

УДК 332.26:631

DOI 10.33764/2411-1759-2022-27-5-160-172

## Метод расчета интегральных показателей качества и рационального использования земель сельскохозяйственного назначения в QGIS

А. О. Белоусов<sup>1\*</sup>, В. Л. Богданов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

\* e-mail: star042112@mail.ru

**Аннотация.** В связи с несовершенством нормативно-правового регулирования использования земель сельскохозяйственного назначения, отсутствием закреплённых показателей, характеризующих рациональное использование земель данной категории, авторами решается задача формирования состава и методики расчета интегральных показателей, характеризующих качество и рациональность использования таких земель. В основу предложенного решения положены результаты научных школ в данной сфере и собственных исследований, в том числе состав частных показателей, их подразделение на группы, вариант определения их относительной значимости (весов) в итоговой оценке. Подчеркнут принципиальный аспект системы оценки, обусловленный разнообразием реализации своего природного потенциала схожими по природным свойствам агрорайонами, потребовавший реализации двух групп показателей – качества и рационального использования сельскохозяйственных земель. С целью современной организации определения указанных интегральных показателей авторами разработан алгоритм их расчета в геоинформационной системе QGIS, состоящий из определенных этапов. Автоматический расчет интегральных показателей существенно ускоряет и упрощает процесс анализа состояния использования земель в конкретном регионе, позволяет избежать механических ошибок.

**Ключевые слова:** земли сельскохозяйственного назначения, метод анализа иерархий, интегральный показатель, QGIS

### Введение

Сельское хозяйство является драйвером российской рыночной экономики, направлено на обеспечение продовольственной безопасности регионов, их устойчивое развитие. Однако на современном этапе развития земельных отношений происходит ежегодное уменьшение площадей земель сельскохозяйственного назначения (далее – ЗСХН) (в 2016–2020 гг. площадь сократилась на 2 065,3 тыс. га), что свидетельствует о проблемах в их рациональном использовании, противоречит государственному курсу на сбережение таких земель, их использование в импортозамещении.

При этом понятие «рациональное использование земель» законодательно не закреплено [1], государство оперирует лишь термином «нерациональное использование», что существенно влияет на сложившуюся ситуацию с уменьшением ЗСХН, развитием на них процессов деградации. Отсутствие законодательно закреплённого понятийного аппарата, показателей качества и рационального ис-

пользования ЗСХН приводит к возникновению трудностей в понимании того, как должны использоваться земли в рамках современной земельной политики.

В связи с этим существующие научные школы в сфере землеустройства и кадастров (г. Санкт-Петербург, М. А. Сулин; г. Омск, Ю. М. Рогатнев; г. Воронеж, М. И. Лопырев; г. Москва, С. Н. Волков) в своих исследованиях разрабатывают различные показатели, посредством которых возможно произвести комплексную оценку рационального использования ЗСХН [2–5].

В результате анализа отечественных и зарубежных научных разработок в данной сфере [1–7] и собственных исследований авторами предложены группы показателей (естественных, технологических и социально-экономических) (рис. 1), позволяющие произвести комплексную оценку использования ЗСХН в регионе, выявить существующее положение в сфере использования земель данной категории и принять оперативные меры по вовлечению земель в хозяйственный оборот.

С учетом природно-климатических особенностей, экономического развития регионов набор показателей может быть адаптирован к оценке рационального использования ЗСХН в отдельном регионе. Опираясь на результаты проведенных исследований [8], в которых нами доказан тот факт, что районы, обладающие изначально одинаковыми возможностями и схо-

жими качественными характеристиками, реализуют свой природно-ресурсный потенциал, исходя из сложившихся социально-экономических условий. Нами предлагается включить естественные показатели в оценку качества ЗСХН, а группы технологических и социально-экономических – в оценку рационального использования ЗСХН.

