

УДК 551.4: 504.064.2: 551.4.044-528.854.2: 502.2.08: 519.876.5

## СРАВНЕНИЕ ЗЕМЕЛЬНОГО ПОКРОВА ПО БЕРЕГАМ ВДОЛЬ РЕКИ ИРОВКА ПО СПУТНИКОВЫМ СНИМКАМ

Георгиева Я.О.<sup>1</sup>, Мазуркин П.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Студентка 2-го курса по направлению 21.03.02 Землеустройство и кадастры Поволжского государственного технологического университета, г. Йошкар-Ола, e - mail: [yanageorgieva2017@yandex.ru](mailto:yanageorgieva2017@yandex.ru)

<sup>2</sup>Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой природообустройства, Поволжского государственного технологического университета, г. Йошкар-Ола, e - mail: [kaf\\_po@mail.ru](mailto:kaf_po@mail.ru)

---

**АННОТАЦИЯ** Спутниковые снимки позволили выявить устойчивые закономерности распределения земель в охранной зоне малой реки Ировка Республики Марий Эл по классам земельного покрова ООН. Из космических снимков были выделены 290 характерных точек резкого изменения кривизны русла от истока до устья Ировки. Затем по виду земельных участков справа и слева русла были поставлены ранги классов почвенного покрова ООН. Характерные точки вдоль реки выбираются от истока до устья, в зависимости от резкого изменения кривизны русла реки. Для измерений спутниковые снимки увеличивают, а после передвигают на экране компьютера снимок курсором от истока до устья. Затем точку курсором ставят в этом характерном месте русла по его стрежню. Достоинством такого метода является наглядность объектов, находящихся слева и справа русла по берегам малой реки. Были получены статистические закономерности распределения земель малой реки Ировка по классам земельного покрова ООН. Они показали, что земельный покров справа и слева от истока до устья реки содержит травяной покров и земли с лесами. Факторный анализ показал, что оба берега реки Ировка имеют четырехчленные модели примерно с одинаковыми коэффициентами корреляции. Всего было получено более 60 членов общей модели асимметричного вейвлета.

---

**Ключевые слова:** Река, русло, берега, земельный покров, распределения, закономерности

## COMPARISON OF LAND COVER ON THE COAST ALONG THE RIVER IROVKA BY SATELLITE IMAGES

Georgieva Yana O.<sup>1</sup>, Mazurkin P.M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>2nd year student in the direction 21.03.02 Land management and cadastres, Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, Russia, e - mail: [yanageorgieva2017@yandex.ru](mailto:yanageorgieva2017@yandex.ru)

<sup>2</sup>Dr. Sc., Prof., Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, Russia, e - mail: [kaf\\_po@mail.ru](mailto:kaf_po@mail.ru)

---

**ABSTRACT** Satellite images revealed stable patterns of land distribution in the protection zone of the small river and the Territory of the Republic of Mari El by UN land cover classes. From space images 290 characteristic points of sharp change of curvature of a channel from a source to an estuary and a river Were allocated. Then, according to the type of land on the right and left of the channel, the ranks of the UN soil cover classes were placed. Characteristic points along the river are selected from source to mouth, depending on the sharp change in the curvature of the river bed. For measurements, satellite images are magnified, and then moved on the computer screen with the cursor from source to mouth. Then point with the mouse put in this specific spot channel in his rod. The advantage of this method is the visibility of objects located on the left or right of the channel on the banks of the small river. Statistical regularities of the distribution of small river and River lands by UN land cover classes were obtained. They showed that the land cover on the right and left from the source to the mouth of the river contains grass cover and land with forests. Factor analysis showed that both banks of the Irovka River have four-membered models with approximately the same correlation coefficients. In total, more than 60 members of the general asymmetric wavelet model were obtained.

---

**Keywords:** River, riverbed, banks, land cover, distribution, patterns

Выявление устойчивых закономерностей распределения земельных участков в охранной зоне малой реки Ировка Республики Марий Эл по берегам от истока до устья было выполнено по классам земельного покрова ООН [1].

