

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2019, №4, Том 11 / 2019, No 4, Vol 11 <https://esj.today/issue-4-2019.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/51SAVN419.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Бенин Д.М., Снежко В.Л. Оценка состояния земель мелиоративных систем методами кластерного анализа // Вестник Евразийской науки, 2019 №4, <https://esj.today/PDF/51SAVN419.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:

Benin D.M., Snejko V.L. (2019). Assessment of land reclamation systems by cluster analysis methods. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 4(11). Available at: <https://esj.today/PDF/51SAVN419.pdf> (in Russian)

УДК 626.8:519.257

Бенин Дмитрий Михайлович

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет –
Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева», Москва, Россия
Доцент кафедры «Информационных технологий в АПК»
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: Dmitrij552@mail.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=708496

Снежко Вера Леонидовна

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет –
Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева», Москва, Россия
Заведующая кафедрой «Информационных технологий в АПК»
Доктор технических наук, профессор
E-mail: vl_snejko@mail.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=696880

Оценка состояния земель мелиоративных систем методами кластерного анализа

Аннотация. Создание классификации субъектов Российской Федерации, основанное на обобщенной оценке состояния орошаемых земель, расположенных в пределах их территории, является актуальной задачей для разработки приоритетных направлений инвестиционной политики мелиоративного комплекса страны. Приведена и проанализирована динамика площади мелиорируемых земель за 2015–2017 годы. Рассмотрены методы оценки мелиоративного состояния земель. Приведены современные аспекты организации учета мелиоративных земель в составе государственного учета. Данные официальной статистики по площади и мелиоративному состоянию орошаемых земель в 75 субъектах Российской Федерации были обработаны методами кластерного анализа. Каждый субъект описывался тремя переменными количественного типа, соответствующими долям земель неудовлетворительного, удовлетворительного и хорошего мелиоративного состояния в общей площади орошаемых земель субъекта. Это позволило не использовать процедуру стандартизации переменных и обеспечило сопоставимость данных для различных территорий. Общий объем массива данных включал 225 элементов. В результате кластерного анализа субъекты были сгруппированы по принципу минимальной внутригрупповой дисперсии и максимальной межгрупповой дисперсии. Качество классификации было проверено по статистическим критериям. Каждый из субъектов был отнесен к одному из трех кластеров: первый кластер – преимущественно неудовлетворительное состояние орошаемых земель (20 объектов), второй кластер – преимущественно удовлетворительное состояние (27 объектов), третий кластер – преимущественно хорошее состояние (28 объектов). Классификация

выполнена как для всех субъектов, входящих в состав Российской Федерации, так и для субъектов, входящих в каждый из федеральных округов. Результаты классификации могут быть использованы для целей управления фондом мелиорируемых земель на федеральном и региональном уровнях.

Ключевые слова: мелиорация; техническое состояние мелиоративных систем; орошаемые земли; классификация; кластерный анализ

Введение

По официальным данным Росреестра Российской Федерации о наличии и распределении земель за 2016–2018 гг. общая площадь земель сельскохозяйственного назначения на начало 2018 года составляла 383227,7 тыс. га. Из них сельскохозяйственные угодья занимали 197785,1 га или 51,6 %. В их структуре наибольшая доля принадлежала пашне (59 %), 29 % составляли пастбища, 9 % приходилось на площадь сенокосов, 2 % и 1 % были заняты залежью и насаждениями.

Создание рациональной системы земледелия в России невозможно без применения интенсивного метода производства сельскохозяйственной продукции. Согласно ГОСТ 26640-85 (СТ СЭВ 4472-84) «Земли. Термины и определения» к орошаемым землям относятся «земли, пригодные для сельскохозяйственного использования и полива, на которых имеется оросительная сеть, связанная с источником орошения, водные ресурсы которого обеспечивают полив этих земель». Новые государственные стандарты по мелиорации понимают под орошением земель «мелиоративное мероприятие, осуществляемое путем подачи воды из водного источника (наземного или подземного) в целях регулирования водного и связанных с ним воздушного, солевого и др. режимов почвы»^{1,2}. Одной из характеристик земель, используемых или вовлекаемых в сельскохозяйственное производство, является наличие мелиоративной сети, которая значительно повышает качество участков и способна снизить риски, связанные почвенно-климатическими условиями [1].

