

## Новая классификация хозяйствующих субъектов по наличию покрытой лесом площади и освоенных земель лесокультурного фонда

*New classification of forestry enterprises by forest-  
covered area and artificial reforestation area*

О. И. Гаврилова (O. Gavrilova)<sup>1</sup>  
e-mail: ogavril@psu.karelia.ru

*Петрозаводский государственный университет*

В. К. Хлюстов (V. Khlustov)

e-mail: khlustov@timacadl.ru

*Тимирязевская сельскохозяйственная академия*

### АННОТАЦИЯ

Приводится краткое описание методики классификации хозяйствующих субъектов (федеральных государственных предприятий) Республики Карелия по площадям лесных культур разной давности и покрытой лесом площади.

**Ключевые слова:** лесные предприятия, искусственное лесовосстановление, лесокультурный фонд.

### SUMMARY

Techniques of classification of forestry enterprises (state federal enterprises) in the Republic of Karelia by the area of various-age forest cultures and forest-covered areas.

**Keywords:** forestry enterprises, artificial reforestation, forest area.

### КЛАССИФИКАЦИЯ ОСВОЕННОГО ЛЕСОКУЛЬТУРНОГО ФОНДА НА ВЫРУБКАХ

Освоение лесокультурного фонда за последние годы происходит высокими темпами, причем постепенно осуществляется переход на большее количество площадей посадки относительно посевов, применяется селекционно улучшенный посадочный материал, осуществляется переход на посадочный материал с закрытой корневой системой. Классификация лесхозов по площади лесокультурного фонда, площади несомкнувшихся культур, а также лесокультурного фонда текущего лесоустройства и лесоустройства 10, 20 и 30 лет назад позволила бы объединить лесхозы в группы, близкие по данным показателям. Такая классификация показывает, насколько активно осваивался лесокультурный фонд в прошлые годы. Решение классификационной задачи предусматривает использование площадей лесных культур разной давности создания в качестве независимых переменных. Вследствие этого каждый из 32 объектов должен

подлежать оценке в пространстве пяти переменных: площади лесных культур текущего периода лесоустройства, площади несомкнувшихся культур, площади культур 10-летней, 20-летней и 30-летней давности. Между данными показателями одного и того же объекта может существовать тесная коррелятивная связь. Проведенное исследование частично подтверждает это предположение. Об этом свидетельствует критическое значение коэффициента корреляции на пяти процентном уровне значимости ( $r_{05}=0,201$ ). Все значения коэффициентов, кроме одного, выше критического.

Однако для достоверного объединения территории лесхозов в классы следует полностью исключить наличие автокорреляции между показателями масштаба. Такую процедуру позволяет осуществить факторный анализ. Суть его применения заключается в том, что все множество коррелирующих между собой площадей лесных культур в процессе анализа обращается в ограниченное количество собственных факторов, вбирающих в себя всю дисперсию этих показателей.

В результате такого объединения пять факторов можно представить меньшим количеством собственных факторов, или, как их еще принято называть, — главными компонентами.

В процессе выявления главных компонент совокупность переменных каждого показателя представляется векторной величиной. В результате поворота факторных осей происходит устранение автокорреляции между показателями, а структура нагрузок на факторные оси значительно (существенно) упрощается.

По критерию выполаживания графика собственных значений главных компонент в результате вращения системы координат было выделено два собственных фактора. Общий процент охваченной ими накопленной дисперсии исходных площадей составил около 85,56 от общего количества. Выявление двух главных компонент позволяет представить проекции номеров предприятий в плоскости самих собственных значений факторов, в результате чего структура проекций принимает более компактный вид. Однако визуальный подход не позволяет статистически достоверно определить количество классов. Кроме того, возникает вопрос о статистически достоверном разделении площадей лесохозяйственных предприятий по выделенным классам.

Решить эту задачу возможно посредством кластерного анализа. Применением нескольких видов стратегий кластеризации (ближайшего соседа, дальнего соседа, группового соседа, гибкой и Уорда) он позволяет выяснить, как именно группируются объекты в многомерном пространстве переменных.