Целью статьи является установление по спутниковым снимкам, к какому классу

земельного покрова относятся земельные участки, находящиеся по обоим берегам русла малой реки Ировка в характерных точках от истока до устья. Затем проводили вейвлет анализ [2] и сравнение обоих берегов методом факторного анализа [3] по закономерностям влияния ранга 290 характерных точек на стрежне малой реки на изменение рангов классов земельного покрова ООН.

Река Ировка протекает в Республике Марий Эл. Исток Ировка берет 3 км. на северо-запад от деревни Ирмучаш, находящейся в 5 км. от п. Параньга (рис. 1). Устье реки расположено в 136 км. по правому берегу реки Илеть. Длина реки Ировка составляет 69 км, а площадь водосборного бассейна равна 917 км<sup>2</sup>.

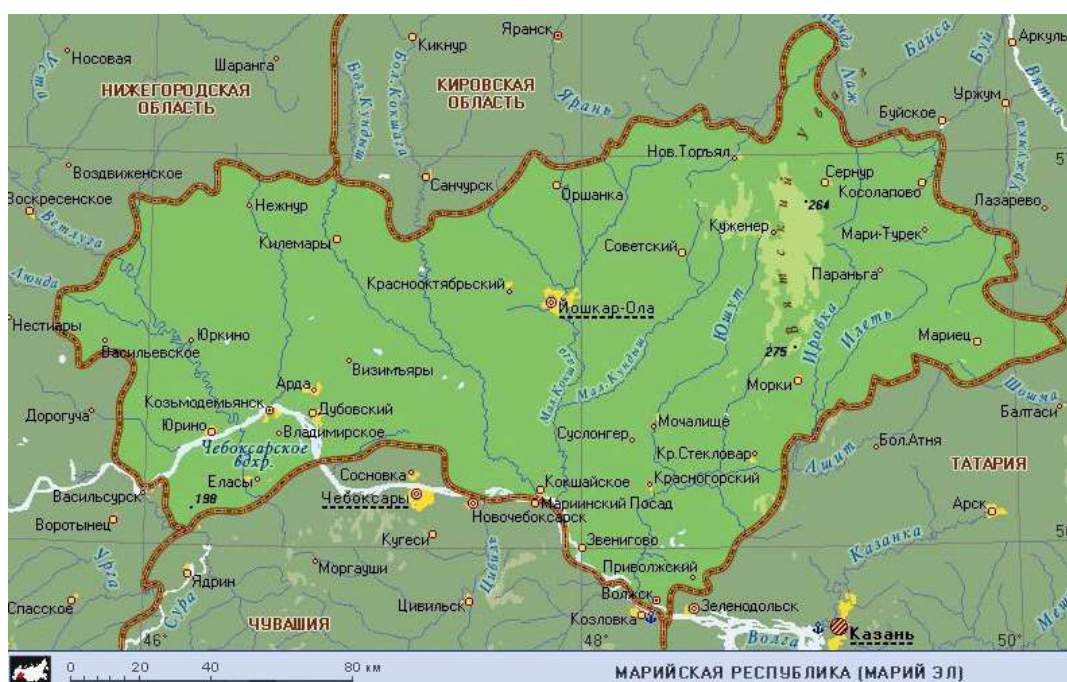


Рис. 1. Малая река Ировка на территории Республики Марий Эл

Вдоль реки от истока до устья выбираются определенные характерные точки. Как правило, ими становятся места в горизонтальных изломах реки, где резко изменяется кривизна русла в плане. Высота на снимке показывает средний рельеф обоих берегов.