На начало 2018 года общая площадь мелиорируемых земель в Российской Федерации составила 11255 тыс. га, из которых 41 % занимали орошаемые и 58 % осушаемые земли. Анализ современного состояния мелиорированных земель свидетельствует об ухудшении инженерного состояния оросительных и осушительных систем, связанного с износом большей части основных фондов [2]. Планирование развития мелиорации земель сельскохозяйственного назначения для ряда регионов Российской Федерации должно производиться с учетом возможностей восстановления существующих мелиоративных систем и возможной оптимизацией параметров оросительных сетей [3].

В процессе эксплуатации оросительных систем контролируется ряд показателей, характеризующих качество орошаемых земель: режим грунтовых вод, солевой режим, водно-физические свойства и водно-воздушный режим почв, качество подземных вод и т. д. Мелиоративное состояние земель, выявляемое в результате их мониторинга, может оцениваться как хорошее, удовлетворительное и неудовлетворительное [4]. На землях, мелиоративное состояние которых расценивается как хорошее, не наблюдается снижение плодородия почвы, водно-воздушный и солевой режим не нарушены. На землях, имеющих

¹ ГОСТ Р 58330.1-2018 Мелиорация. Мелиоративные системы и сооружения. Классификация. М.: Стандартинформ, 2019. 12 с.

² ГОСТ Р 58330.2-2018 Мелиорация. Виды мелиоративных работ и мероприятий. Классификация. М.: Стандартинформ, 2019. 31 с.

удовлетворительное мелиоративное состояние, возможны слабые проявления засоления и осолонцевания при сохранении допустимого уровня залегания грунтовых вод.

В Министерство сельского хозяйства РФ федеральные государственные бюджетные учреждения по мелиорации земель и сельскохозяйственному водоснабжению предоставляют кадастровые формы показателей по оценке и учету мелиоративного состояния земель и технического состояния мелиоративных систем, а производители сельскохозяйственной продукции предоставляют формы со сведениями о площадях мелиорируемых земель за счет проведения мелиоративных мероприятий. На основании собранных данных ежегодно формируется Мелиоративный кадастр России. В дальнейшем собранные сведения служат для выявления деградации и загрязнения почв с целью их своевременного устранения [5].

Современные аспекты организации учета мелиорированных земель в составе государственного учета земель представлены в работе³. Учет мелиорированных земель производится не только Министерством сельского хозяйства РФ, но и Росреестром, а также Федеральной службой государственной статистики РФ. Ежегодно Росреестр выпускает Государственный (национальный) доклад «О состоянии и использовании земель в Российской Федерации», а Росстат формирует соответствующие статистические отчеты. Источниками информации для доклада являются сведения организаций и граждан, занимающихся производством сельскохозяйственной продукции, о наличии у них земель, а также сведения о площадях мелиорируемых земель.

Для решения задач федерального и регионального управления фондом мелиорируемых земель, а также формирования приоритетных направлений инвестиционной политики по повышению технического уровня мелиоративных систем и сохранению плодородия мелиорируемых земель актуальным вопросом является создание обобщенной классификации субъектов Российской Федерации по мелиоративному состоянию земель. С этой целью авторами была предложена методика классификации федеральных округов Российской Федерации и субъектов, входящих в их состав, основанная на обобщенной оценке орошаемых земель, расположенных в пределах их территории [6].

Материалом исследований стал массив статистических данных по состоянию орошаемых земель на 1 января 2018 года в разрезе федеральных округов и областей (в т. ч. краев и республик), входящих в их состав. Источниками информации были данные Приложения 6 к Национальным докладам «О состоянии и использовании земель в Российской Федерации» за 2015, 2016 и 2017 годы. Обобщенные данные по состоянию орошаемых земель в Российской Федерации за 2016–2018 годы приведены в таблице 1.