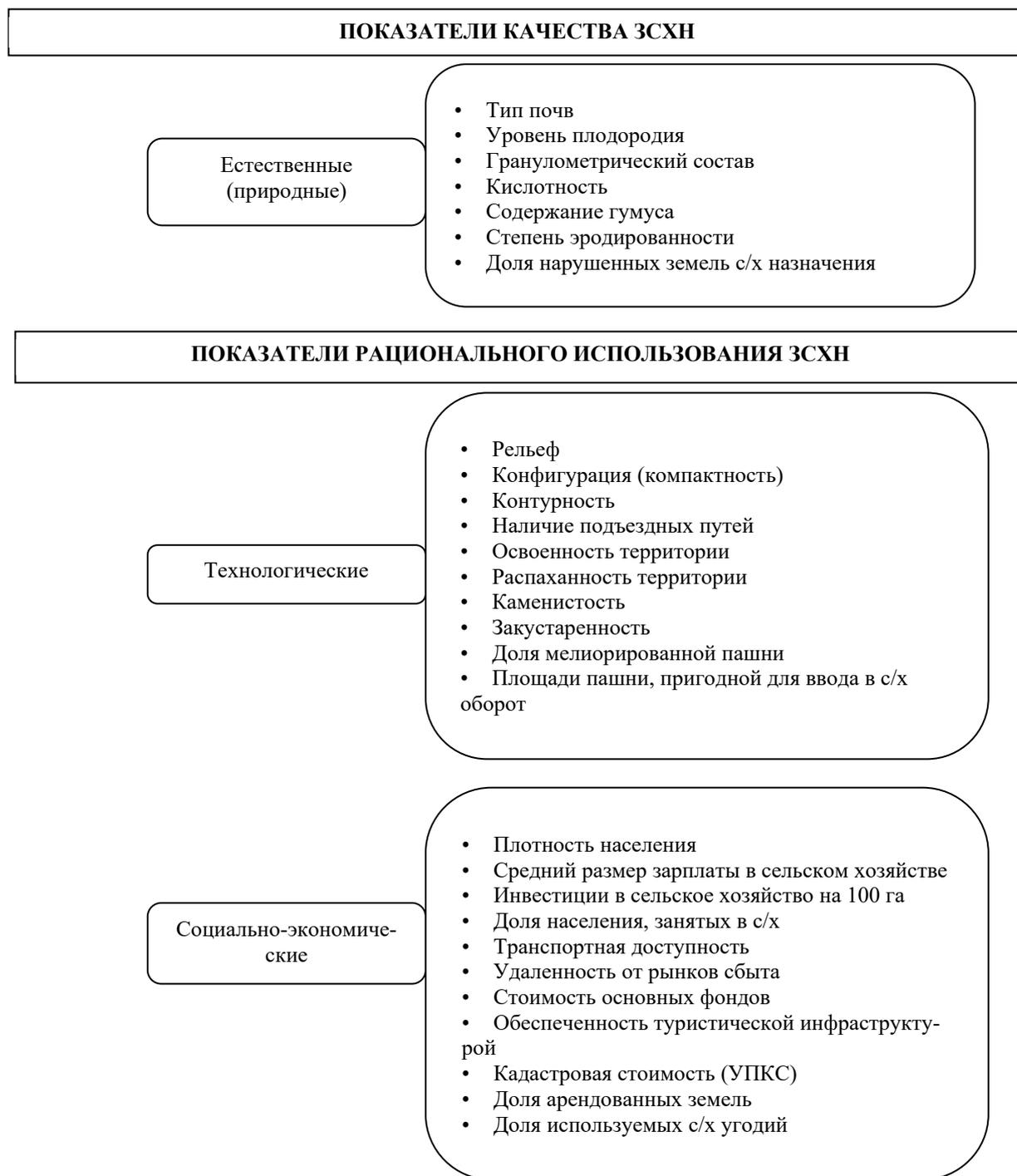


Рис. 1. Показатели качества и рационального использования ЗСХН

Необходимо внедрение современных подходов для повышения эффективности управления земельными ресурсами и прежде всего ЗСХН в связи с их бессистемным использованием. Одним из путей повышения рационального использования земель может стать интегральная оценка, заключающаяся в разработке системы показателей, учитывающих вес и их влияние на степень рациональности землепользования. Интегральная оценка является частью многокритериальной оценки и предполагает наличие этапа, на котором происходит объединение в одно целое разнородных оценок, с учетом их вклада в общую оценку. Проанализировав научные разработки ведущих ученых в данной сфере [9], можно сделать вывод, что система интегральной оценки способна с учетом особенностей использования ЗСХН в определенных климатических, географических и иных условиях, в том числе посредством ГИС-технологий, привести к рациональному использованию. Однако необходима разработка новых методов оперативного и автоматического расчета интегральных показателей, которые позволят в сжатые сроки получить результаты, необходимые для разработки комплекса мероприятий, направленных на повышение рационального использования ЗСХН, вовлечение неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения в хозяйственный оборот.

В этой связи целью исследования является разработка алгоритма расчета интегральных показателей качества и рационального использования ЗСХН в геоинформационной системе QGIS для обеспечения эффективности управления земельными ресурсами региона.

Объектом исследования выступают ЗСХН Новгородской области, которые ежегодно выбывают из хозяйственного оборота. Однако при задействовании определенных экономических механизмов в регионе возможно достичь рационального использования ЗСХН, так как данный регион обладает выгодным расположением между двух городов федерального значения (г. Санкт-Петербург и г. Москва), мягкими климатическими условиями, достаточно хорошим качеством земель сельскохозяйственного назначения.

Информационной основой в данном исследовании послужили сведения территориальных органов Росреестра по Новгородской

области, а также сведения, размещенные на официальном сайте Правительства Новгородской области и инвестиционном портале региона, данные дистанционного зондирования территории.

### *Результаты и обсуждение*

Существует огромное количество методов, благодаря которым возможно определить вес показателей. Данные методы условно можно подразделить на экспертные (основаны на мнении и опыте группы экспертов) и метаматематические (основаны на статистических данных, построении математических моделей), комбинированные (сочетание экспертного и математического метода). Определение веса показателей, которые в дальнейшем будут использованы для комплексной оценки качества и рационального использования ЗСХН, нами предлагается осуществлять на основе экспертной оценки методом анализа иерархий (МАИ), который разработан профессором Пенсильванского и Питтсбургского университетов Томасом Саати в 1970 г. [10]. В основу данного метода заложена технология принятия решений, опирающаяся на результаты математических расчетов и их попарное сравнение. При этом ключевым фактором при использовании данного метода является качественный подбор экспертов, их квалификация, профессионализм.

Существует множество вариантов определения необходимого числа экспертов [11–13], исходя из анализа которых, нами выбран подход, предлагаемый Лукичевой Л. И., Егорычевым Д. Н, Петровым А. Ю. по формуле:

$$m \geq 0,5 \left( \frac{0,33}{b} + 5 \right), \quad (1)$$

где  $b$  – ошибка результата экспертного анализа  $0 < b < 1$ , при  $b = 0,05$ , количество экспертов должно быть не менее 6.

Данный метод будет использоваться для определения числа экспертов, так как он является наиболее разработанным и позволяет избежать ошибок при выборе количества экспертов и ошибок в дальнейших расчетах. Количество привлекаемых экспертов будет составлять шесть человек, чтобы минимизировать ошибку

их оценок ( $b = 0,05$ ). В качестве экспертов нами выбраны ученые и специалисты в области землеустройства, управления и охраны земель сельскохозяйственного назначения, имеющие стаж работы более 10 лет.