Земельный кадастр РФ отличается по классификации с ООН по методу GAEZ [1, 4-5]. По данным [1] в [5] относительно 11 классов земельного покрова были установлены следующие ранги, соответствующие ухудшению качества поверхности земель (чем больше ранг, тем хуже): 0 – травяной покров (сенокосы + пастбища);

1 – древесно-кустарниковая растительность, ДКР (многолетние насаждения + лесные насаждения, не включающиеся в лесной фонд);

2 – лес (лесные участки);

3 – мозаика растительности с включением сельхозугодий;

4 – мозаика растительного покрова с доминированием сельхозугодий; 5 – земли для

растениеводства, пашни;

6 – мокрые, увлажненные земли (болота);

7 – бесплодная земля;

8 – вода, побережье (земли под водой);

9 – лед, холодная пустыня;

10 – городская территория.

В таблице 1 приведен фрагмент расставленных нами рангов классов земельного покрова по правой и левой сторонам малой реки Ировка.

Таблица 1. Распределений рангов классов земельного покрова реки Ировка

Ранг точки стрежня реки	Ранг земельного покрова (справа)	Примечание	Ранг земельного покрова (слева)	Примечание
0	0	Травяной покров	0	Травяной покров
1	0	Травяной покров	3	Мозаика с сельхозугодиями
2	0	Травяной покров	3	Мозаика с сельхозугодиями
...	...	...	...	...
287	2	Лесной участок	2	Лесной участок
288	0	Травяной покров	2	Лесной участок
289	0	Травяной покров	0	Травяной покров
290	0	Травяной покров	0	Травяной покров

Целью метода Галеркина при моделировании статистических данных является получение системы линейных уравнений. для этого вначале строятся системы дифференциально-интегральных уравнений. В методе идентификации [2] мы не строим исходные дифференциальные уравнения, а сразу же работаем с явно нелинейными уравнениями неизвестных дифференциальных и интегральных уравнений.

Каждый параметр конечного решения имеет физический смысл, поэтому колебания (вейвлет сигналы) записываются волновой формулой [2] вида

$$y_i = A_i \cos(\pi x / p_i - a_{8i}), A_i = a_{1i} x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i} x^{a_{4i}}), p_i = a_{5i} + a_{6i} x^{a_{7i}}, \quad (1)$$

где  $y$  – показатель (зависимый фактор),  $i$  – номер составляющей модели (1),  $m$  – количество членов в модели (1),  $x$  – объясняющая переменная (влияющий фактор),  $a_1 \dots a_8$  – параметры модели (1), принимающие числовые значения в ходе структурно-параметрической идентификации (табл. 2) в программной среде CurveExpert-1.40 ([URL: http://www.curveexpert.net/](http://www.curveexpert.net/)),  $A_i$  – амплитуда (половина) вейвлета (ось  $y$ ),  $p_i$  – полупериод колебания (ось  $x$ ). По формуле (1) реализуется метод Декарта о наличии одного единственного алгебраического уравнения, членами которого становятся асимметричные вейвлет сигналы как кирпичики Гильберта.

Таблица 2. Параметры распределений рангов классов земельного покрова

Номер <i>i</i>	Вейвлет $y_i = a_{1i} \cdot x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i} \cdot x^{a_{4i}}) \cos(\pi x / (a_{5i} + a_{6i} \cdot x^{a_{7i}}) - a_{8i})$								Коэф. корр. <i>r</i>
	Амплитуда (половина) колебания				Полупериод колебания			Сдвиг	
	$a_{1i}$	$a_{2i}$	$a_{3i}$	$a_{4i}$	$a_{5i}$	$a_{6i}$	$a_{7i}$	$a_{8i}$	
Асимметричные вейвлет сигналы вдоль левого берега реки Ировка									
1	0.21053	0	-0.74350	0.16305	0	0	0	0	0.3879
2	5.06149e-34	22.49839	0.0034692	2.06191	0	0	0	0	
3	-1.23182e-6	0	-12.70689	0.0077343	37.76789	-1.42205	0.33750	-2.09993	
4	-0.0015381	0	-3.53006	0.10505	57.66170	2.55529e-5	1.97040	0.98736	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Асимметричные вейвлет сигналы вдоль правого берега реки Ировка									
1	0.52580	0	0.028292	0	0	0	0	0	0.3212
2	0.21124	0.43034	1.35536e-4	1.49916	0	0	0	0	
3	-0.54333	0	-0.00232518	0	19.09961	2.29669e-4	1.66878	1.12722	
4	-0.417958	0	-0.00215509	0	8.48308	6.30657e-4	1.33931	4.88727	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Наилучшую закономерность (рис. 2 и рис. 3) с теснотой связи по коэффициенту корреляции 0,2465 имеют земли вдоль левого берега. Она не отличается от правого берега, здесь коэффициент корреляции составляет 0,2406.