В общей структуре орошаемых земель 47 % площади находились в хорошем состоянии, 28 % в удовлетворительном и 26 % в неудовлетворительном состоянии. За период 2016–2018 гг. это соотношение оставалось практически постоянным. Повышение технического уровня необходимо на 80 % площади оросительных мелиоративных систем. Состояние орошаемых земель значительно ухудшают недопустимый уровень грунтовых вод и недопустимая степень засоления почв. В общей площади орошаемых земель их доля составляет порядка 18 %.

Распределение площади орошаемых земель по федеральным образованиям крайне неравномерно. В первую очередь это связано с различием в природно-климатических условиях регионов. Среди 8-ми федеральных округов орошаемое земледелие преобладает в Южном, Северо-Кавказском и Приволжском округах.

³ Акопян А.В., Слабунов В.В., Власов М.В. Правила учета мелиорированных земель: прошлое и настоящее // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2016. № 3(23). С. 219–237. Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=424&id=438>.

Таблица 1

Оценка состояния орошаемых земель в Российской Федерации

На 01.01	Общая площадь, тыс. га	Оценка состояния			Площади, на которых требуется	
		хорошее	удовлетворительное	неудовлетворительное	улучшение земель и технического уровня мелиоративных систем	из них повышение технического уровня мелиоративных систем
2016	4655,5	2176	1325,6	1153,9	2551,5	2004,2
2017	4659,7	2168,8	1333,9	1157	2568,9	2075,3
2018	4658,7	2172,7	1340,8	1145,2	2610,1	2101,1

Составлено авторами

Площади орошаемых земель здесь составляют 32 %, 22 % и 19 % от общей орошаемой площади в Российской Федерации, в то время как в Уральском или Дальневосточном округе это всего лишь 3 % и 2 %. Это обстоятельство необходимо было учесть при выборе типов переменных в классификационной модели.

Методы исследований

Для решения задачи классификации предложено использование одного из методов интеллектуального анализа данных (Data Mining), нашедшего применение при обработке массивов информации в геологии [7], гидрогеологии, биологических и экономических науках [8], а именно кластерного анализа.

При выполнении кластерного анализа субъекты группировались по принципу максимального сходства внутри кластера (минимальной внутригрупповой дисперсии) и максимальных различий между кластерами (максимальной межгрупповой дисперсии) [9]. Число кластеров было задано заранее и равно трем. В первом из кластеров общая характеристика состояния орошаемых земель «Преимущественно неудовлетворительное», во втором кластере «Преимущественно удовлетворительное», в третьем «Преимущественно хорошее». Для кластеризации использован метод k -средних, относящийся к итеративным методам классификации.

Для сопоставимости данных исходный массив, представленный общей площадью орошаемых земель (тыс. га) субъектов, входящих в федеральные округа, и ее детализацией по состоянию земель (хорошее, удовлетворительное, неудовлетворительное), был преобразован в процентные соотношения по зависимости:

$$x_{ij} = \frac{S_{ij}}{S_{j\Sigma}} \quad (1)$$

где j – номер субъекта ($j = 1..75$); i – индекс, соответствующий состоянию орошаемых земель ($i = 1$ при неудовлетворительном состоянии, $i = 2$ при удовлетворительном состоянии, $i = 3$ при хорошем состоянии); S_{ij} – площадь орошаемых земель j -того субъекта, соответствующая оценке мелиоративного состояния i ; $S_{j\Sigma}$ – общая площадь орошаемых земель j -того субъекта.

Каждый субъект описывался с помощью набора переменных количественного типа X_1 , X_2 , X_3 . Общий объем массива исходных данных составил 225 элементов с пределом изменения значений каждого элемента от 0 (отсутствие земель с данным видом оценки их состояния) до 1 (все земли субъекта находятся в одном состоянии). Это позволило не использовать процедуру стандартизации переменных в дальнейших расчетах.