Метод анализа иерархий предполагает разработку шкалы относительной важности показателей, числа из которой используются, чтобы показать, во сколько раз элемент с большей оценкой предпочтительности доминирует над элементом с меньшей оценкой относительно общего для них критерия. Менее предпочтительный элемент имеет обратную оценку предпочтительности (1 – равная важность, 9 – очень сильное превосходство).

Достоверность, однородность и согласованность экспертных оценок отражает такой показатель, как отношение согласованности (ОС), рассчитываемый по приведенной ниже формуле. ОС должен быть не более 10 %, в крайнем случае в пределах 20 %. Если ОС выходит за эти пределы, то результаты ра-

боты таких экспертов рекомендуется исключить из рассмотрения:

$$ОС = \frac{ИС}{СС} \cdot 100 \%, \quad (2)$$

где ОС – отношение согласованности; ИС – индекс согласованности; СС – случайная согласованность (табличное значение, зависящее от количества оцениваемых параметров).

Все полученные экспертные оценки являются достоверными и согласованными, так как ОС находится в диапазоне 0,1–0,2, что свидетельствует о качестве подобранных экспертов и возможности практического использования полученных оценок.

Итоговый вес каждого показателя, включенного в группу показателей качества и группы показателей рационального использования ЗСХН, представляет собой среднее арифметическое значение полученных в результате экспертной оценки весов (табл. 1).

Таблица 1

Вес показателей качества и рационального использования ЗСХН

Наименование показателя	Итоговый вес, %	Итоговый вес, усл. ед.
<b>Показатели качества ЗСХН</b>		
Тип почв	<b>31,18</b>	0,312
Балл бонитета	<b>27,69</b>	0,277
Гранулометрический состав	<b>15,56</b>	0,156
Кислотность	<b>10,98</b>	0,110
Содержание гумуса	<b>4,67</b>	0,047
Степень эродированности	<b>6,52</b>	0,065
Доля нарушенных земель с/х назначения	<b>3,41</b>	0,034
Итого	<b>100,00</b>	1,000
<b>Показатели рационального использования ЗСХН</b>		
Рельеф	<b>10,65</b>	0,107
Конфигурация (компактность)	<b>11,38</b>	0,114
Контурность	<b>11,27</b>	0,113
Наличие подъездных путей	<b>9,51</b>	0,095
Освоенность территории	<b>8,50</b>	0,085
Распаханность территории	<b>6,48</b>	0,065
Каменистость	<b>6,04</b>	0,060
Закустаренность	<b>4,64</b>	0,046
Доля мелиорированной пашни	<b>5,11</b>	0,051
Площадь пашни, пригодной для ввода в сельскохозяйственный оборот	<b>3,29</b>	0,033
Плотность населения	<b>3,11</b>	0,031
Средний размер зарплаты в сельском хозяйстве	<b>3,05</b>	0,030
Инвестиции в сельское хозяйство на 100 га	<b>3,26</b>	0,033
Доля населения, занятых в с/х	<b>2,39</b>	0,024

Наименование показателя	Итоговый вес, %	Итоговый вес, усл. ед.
Транспортная доступность	<b>2,14</b>	0,021
Удаленность от рынков сбыта	<b>1,80</b>	0,018
Стоимость основных фондов	<b>1,67</b>	0,017
Обеспеченность туристической инфраструктурой	<b>1,38</b>	0,014
Кадастровая стоимость (УПКС)	<b>1,44</b>	0,014
Доля арендованных земель	<b>1,43</b>	0,014
Доля используемых с/х угодий	<b>1,46</b>	0,015
Итого	<b>100</b>	1

Наибольшее влияние на качество ЗСХН оказывают такие показатели, как тип почв (31,18 %) и балл бонитета (27,69 %). На рациональное использование ЗСХН существенное влияние оказывают конфигурация (11,38), контурность (11,27) и рельеф (10,65). После определения веса показателей, возникает возможность перехода к следующему этапу, заключающемуся в расчете интегрального показателя, который будет рассчитывать по формуле:

$$K_j = \sum G_i \cdot K_{ij}, \quad (3)$$

где  $G_i$  – вес показателя;  $K_{ij}$  – относительный показатель, рассчитанный по формуле

$$K_{ij} = \left( g_{ij} - g_{\min} \right) \div \left( g_{\max} - g_{\min} \right), \quad (4)$$

где  $g_{ij}$  – значение объекта по  $i$ -му показателю;  $g_{\max}$  – максимальное значение показателя по

разработанной шкале;  $g_{\min}$  – минимальное значение показателя по разработанной шкале;  $i = 1, n$  – количество простых свойств;  $j = 1, k$  – количество сравниваемых объектов.

Расчет интегрального показателя будет осуществляться в ГИС-среде. Для исследования выбрана ГИС Quantum GIS (далее – QGIS), так как она находится в свободном (бесплатном) доступе, позволяет работать с широким спектром инструментов анализа [14], геопроектирования, выборки, управления базами данных и геометрий. Кроме того, QGIS разрабатывался на архитектуре с возможностью поддержки различных внешних модулей [15]. В то же время данная ГИС обладает кроссплатформенностью, возможностью адаптации для определенных потребностей с использованием языков программирования C++ и Python. Алгоритм расчета интегральных показателей представлен на рис. 2.