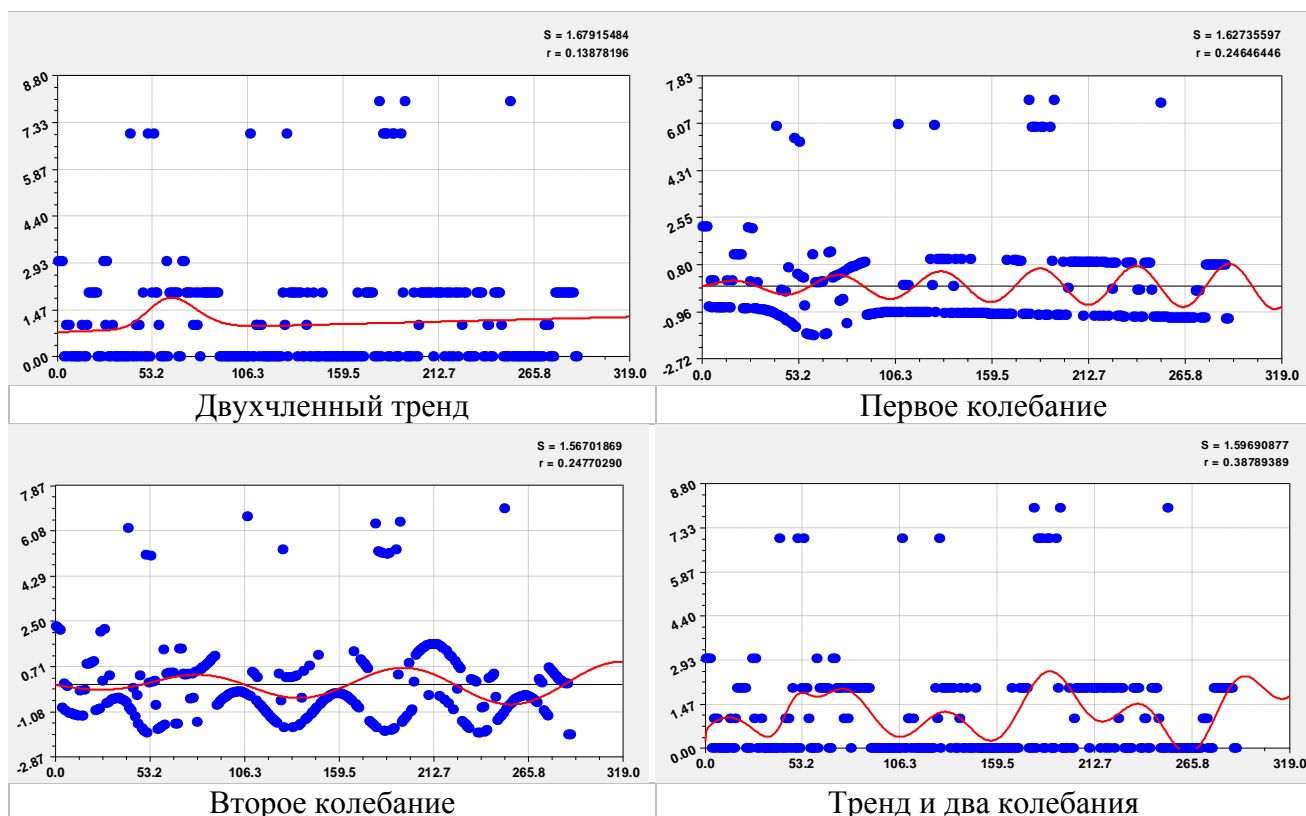


Рис. 1. Графики моделей распределений рангов классов земельного покрова характерных точек от истока до устья слева реки Ировка

Всего было получено для обоих берегов более 60 составляющих. Поэтому адекватность моделей повышается и достигает среднего уровня.