Результаты и обсуждение

Вычисления были выполнены в пакете STATISTICA, использована первоначальная сортировка расстояний между объектами и выбраны наблюдения на постоянных интервалах. Каждый из трех кластеров охарактеризован набором усредненных показателей⁴. Описательные статистики кластеров приведены в таблице 2. Средние значения в кластерах приведены на рисунке 1.

Таблица 2

Описательные статистики кластеров

Кластер	Число объектов	Переменная	Среднее значение	Дисперсия
Кластер 1	20	X_1	0,715	0,024
		X_2	0,209	0,016
		X_3	0,075	0,006
Кластер 2	27	X_1	0,224	0,020
		X_2	0,644	0,025
		X_3	0,134	0,021
Кластер 3	28	X_1	0,059	0,005
		X_2	0,168	0,015
		X_3	0,773	0,022

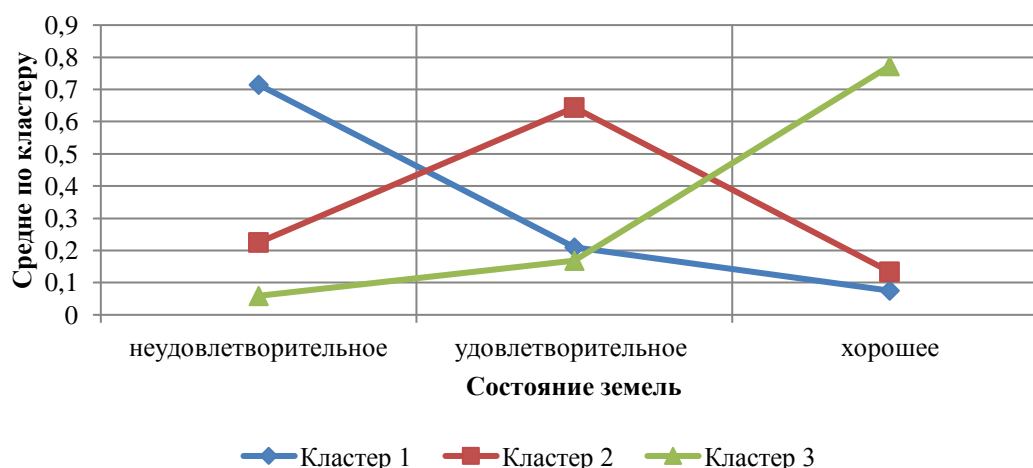


Рисунок 1. Средние значения в кластерах по Российской Федерации в целом (разработано авторами)

Евклидово расстояние между кластерами представляло собой геометрическое расстояние в многомерном пространстве и характеризовало степень близости между объектами в кластерном анализе [10]. Расстояние между кластерами 1–2 было равно 0,381, кластерами 1–3 0,544 и кластерами 2–3 0,470. Качество группировки проверено с помощью гипотезы о неравенстве дисперсии между кластерами и внутри кластеров с использованием F -критерия (критерия Фишера). Уровень значимости для каждого кластера был много меньше 0,05. Предложенная классификация признана корректной.

Кластерный анализ позволил разделить субъекты Российской Федерации на три класса, элементам которых поставлено в соответствие определенное соотношение площади орошаемых земель, находящихся в хорошем, удовлетворительном и неудовлетворительном состояниях. Графическое представление кластеров в проекциях на оси переменных X_1 и X_2

⁴ Бериков В.Б., Лбов Г.С. Современные тенденции в кластерном анализе: отчет по гранту № 08-07-00136а [Электронный ресурс] // Институт математики им. С.Л. Соболева. 2009. Режим доступа: <http://www.ict.edu.ru/ft/005638/62315e1-st02.pdf>.

представлено на рисунке 2. Детализация разнесения субъектов по кластерам приведена в таблице 3.