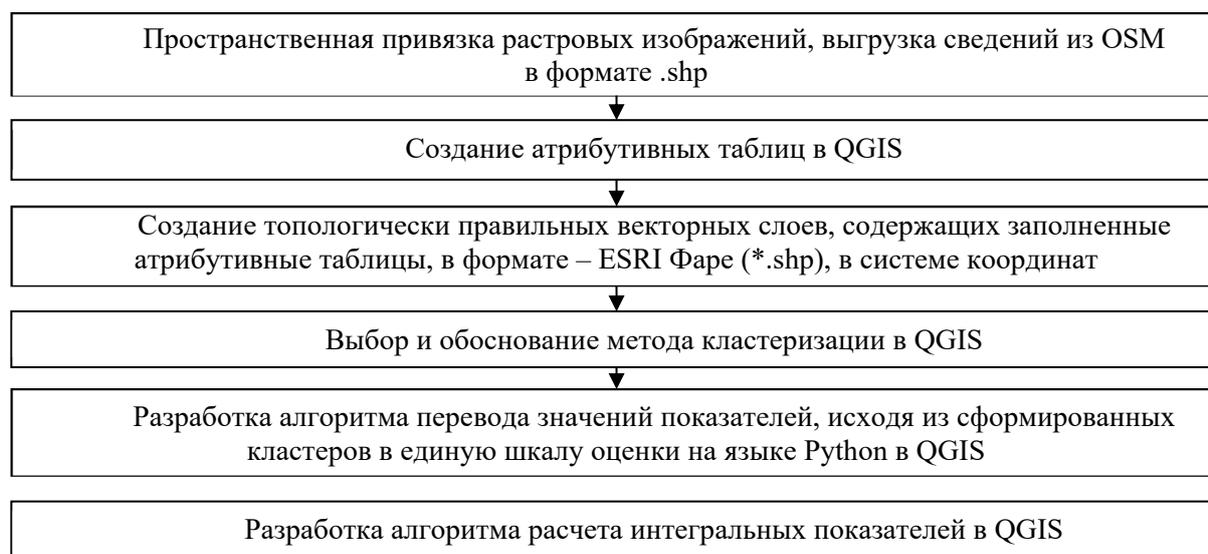


Рис. 2. Блок-схема расчета интегральных показателей качества и рационального использования ЗСХН

На первом этапе с помощью сервиса data.nextgis.com нами получены сведения в виде отдельных векторных слоев в формате .shp об административно-территориальном делении Новгородской области, о наличии и развитости транспортной и иной инженерной инфраструктуры.

Пространственная привязка в нашем случае осуществляется только для почвенной карты, чтобы определить наиболее точные сведения о преобладающем почвенном покрове в отдельном районе.

На втором этапе происходит формирование атрибутивных таблиц. Атрибутивная информация представляет собой информацию о свойствах и связях объектов [16, 17]. Наименьшей единицей структуры данных выступает атрибут (элемент данных).

Из таких полей формируются атрибутивные таблицы, которые используются при обработке информации в автоматизированных системах управления. Информация об объектах хранится в виде семантических характеристик, которые содержат название, ключ се-

мантической характеристики, тип значения (числовое, символьное) [18].

Исходя из показателей, включенных в анализ состояния земель сельскохозяйственного назначения Новгородской области, предлагается определенный перечень полей, соответствующий их наименованию, которые включены в базовые векторные слои «Показатели качества ЗСХН» и «Показатели рационального использования ЗСХН».

Для таких показателей, как, например, рельеф, содержащий словесное описание в разделе «Настройки пользовательских форм и конфигурации редактора полей», выбран вид формы – карта значений (выпадающий список с предопределенными значениями). В указанном списке введены значения, которые будут автоматически высвечиваться при заполнении сведений по данному показателю. Для числовых значений использована форма «Тестовое поле», подразумевающая механический ввод значений. Итоговый вариант атрибутивной таблицы слоя «Показатели качества ЗСХН» представлен на рис. 3.

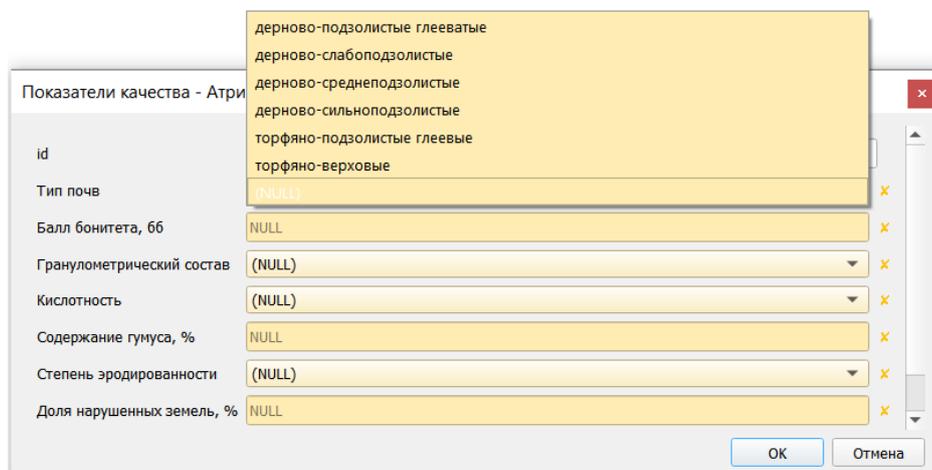


Рис. 3. Атрибутивная таблица слоя «Показатели качества ЗСХН»

При заполнении сведений по показателям, включенным в данный слой, практически все показатели содержат список с предопределенными значениями, что существенно ускоряет и упрощает процесс внесения сведений по показателям. Итоговый вариант атрибутивной таблицы слоя «Показатели рационального использования ЗСХН» представлен на рис. 4.

Следующим этапом является выбор и обоснование метода кластеризации полученных значений. Кластерный анализ предназначен для разбиения исходных данных на поддающиеся интерпретации группы таким образом, чтобы элементы, входящие в одну группу, были максимально «схожи», а элементы из разных групп были максимально «отличными» друг от друга [19].