По результатам проведенного кластерного анализа взаимного расположения проекций номеров предприятий в пространстве главных компонент можно сказать следующее. Применяя стратегию ближайшего

<sup>1</sup> Авторы – соответственно доцент кафедры лесного хозяйства и профессор кафедры лесоводства © Гаврилова О. И., Хлюстов В. К., 2005

соседа, сильно сжимающего пространство переменных, была построена дендрограмма иерархического объединения предприятий в группы. Однако большое количество их и высокая степень сжатия пространства несколько затрудняют четкое выделение кластеров по такой дендрограмме. Используя стратегию Уорда, позволяющую минимизировать внутрикластерный разброс площадей лесохозяйственных предприятий, была получена дендрограмма с глубоко гипертрофированно разделенными кластерами (рис.1). Стратегия Уорда, по сравнению со стратегией ближайшего соседа, дает более четкое выделение кластеров. Так, на дендрограмме несложно различить пятнадцать групп рядов, позволяющих осуществить их предварительное разделение на классы. Результаты, полученные посредством применения других видов стратегий кластеризации, в работе не представлены. Это связано с тем, что они незначительно отличаются друг от друга, занимая среднее положение между приведенными стратегиями.

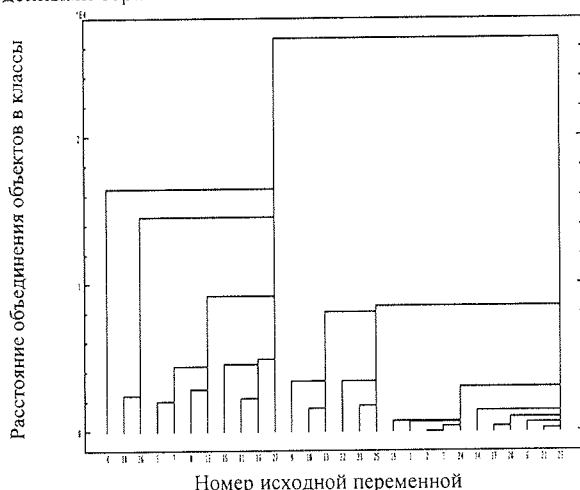


Рис. 1. Дендрограмма переменных объединения объектов в классы по стратегии Уорда

Итоговые результаты классификации лесохозяйственных предприятий Республики Карелия по освоенному лесохозяйственному фонду по показателям масштаба приведены в таблице 1, а их графическая интерпретация – на рисунке 2.

Классификация лесохозяйственного фонда по давности вырубок произведена по площади фонда лесных культур текущего лесохозяйства, площади несомкнувшихся культур, а также площадей лесохозяйственного фонда прошлых лесохозяйств. При этом все предприятия были разделены на 15 классов по ранжиру (см. табл. 1). К первому из них отнесли Кемский лесхоз, ко второму – Пяозерский и Чупинский, к третьему – Кондопожский и Ладвинский с вероятностью принадлежности к классу, равной 1. По всей видимости, на распределение площадей лесхозов данным образом повлияло создание на территории Карелии в 1987 году комплексных леспромпхозов. Для

предприятий, отнесенных к первым классам по ранжиру, хорошо заметна динамика накопления лесохозяйственного фонда в период с 30-летней давности до периода 20-летней давности. Позднее под воздействием разумной деятельности человека лесохозяйственный фонд существенно уменьшился, и цифры текущего лесохозяйства уже значительно меньше.

Очень близкими по классификации лесохозяйственного фонда оказались Олонецкий, Пудожский и Шуйско-Виданский лесхозы (6 класс). В один класс попали и Ведлозерский, Заонежский, Калевальский, Сумский лесхозы (12 класс). Таким образом, при характеристике лесохозяйственного фонда в динамике меньше проявляется зависимость от региона расположения предприятия, а в большей степени – от реорганизации предприятий и передачи их из одного ведомства в другое.

Для окончательного решения поставленной классификационной задачи был применен дискриминантный анализ, позволяющий статистически оценить вероятность отнесения каждого предприятия к конкретному классу по его расстоянию от центра  $d^2$ , а также выявить отдаленность классов друг от друга по суммарному межкластерному расстоянию Махаланобиса ( $D^2$ ).