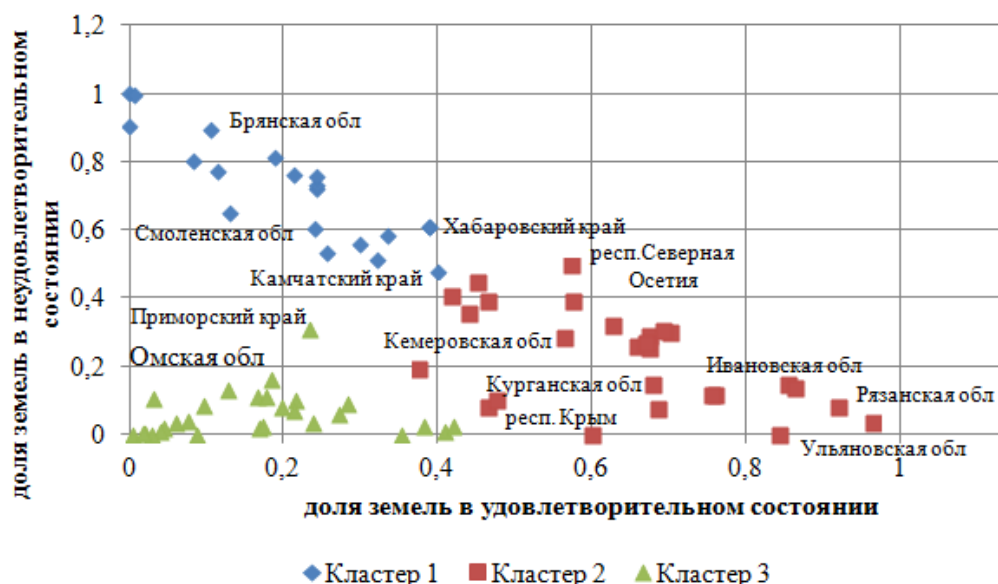


Рисунок 2. Кластеризация субъектов РФ по состоянию орошаемых земель, расположенных на их территории (разработано авторами)

Таблица 3

Классификация субъектов РФ по состоянию орошаемых земель

Кластер 1 «Преимущественно неудовлетворительное состояние»	Кластер 2 «Преимущественно удовлетворительное состояние»	Кластер 3 «Преимущественно хорошее состояние»
Брянская обл. Московская обл. Смоленская обл. Калининградская обл. Псковская обл. г. Санкт-Петербург респ. Калмыкия Респ. Дагестан Респ. Ингушетия Чеченская респ. Республика Марий Эл Республика Татарстан Тюменская обл. Челябинская обл. Красноярский край Томская область Республика Саха (Якутия) Камчатский край Хабаровский край Магаданская область	Белгородская обл. Владимирская обл. Ивановская обл. Орловская обл. Рязанская обл. Тверская обл. Тульская обл. Архангельская обл. Вологодская обл. Ленинградская обл. Новгородская обл. респ. Адыгея респ. Крым Астраханская обл. Ростовская обл. Кабардино-Балкарская респ. Респ. Северная Осетия-Алания Удмуртская Республика Кировская область Ульяновская область Курганская обл. Свердловская обл. Республика Бурятия Республика Тыва Забайкальский край Кемеровская область Еврейская авт. область	Воронежская обл. Калужская обл. Курская обл. Липецкая обл. Тамбовская обл. Ярославская обл. Краснодарский край Волгоградская обл. г. Севастополь Карачаево-Черкесская респ. Ставропольский край Республика Башкортостан Республика Мордовия Чувашская Республика Пермский край Нижегородская область Оренбургская область Пензенская область Самарская область Саратовская область Республика Алтай Республика Хакасия Алтайский край Иркутская область Новосибирская область Омская область Приморский край Амурская область

Составлено авторами

Первый из кластеров с общей характеристикой состояния орошаемых земель «Преимущественно неудовлетворительное» включал 20 субъектов Российской Федерации из 75 (27 %), во втором кластере с состоянием «Преимущественно удовлетворительное» было расположено 27 субъектов (36 %), в третьем кластере с состоянием «Преимущественно хорошее» было расположено 28 субъектов (37 %).