Показатели рационального использования ЗСХН - Атрибуты объектов

Value	Value_Ing	Formula
Рельеф	Равнинный Холмистый Горный (NULL)	x
Конфигурация (компактность)	NULL	x
Контурность	NULL	x
Наличие подъездных путей	NULL	x
Освоенность территории, %	NULL	x
Распаханность территории, %	NULL	x
Каменность, %	NULL	x
Закустаренность, %	NULL	x
Доля мелиорированной пашни, %	NULL	x
Площадь пашни, пригодной для ввода в сельскохозяйственный оборот, %	NULL	
Плотность населения, чел./кв.м	NULL	x
Средний размер зарплаты в сельском хозяйстве, руб.	NULL	x
Инвестиции в сельское хозяйство на 100 га, млрд.руб.	NULL	x
Доля населения, занятых в с\х, %	NULL	x
Транспортная доступность, %	NULL	x
Удаленность от рынков сбыта, км.	NULL	x
Стоимость основных фондов, млн.руб.	NULL	x
Обеспеченность туристической инфраструктурой	(NULL)	x
Кадастровая стоимость (УПКС)	NULL	x
Доля арендованных земель, %	NULL	x
Доля используемых с\х угодий, %	NULL	x

Рис. 4. Атрибутивная таблица слоя «Показатели рационального использования ЗСХН»

Для группировки показателей качества и рационального использования ЗСХН на территории Новгородской области нами предлагается выделение трех кластеров, так как различия между крайними значениями несущественны. Такое количество кластеров позволит наиболее полно отразить сложившуюся ситуацию в сфере использования ЗСХН.

Геоинформационная система QGIS содержит встроенные методы кластеризации (режимы), которые доступны при внесении сведений в таблицу атрибутов (естественные интервалы, логарифмическая шкала, равные количество и интервалы, стандартное отклонение, форматированные отступы) [20]. Нами выбран метод равных интервалов, поскольку значения показателей

содержат количественные различия в величине признака именно внутри группы одинакового качества, метод позволяет также получить наиболее равномерное распределение значений.

Исходя из сформированных в QGIS кластеров, значениям, попадающим в определенный интервал, присваивается балл от 1 до 3, благодаря чему происходит перевод показателей в единую балльную шкалу, возникает возможность сопоставления результатов и их использования для дальнейшего расчета интегральных показателей качества и рационального использования ЗСХН. Если сведения о значении показателя в отдельном районе отсутствуют, то ему присваивается 0 баллов.

Для перевода показателей в балльную шкалу и их сопоставимости в каждом вектор-

ном слое создана отдельная вкладка в атрибутивной таблице с наименованием «Value\_Ing», в которую по количеству оцениваемых показателей добавлено соответствующее количество полей.

Для автоматического перевода введенных в атрибутивную таблицу показателей в баллы нами разработана функция на языке программирования Python с использованием условия CASE. На рис. 5 представлена функция по переводу значений показателя «Обеспеченность туристической инфраструктурой» в баллы. Номер показателя в составленной функции соответствует его номеру в атрибутивной таблице. Функции на языке Python для остальных показателей

разработаны по аналогии с помощью выражения CASE.

```
CASE
WHEN "18" = 'Высокая' THEN 3
WHEN "18" = 'Средняя' THEN 2
WHEN "18" = 'Низкая' THEN 1
END
```

Рис. 5. Функция для показателя «Обеспеченность туристической инфраструктурой»

Результатом использования разработанной функции является автоматический перевод значений показателей в единую шкалу оценки (рис. 6).

Показатели рационального использования ЗСХН - Атрибуты объектов

Value	Value_Ing	Total
Рельеф	3	
Конфигурация (компактность)	2	
Контурность	2	
Наличие подъездных путей	3	
Освоенность территории, %	2	
Распаханность территории, %	2	
Каменистость, %	2	
Закустаренность, %	3	
Доля мелиорированной пашни, %	2	
Площадь пашни, пригодной для ввода в сельскохозяйственный оборот, %	2	
Плотность населения, чел./кв.м	3	
Средний размер зарплаты в сельском хозяйстве, руб.	2	
Инвестиции в сельское хозяйство на 100 га, млрд.руб.	3	
Доля населения, занятых в с\х, %	3	
Транспортная доступность, %	3	
Удаленность от рынков сбыта, км.	3	
Стоимость основных фондов, млн.руб.	2	
Обеспеченность туристической инфраструктурой	<input type="text" value="3"/>	
Кадастровая стоимость (УПКС), руб./кв.м	3	
Доля арендованных земель, %	2	
Доля используемых с\х угодий, %	3	

OK Отмена

Рис. 6. Перевод показателей рационального использования ЗСХН в баллы

Заключительным этапом является непосредственно расчет интегрального показателя

качества и рационального использования ЗСХН по формуле (3). Однако промежуточ-

ным расчетом служит определение относительного показателя по формуле (4). Данные расчеты будут также осуществлять в QGIS.

Для расчета относительных и интегральных показателей создана вкладка «Total» в QGIS, в которую по количеству оцениваемых показателей в каждом векторном слое добавлено соответствующее количество полей. Относительный показатель ( $K_{ij}$ ) рассчиты-

вается, исходя из присвоенных баллов показателям, опираясь на результаты, представленные во вкладке «Value\_Ing».

Для расчета относительного показателя нами также сформулирована функция на языке программирования Python (рис. 7). Расчет данного показателя является промежуточным и не отображается в атрибутивной таблице.