Растительный покров по берегам вдоль реки Ировка показал, что слева реки земельный покров больше составляют лесные участки, а справа преобладает травяной

покров, но лесные площадки также присутствуют.

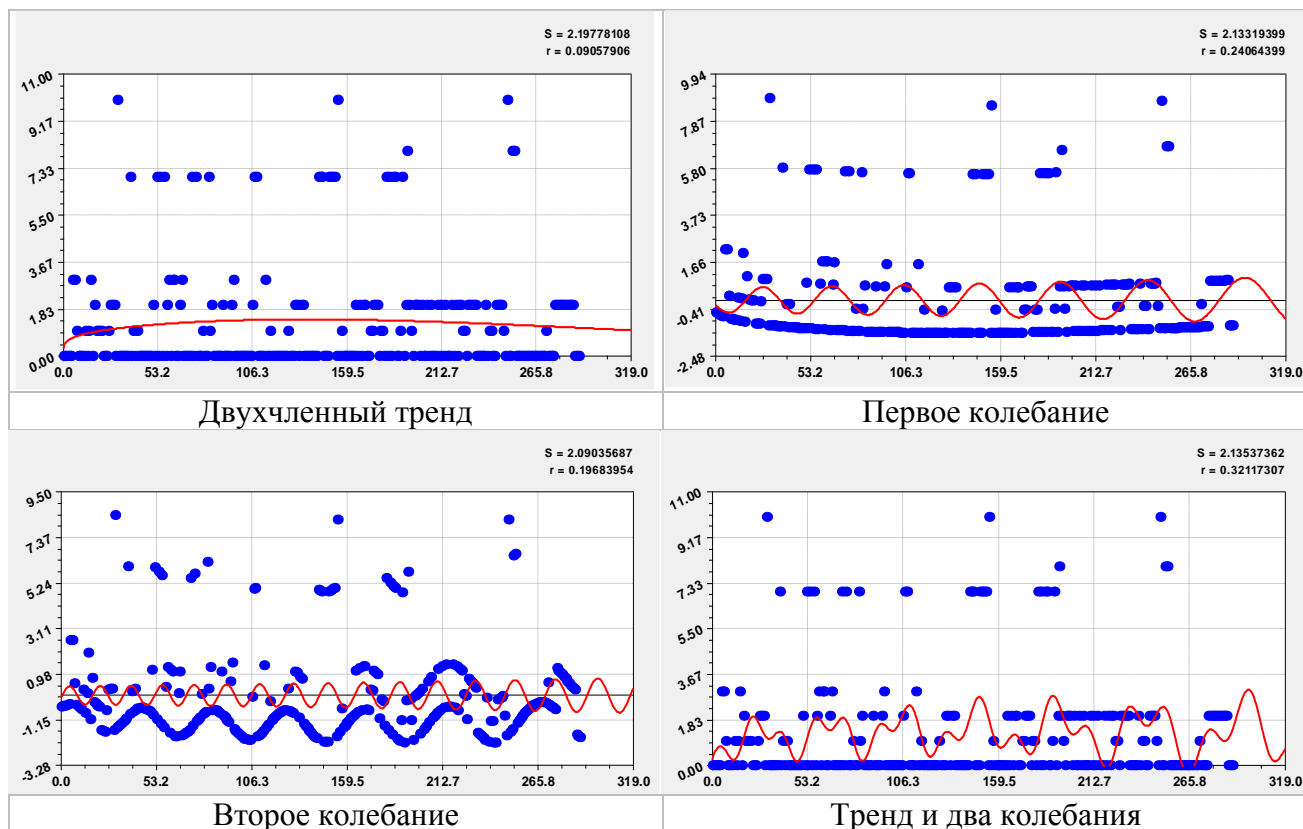


Рис. 2. Графики моделей распределений рангов классов земельного покрова характерных точек от истока до устья справа реки Ировка

Сущностью метода факторного анализа состоит в выделении из множества изучаемых факторов, влияющих на изучаемый объект, меньшего их числа, но выявляющий более существенные свойства исследуемого явления.