Аналогичным методом были классифицированы субъекты, входящие в состав каждого из 8-ми федеральных округов. На рисунке 3 приведен пример среднего значения в кластерах для Центрального Федерального округа. Графическое представление кластеров дано на рисунке 4.

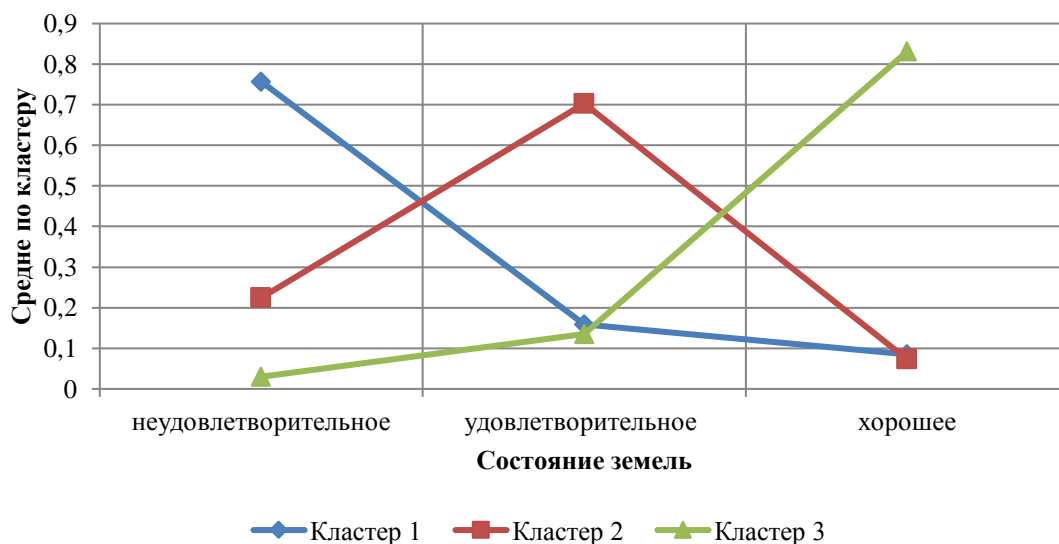


Рисунок 3. Средние значения в кластерах по Центральному Федеральному округу (разработано авторами)

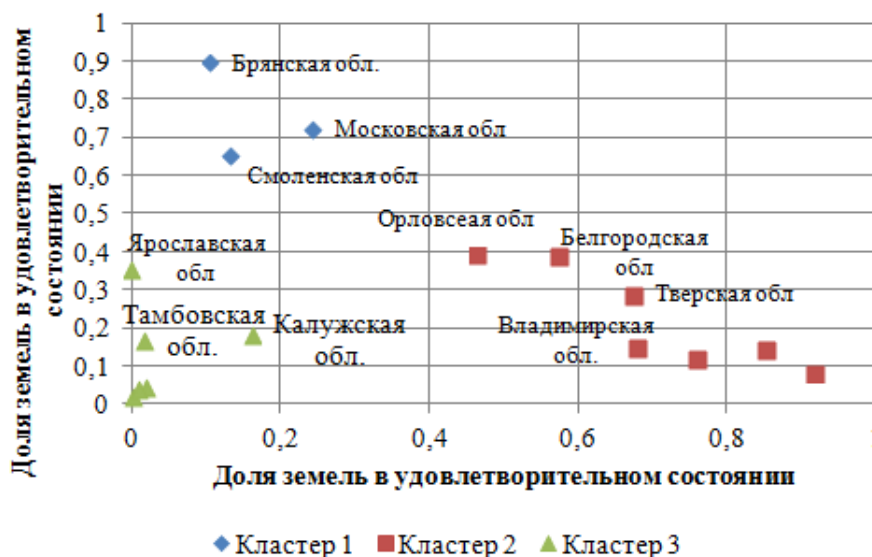


Рисунок 4. Кластеризация состояния орошаемых земель в пределах Центрального Федерального округа (разработано авторами)

В Центральном Федеральном округе из 16-ти областей, входящих в его состав, по результатам кластерного анализа преимущественно неудовлетворительное состояние орошаемых земель имеют 3 области (19 %), преимущественно удовлетворительное 7 областей (44 %), преимущественно хорошее 6 областей (37 %). Сравнение результатов кластеризации в

рамках федерального округа или Российской Федерации в целом показало полное соответствие отнесения областей к конкретным кластерам.