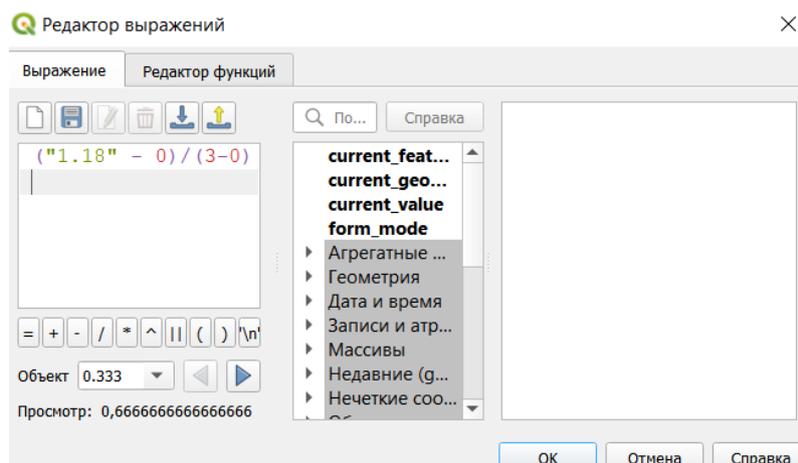


Рис. 7. Расчет относительного показателя по обеспеченности туристической инфраструктурой

Исходя из полученных значений относительного показателя ( $K_{ij}$ ) и веса каждого показателя, определенного методом анализа иерархий, рассчитывается интегральный показатель (рис. 8). Аналогичным образом составлена функция для показателей качества ЗСХН.

Результат расчета интегрального показателя отображается в атрибутивной таблице во вкладке «Total». На рис. 9 представлен расчет интегрального показателя рационального использования ЗСХН для Новгородского района.

$$\begin{aligned}
 & ("K_{ij\_1}" * 10.65) + ("K_{ij\_2}" * 11.38) + ("K_{ij\_3}" * 11.27) + ("K_{ij\_5}" * 8.5) + ("K_{ij\_6}" * 6.48) + ("K_{ij\_7}" * 6.04) + ("K_{ij\_8}" * 4.64) + ("K_{ij\_9}" * 5.11) + ("K_{ij\_10}" * 3.29) + ("K_{ij\_11}" * 3.11) + ("K_{ij\_12}" * 3.05) + ("K_{ij\_13}" * 3.26) + ("K_{ij\_14}" * 2.39) + ("K_{ij\_15}" * 2.14) + ("K_{ij\_16}" * 1.8) + ("K_{ij\_17}" * 1.67) + ("K_{ij\_18}" * 1.38) + ("K_{ij\_19}" * 1.44) + ("K_{ij\_20}" * 1.43) + ("K_{ij\_21}" * 1.46)
 \end{aligned}$$

Рис. 8. Расчет интегрального показателя рационального использования ЗСХН

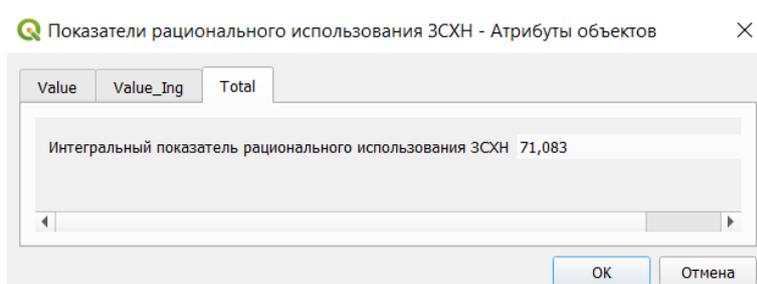


Рис. 9. Расчет интегрального показателя рационального использования ЗСХН Новгородского района

### Выводы

В статье представлен оригинальный алгоритм расчета интегрального показателя качества и рационального использования ЗСХН в геоинформационной системе QGIS. Преимуществом алгоритма является балльная шкала оценки, существенно упрощающая процесс анализа состояния использования земель, и функции расчета, разработанные на языке Python, обеспечивающие автоматический режим определения искомых показателей.

Предложенный алгоритм позволяет оперативно проводить комплексный анализ использования ЗСХН, положительно зарекомендовал себя при оценке земель районов Новгородской области, результаты которых позволят осуществить зонирование территории области с разработкой комплекса мероприятий, направленных на повышение рационального использования земель сельскохозяйственного назначения и предотвращение выбытия продуктивных сельскохозяйственных угодий из аграрного производства.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жарников В. Б., Ильиных А. Л. О роли, функциях и задачах исследований состояния земельных ресурсов // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XVIII Междунар. науч. конгр., 18–20 мая 2022 г., Новосибирск : сборник материалов в 8 т. Т. 3 : Междунар. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью». – Новосибирск : СГУГиТ, 2022. – С. 132–141.
2. Рогатнев Ю. М., Меданова К. В. Пути повышения доходности использования земель сельскохозяйственных организаций в условиях выраженной их разнокачественности // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2021. – № 3. – С. 172–179.
3. Волков С. Н., Черкашина Е. В., Шаповалов Д. А. и др. Землеустроительное обеспечение ввода в хозяйственный оборот неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации (теория и практика) : монография. – М. : ГУЗ, 2020. – 484 с.
4. Гарманов В. В., Шишов Д. А., Сулин М. А. и др. Управление сельскохозяйственным землепользованием: прикладные аспекты : монография. – СПб. : СПбГАУ, 2021. Часть 2. – 228 с.
5. Лопырев М. И. Модификация внутрихозяйственного землеустройства // Модели и технологии природообустройства (региональный аспект). – 2021. – № 1 (12). – С. 9–12.
6. Дубровский А. В. Критерии рационального использования земельных ресурсов // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XVI Междунар. науч. конгр., 18 июня – 8 июля 2020 г., Новосибирск : сб. материалов в 8 т. Т. 3 : Междунар. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью». – Новосибирск : СГУГиТ, 2020. № 2. – С. 50–56.
7. Ларионов Ю. С., Жарников В. Б., Трубина Л. К. О содержании, технологиях и результатах мониторинга сельскохозяйственных угодий в прогрессивных системах земледелия // Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения. – 2022. – № 2. – С. 119–127. – DOI 10.33764/2687-041X-2022-2-119-127.
8. Павлова В. А., Белоусов А. О., Уварова Е. Л. Разработка показателей рационального использования земель сельскохозяйственного назначения // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2022. – № 8. – С. 534–540.
9. Белоусов А. О., Богданов В. Л. Понятие и содержание интегральной оценки рационального использования сельскохозяйственных земель // Аграрная наука – сельскому хозяйству: Сборник материалов XVI Международной научно-практической конференции. В 2-х книгах (Барнаул, 09–10 февраля 2021 г.). – Барнаул : Алтайский государственный аграрный университет, 2021. – С. 307–308.
10. Нефедов А. С. Сравнительный анализ метода ELECTRE III и метода анализа иерархий при решении многокритериальных задач // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. – 2018. – Т. 2. – С. 9–15.
11. Постников В. М. Анализ подходов к формированию состава экспертной группы, ориентированной на подготовку и принятие решений // Наука и образование: электронное научно-техническое издание. – 2012. – № 5. – С. 333–346.
12. Загорская А. В. Применение методов экспертной оценки в научном исследовании. Необходимое количество экспертов // Строительное производство. – 2020. – № 3. – С. 21–34. – DOI 10.54950/26585340\_2020\_3\_21.