Корреляционный анализ включает в себя изучение связей не двух, а множества переменных, измеренных в количественной шкале на одной выборке. В этом случае вычисляются корреляции для каждой пары из этого множества переменных. Вычисления обычно проводятся на компьютере, а результатом является корреляционная матрица.

Оценим возможность применения факторного анализа и технику построения корреляционной матрицы для рангов классов земельного покрова по берегам реки Ировка справа и слева. Результаты зависимостей представлены в таблице 3.

Таблица 3. Корреляционная матрица факторного анализа и рейтинг рангов классов земельного покрова по берегам малой реки Ировка

Влияющие факторы (параметры $x$ )	Зависимые факторы (показатели $y$ )		Сумма $\Sigma r$	Место $I_x$
	Ранги КЗП справа	Ранги КЗП слева		
Ранги КЗП справа	0.3212	0.1961	0.5173	2
Ранги КЗП слева	0.2584	0.3879	0.6453	1
Сумма коэффиц. корр. $\Sigma r$	0.5796	0.5840	1.1626	-
Место $I_y$	2	1	-	0.2907



В строках таблицы представлены ранги классов земельного покрова справа и слева реки Ировка, а в столбцах - эти же факторы как зависимые параметры.

В нашем случае класс земельного покрова как влияющая переменная получает коэффициент корреляции справа и слева реки соответственно 0,5173 и 0,6453. А как зависимый показатель первое место занимает также ранг класса земельного покрова ООН слева.

На основании влияющих и зависимых факторов был рассчитан коэффициент коррелятивной вариации, который применяется для сравнения разных объектов исследования. Он определяется по соотношению  $1.1626 / 2^2 = 0.2907$ .

Проведенные измерения и их математический анализ показали, разные классы земельного покрова ООН вдоль реки Ировка по обоим её берегам имеют четкие закономерности по асимметричным вейвлет сигналам.

### **Список литературы**

1. Global Agro-ecological Assessment for Agriculture in the 21st Century: Methodology and Results. *Günther Fischer, Harrij van Velthuisen, Mahendra Shah, Freddy Nachtergaele*. International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Viale delle Terme di Caracalla. Rome, Italy, 2002. Url: <http://webarchive.iiasa.ac.at/Research/LUC/SAEZ/index.html>.

2. Mazurkin P.M. Wavelet Analysis Statistical Data. *Advances in Sciences and Humanities*. Vol. 1.No. 2. 2015. pp. 30-44. doi: 10.11648/j.ash.20150102.11.

3. Мазуркин П.М. Факторный анализ и прогноз месячной динамики температуры с 1879 по 2017 годы по данным Hadley centre central England temperature (HadCET) // Естественнаучный журнал «Точная наука» [www.t-nauka.ru](http://www.t-nauka.ru). Вып. 47. Кемерово: Изд-во «Плутон». 2019. С. 17-36.

4. Мазуркин П.М. Активность земельных ресурсов по странам // Землеустройство и кадастры: исторический опыт, научно-образовательные технологии, инновационные практики: сборник научных трудов Всероссийского научно-методического семинара. Саратов: Кузница рекламы, 2016. С. 117-130. Doi10.18411/e-2016-021.

5. Мазуркин П.М., Михайлова С.И. Активность растительного покрова по странам // Землеустройство и кадастры: исторический опыт, научно-образовательные технологии, инновационные практики: сборник научных трудов Всеросс. научно-метод. семинара. Саратов: Кузница рекламы, 2016. С. 135-148. Doi10.18411/e-2016-022.