С учетом сложившейся специализации областей, видов сельскохозяйственных культур, выращиваемых на орошаемых землях, и объемов их производства в натуральном выражении, разработанная классификация может быть полезна при принятии решений по очередности выделения средств на улучшение состояния мелиорируемых земель в конкретном субъекте Федерации.

Заключение

В качестве обобщенной оценки состояния орошаемых земель в пределах конкретного субъекта было предложено использовать совокупность долевого соотношения площади земель, находящихся в неудовлетворительном, удовлетворительном и хорошем мелиоративном состоянии.

В результате применения кластерного анализа 75 субъектов Российской Федерации по мелиоративному состоянию орошаемых земель впервые были разделены на 3 кластера с обобщенной оценкой «Преимущественно неудовлетворительное» (20 субъектов или 27 %), «Преимущественно удовлетворительное» (27 субъектов или 36 %) и «Преимущественно хорошее» (28 субъектов или 37 %) состояние земель.

Впервые выполнена классификация субъектов, входящих в состав каждого из 8-ми федеральных округов.

Статистическое качество каждой из группировок было проверено на уровне значимости 5 %, классификация признана корректной.

Полученные результаты могут быть использованы в решении задач управления фондом мелиорируемых земель на федеральном и региональном уровне.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гулюк Г.Г. Мелиорация земель – важнейший фактор интенсификации сельского хозяйства России // Мелиорация и водное хозяйство. 2004. №4. С. 2–5.
2. Дубенок Н.Н. Приоритеты научного обеспечения развития мелиорации // Известия ТСХА. 2014. Вып.1. С. 96–103.
3. Дубенок Н.Н. Эффективность использования водных ресурсов в орошаемом земледелии // Н.Н. Дубенок, Д.А. Болотин, А.А. Новиков, А.Г. Болотин / Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3 (51). С. 83–90.
4. Ольгаренко В.И., Ольгаренко И.В., Ольгаренко Г.В. Государственный контроль мелиоративных систем и объектов с позиций экологического мониторинга // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. ст. ФГНУ «РосНИИПМ» / Под ред. В.Н. Щедрина. – Новочеркасск: ООО «Геликон», 2009. Вып. 41. 209 с. С. 18–36.
5. Нормативно-методическое обеспечение системы государственного контроля и надзора в мелиорации: Монография / Сост. В.Н. Щедрин, Г.Г. Гулюк, В.Я. Бочкарев, Г.Т. Балакай: ФГНУ «РосНИИПМ». – М.: ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2003. – 423 с.
6. Бенин Д.М., Снежко В.Л. Средства автоматизации водопропускных мелиоративных сооружений: Монография / Д.М. Бенин, В.Л. Снежко, М.: Издательство «ДПК Пресс», 2018. – 108 с.
7. Курчиков А.Р., Плавник А.Г. Кластеризация гидрогеохимических данных в задачах оценки прогнозных ресурсов углеводородов нефтегазоносных комплексов Западной Сибири // Геология и геофизика. 2009. Т. 50, № 11. С. 1218–1226.
8. Сафиуллин А.Р., Гатауллина Л.Р. Кластерный анализ при разработке промышленного профиля территории // Экономика и предпринимательство. 2013. № 8 (37). С. 126–130.
9. Дуда Р., Харт П. Распознавание образов и анализ сцен – М.: Мир. 1976. – 559 с.
10. Методы кластерного анализа данных и сегментации изображений: учеб. пособие / В.Б. Бериков. – Новосибирск: НГУ, 2015. 97 с.