13. Марголин Е. Методика обработки данных экспертного опроса // Полиграфия. – 2006. – № 5. – С. 14–16.
14. Ковалева О. М. Аналіз розвитку відкритого програмного забезпечення ГІС і системи QGIS // Вісник Харківського Національного автомобільно-дорожнього університету. – 2020. – № 90. – С. 7–12.
15. Басаргин А. А. Расчет и визуализация картографических маршрутов с использованием программного обеспечения QGIS и pgrouting // Вестник СГУГиТ. – 2021. – Т. 26, № 5. – С. 86–98.
16. Rovai M., Andreoli M., Monacci F. A GIS-Based Model for the Enhancement of Rural Landscapes: The Case Study of Valdera-Tuscany (Italy). // Landscape Modelling and Decision Support Innovations in Landscape Research. Springer, Cham. – 2020. – DOI 10.1007/978-3-030-37421-1\_8.
17. Yangouliba G. Suitable Land Assessment for Rice Crop in Burkina Faso Using GIS, Remote Sensing and Multi Criteria Analysis // Journal of Geographic Information System. – 2020. – No. 12. – P. 683–696.
18. Павлова В. А., Степанова Е. А., Уварова Е. Л. Проектирование информационной базы инвентаризации земель сельскохозяйственного назначения // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2021. – Т. 65, № 2. – С. 200–208.
19. Комаров С. И., Антропов Д. В. Методы кластерного зонирования территории региона для целей управления земельными ресурсами // Вестник УрФУ. Серия: Экономика и управление. – 2017. – Т. 16, № 1. – С. 66–85.
20. Библиотека сетевого анализа QGIS: описание и примеры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gis-lab.info/qa/qgis-network-analysis-lib.html> (дата обращения 20.03.2022).

### Об авторах

*Артём Олегович Белоусов* – аспирант кафедры землеустройства.

*Владимир Леонидович Богданов* – доктор биологических наук, профессор кафедры землеустройства.

Получено 23.05.2022

© А. О. Белоусов, В. Л. Богданов, 2022

## Method of calculation of integral indicators of quality and rational use of agricultural land in QGIS

*A. O. Belousov<sup>1</sup>\*, V. L. Bogdanov<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> St. Petersburg State Agrarian University, St. Petersburg,  
Russian Federation

\* e-mail: star042112@mail.ru

**Abstract.** Due to the imperfection of the regulatory regulation of the agricultural land use, the lack of fixed indicators that characterize rational use of this land category, the authors, solve the task of calculation method for integral parameters, characterizing the quality and rational use of such lands. The solution was based on the analysis of the results developed by existing scientific schools in the given field and our own research, including the set of particular parameters, their subdivision into groups, the variant of determination of their relative significance (weight) in final assessment. The fundamental aspect of the assessment system is emphasized, due to the diversity of the realization of their natural potential by agricultural areas similar in natural properties, which required the implementation of two groups of indicators – the quality and rational use of agricultural land. In order to determine the integral indicators of quality and rational use of agricultural land, the authors have developed an algorithm for calculating them in the geographic information system QGIS, consisting of certain stages. Automatic calculation of integral indicators significantly speeds up and simplifies the process of analyzing the state of land use in a particular region, avoids mechanical errors in calculations.

**Keywords:** agricultural lands, hierarchy analysis method, integral indicator, QGIS

### REFERENCES

1. Zharnikov, V. B., & Ilyinykh, A. L. (2022). On the role, functions and tasks of research on the state of land resources. In *Sbornik materialov Interekspo Geo-Sibir': T. 3 [Proceedings of Interexpo Geo-Siberia: Vol. 3]* (pp. 132–141). Novosibirsk: SSUGT Publ. [in Russian].

