehensive survey. Expert Systems with Applications. 2023. V. 238. Part B. Article 121902.
12. Volosova A. V. The method of potential functions in image recognition problems. Advantages and disadvantages. Modern science: actual problems of theory and practice. Series: Natural and Technical Sciences. 2018. No. 3. Pp. 45-48.
13. Evtushenko S. I., Lepikhova V. A., Lyashenko N. V., Ryabous A. Yu. Acoustic express analysis of qualitative and quantitative composition of soils during construction works. Construction and Architecture. 2021. Part 9. No. 4. Pp. 66-70.

Информация об авторах

Лепихова Виктория Анатольевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Экология и промышленная безопасность», Южно-Российский государственный политехнический университет имени М. И. Платова (Российская Федерация, 346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, д.132), e-mail: odejnaya@rambler.ru

Ляшенко Надежда Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Экология и промышленная безопасность», Южно-Российский государственный политехнический университет имени М. И. Платова (Российская Федерация, 346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, д. 132), e-mail: lyashenko-nadegda@mail.ru.

Author's Information

Lepikhova Victoria Anatolyevna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Department of Ecology and Industrial Safety, Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI) (Russian Federation, 346428, Rostov region, Novocherkassk, Prosveschenia st., 132), e-mail: odejnaya@rambler.ru

Lyashenko Nadezhda Vladimirovna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Department of Ecology and Industrial Safety, Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI) (Russian Federation, 346428, Rostov region, Novocherkassk, Prosveschenia st., 132), e-mail: lyashenko-nadegda@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-37

TECHNOLOGICAL PROCESS OF WATER INTAKE WITH LAYERED DRAINAGE

Mayer A. V., Penkova R. I.

*Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakova
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: vkovniigim@yandex.ru

Received 27.12 2023

Submitted 20.01.2024

Summary

This article is aimed at the analysis and creation of new reclamation systems for irrigation of agricultural products associated with climate risk. The scientific novelty is determined in the solution of the proposed irrigation system with a submersible water intake device.

Abstract

Introduction. The optimal value of the water temperature for irrigation is 18... 22 degrees. The temperature of the water from the well does not exceed the threshold of 7... 9 degrees. This will not benefit the plants. According to scientists, the temperature difference between soil and water for irrigation should not exceed 5 degrees. Therefore, it is advisable not only to measure the temperature of the water, but also to ensure that