Benin Dmitrii Mikhaylovich

Russian state agrarian university – Moscow Timiryazev agricultural academy, Moscow, Russia
E-mail: info@rgau-msha.ru

Snejko Vera Leonidovna

Russian state agrarian university – Moscow Timiryazev agricultural academy, Moscow, Russia
E-mail: info@rgau-msha.ru

Assessment of land reclamation systems by cluster analysis methods

Abstract. Creation of classification of subjects of the Russian Federation based on the generalized assessment of the condition of the irrigated lands located within their territory is an actual task for development of priority directions of investment policy of a reclamation complex of the country. The dynamics of the area of reclaimed lands for 2015–2017 years is given and analyzed. The methods of land reclamation assessment are considered. The modern aspects of the organization of land reclamation accounting as part of the state accounting are given. The data of official statistics on the area and reclamation state of irrigated lands in 75 subjects of the Russian Federation were processed by cluster analysis methods. Each subject was described by three variables of quantitative type corresponding to the shares of lands of unsatisfactory, satisfactory and good reclamation state in the total area of irrigated lands of the subject. This allowed for the non-standardization of variables and ensured comparability of data for different territories. The total volume of the data array included 225 elements. As a result of cluster analysis, the subjects were grouped according to the principle of minimum intra-group variance and maximum inter-group variance. The quality of the classification was checked against statistical criteria. Each of the subjects was assigned to one of three clusters: the first cluster – mainly unsatisfactory condition of irrigated lands (20 objects), the second cluster – mainly satisfactory condition (27 objects), the third cluster – mainly good condition (28 objects). The classification is carried out for all the constituent entities of the Russian Federation and for the constituent entities of each of the Federal districts. The classification results can be used for the management of the reclaimed land Fund at the Federal and regional levels.

Keywords: reclamation; technical condition of reclamation systems; irrigated lands; classification; cluster analysis

REFERENCES

1. Gulyuk G.G. land Reclamation – the most important factor in the intensification of agriculture in Russia // Reclamation and water management. 2004. No. 4. P. 2–5.
2. Dubenok N.N. Priorities of scientific support of melioration development // News of TSHA. 2014. Issue.1. P. 96–103.
3. Dubenok N.N. Efficiency of water resources use in irrigated agriculture // N.N. Dubenok, D.A. Bolotin, A.A. Novikov, A.G. Bolotin / Proceedings of the lower Volga agricultural University complex: Science and higher professional education. 2018. № 3 (51). P. 83–90.
4. Olgarenko V.I., Olgarenko I.V., Olgarenko G.V. State control of reclamation systems and facilities from the standpoint of environmental monitoring // Of Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture: collection of articles of FGNU "Rosnipi" / Under the editorship of V.N. Shchedrin. – Novocherkassk: LLC "Helikon", 2009. Issue. 41. 209 pp. P. 18–36.
5. Regulatory and methodological support of the system of state control and supervision in land reclamation: Monograph / Comp. V.N. Shchedrin, G.G. Gulyuk, I.V. Bochkarev, G.T. balakay: FGNU "Rosnipi". – Moscow: FGNU STIC "Meliovodinform", 2003. – 423 pp.
6. Benin D.M., Snejko V.L. Automation of reclamation water facilities: Monograph / D.M. Benin, V.L. Snejko, M. "DPK Press", 2018. – 108 p.
7. Kurchikov A.R., Plavnik A.G. Clustering of hydrogeochemical data in problems of estimation of forecast hydrocarbon resources of oil and gas complexes of Western Siberia. // Geology and Geophysics. 2009. Vol. 50, No 11. Pp. 1218–1226.
8. Safiullin A.R., gataullina L.R. Cluster analysis in the development of the industrial profile of the territory // Economics and entrepreneurship. 2013. No 8 (37). P. 126–130.
9. Duda R., Hart P. pattern Recognition and scene analysis – M.: the World. 1976. 559 pp.
10. Methods of cluster data analysis and image segmentation: studies. allowance / V.B. Berikov. – Novosibirsk: NSU, 2015. 97 pp.