2. Rogatnev, Yu. M., & Medanova, K. V. (2021). Ways to increase the profitability of land use of agricultural organizations in conditions of their pronounced heterogeneity. *Zemleustroistvo, kadastr i monitoring zemel' [Land Management, Cadastre and Monitoring of Lands]*, 3, 172–179 [in Russian].
3. Volkov, S. N., Cherkashina, E. V., Shapovalov, D. A., & et al. (2020). *Zemleustroitel'noe obespechenie vvoda v khoziaistvennyi oborot neispol'zuemykh zemel' sel'skokhoziaistvennogo naznacheniia Rossiiskoi Federatsii [Land management provision for the introduction into economic circulation of unused agricultural lands of the Russian Federation (theory and practice)]*. Moscow: GUZ Publ., 484 p. [in Russian].
4. Garmanov, V. V., Shishov, D. A., Sulin, M. A., & et al. (2021). *Upravlenie sel'skokhoziaistvennym zemlepol'zovaniem: prikladnye aspekty: Ch. 2 [Management of agricultural land use: applied aspects: Part 2]*. St. Petersburg: SPbGAU Publ., 228 p. [in Russian].
5. Lopyrev, M. I. (2021). Modification of on-farm land management. *Modeli i tekhnologii prirodoobustroistva (regional'nyi aspekt) [Models and Technologies of Environmental Management (Regional Aspect)]*, 1(12), 9–12 [in Russian].
6. Dubrovsky, A. V. (2020). Criteria for rational use of land resources. In *Sbornik materialov Interekspo Geo-Sibir': T. 3, no. 2 [Proceedings of Interexpo Geo-Siberia: Vol. 3, No. 2]* (pp. 50–56). Novosibirsk: SSUGT Publ. [in Russian].
7. Larionov, Yu. S., Zharnikov, V. B., & Trubina, L. K. (2022). About the content, technologies and results of monitoring of agricultural lands in progressive farming systems. *Regulirovanie zemel'no-imushchestvennykh otnoshenii v Rossii: pravovoe i geoprostranstvennoe obespechenie, otsenka nedvizhimosti, ekologiya, tekhnologicheskie resheniia [Regulation of Land and Property Relations in Russia: Legal and Geospatial Support, Real Estate Valuation, Ecology, Technological Solutions]*, 2, 119–127. doi: 10.33764/2687-041X-2022-2-119-127.
8. Pavlova, V. A., Belousov, A. O., & Uvarova, E. L. (2022). Development of indicators of rational use of agricultural lands. *Zemleustroistvo, kadastr i monitoring zemel' [Land Management, Cadastre and Monitoring of Lands]*, 8, 534–540 [in Russian].
9. Belousov, A. O., & Bogdanov, V. L. (2021). The concept and content of the integral assessment of the rational use of agricultural land. In *Sbornik materialov XVI Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii: Agrarnaia nauka – sel'skomu khoziaistvu [Proceedings of the XVI International Scientific and Practical Conference: Agrarian Science – to Rural Management]* (pp. 307–308). Barnaul: Altai State Agrarian University Publ. [in Russian].
10. Nefedov, A. S. (2018). Comparative analysis of the ELECTRE III method and the hierarchy analysis method in solving multicriteria problems. *Trudy Bratskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye i inzhenernye nauki [Proceedings of the Bratsk State University. Series: Natural and Engineering Sciences]*, 2, 9–15 [in Russian].
11. Postnikov, V. M. (2012). Analysis of approaches to the formation of an expert group focused on preparation and decision-making. *Nauka i obrazovanie: elektronnoe nauchno-tekhicheskoe izdanie [Science and Education: Electronic Scientific and Technical Publication]*, 5, 333–346 [in Russian].
12. Zagorskaya, A. V. (2020). Application of expert assessment methods in scientific research. The required number of experts. *Stroitel'noe proizvodstvo [Construction Production]*, 3, 21–34. doi: 10.54950/26585340\_2020\_3\_21 [in Russian].
13. Margolin, E. (2006). Methods of processing expert survey data. *Poligrafia [Polygraphy]*, 5, 14–16 [in Russian].
14. Kovaleva, O. M. (2020). Analiz rosvitku vidkritogo programmogo zabezpechennya GIS i sistem QGIS. *Visnik Harkivskogo National Automobile and Road University*, 90, 7–12.
15. Basargin, A. A. (2021). Calculation and visualization of cartographic routes using QGIS and pgrouting software. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 26(5), 86–98 [in Russian].
16. Rovai, M., Andreoli, M., & Monacci, F. A. (2020). GIS-Based Model for the Enhancement of Rural Landscapes: The Case Study of Valdera-Tuscany (Italy). *Landscape Modeling and Decision Support Innovations in Landscape Research*. Springer, Cham. doi:10.1007/978-3-030-37421-1\_8.
17. Yangouliba, G. (2020). Suitable Land Assessment for Rice Crop in Burkina Faso Using GIS, Re-mote Sensing and Multi Criteria Analysis. *Journal of Geographic Information System*, 12, 683–696 [in Russian].
18. Pavlova, V. A., Stepanova, E. A., & Uvarova, E. L. (2021). Designing an information base inventory of agricultural lands. *Izvestia vuzov. Geodeziya I aerofotos'emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotography]*, 65(2), 200–208 [in Russian].

19. Komarov, S. I., & Antropov, D. V. (2017). Methods of cluster zoning of the territory of the region for the purposes of land management. *Vestnik UrFU. Seriya: Ekonomika i upravlenie [Bulletin of UrFU. Series: Economics and Management]*, 16(1), 66–85 [in Russian].

20. QGIS Network Analysis Library: description and examples. (n. d.). Retrieved from <https://gis-lab.info/qa/qgis-network-analysis-lib.html> (accessed 20.03.2022).

#### **Author details**

*Artem O. Belousov* – Ph. D. Student, Department of Land Management.

*Vladimir L. Bogdanov* – D. Sc., Professor, Department of Earth Devices.

Received 23.05.2022

© *A. O. Belousov, V. L. Bogdanov, 2022*