В результате проведенного анализа все классифицируемые лесохозяйственные предприятия были достоверно разделены на пятнадцать классов. Об этом свидетельствует значимость расстояний рядов распределения до центра класса, которые превышают критическое расстояние, равное 0.05. Главным классификационным критерием является суммарное межкластерное расстояние Махаланобиса, равное 3860, которое значительно превышает расстояния рядов распределения от центра своего класса.

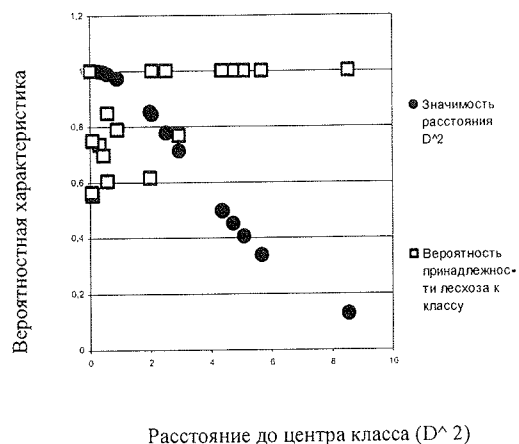


Рис. 2. Распределение вероятностных характеристик принадлежности лесхозов к однородным классам по распределению лесохозяйственного фонда (тыс. га) на вырубках (суммарное межкластерное расстояние Махаланобиса = 3860 при значимости  $P > 0$ )

Таблица 1

## Классификация лесокультурного фонда на вырубках

№ по ранжиру	№ п/п	Лесхоз	Расстояние до центра класса D <sup>Λ</sup> 2	Значимость расстояния	Вероятность принадлежности к классу	Лесокультурный фонд на вырубках, тыс. га				
						текущее лесоустройство	несомкнувшиеся культуры	10 лет	20 лет	30 лет <sup>2</sup>
1	4	Кемский	0,00	1,000	1,000	437	3569	7094	15102	0
2	18	Пяозерский	5,09	0,405	1,000	235	5269	6399	0	0
2	26	Чулинский	5,09	0,405	1,000	412	6587	8443	0	0
3	5	Кондопожский	2,50	0,776	1,000	1012	659	774	3652	3125
3	7	Ладвинский	2,50	0,776	1,000	875	1022	1077	4589	4875
4	8	Лахденпохский	4,73	0,450	1,000	1076	1456	3266	5699	6522
4	12	Петрозаводский	4,73	0,450	1,000	196	1252	3690	4529	4125
5	15	Пряжинский	0,00	1,000	1,000	1471	3269	5447	2158	3698
6	11	Олонецкий	5,69	0,338	1,000	561	3265	5788	6582	4587
6	16	Пудожский	4,37	0,497	1,000	1545	2695	6599	5412	3266
6	27	Ш-Виданский	8,54	0,129	1,000	281	389	8457	3688	4588
7	9	Медвежьегорский	0,00	1,000	1,000	3107	3125	4017	0	0
8	10	Муезерский	2,05	0,842	1,000	1584	1236	3930	0	0
8	13	Питкярантский	2,05	0,842	1,000	467	958	2927	0	0
9	22	Сосновецкий	0,00	1,000	1,000	729	6592	0	0	0
10	23	Суккозерский	4,38	0,496	1,000	789	4211	0	0	0
10	25	Суоярвский	4,38	0,496	1,000	2236	3269	0	0	0
11	19	Спасогубский	2,93	0,711	0,767	505	659	0	0	0
12	1	Ведлозерский	1,98	0,852	0,616	0	251	340	0	0
12	2	Заонежский	0,09	1,000	0,553	331	215	0	0	0
12	3	Калевальский	0,07	1,000	0,562	316	205	0	0	0
12	24	Сумский	0,33	0,997	0,735	510	0	0	0	0
13	14	Поросозерский	0,00	1,000	1,000	837	2365	0	0	0
14	17	Пяльмский	0,58	0,989	0,849	487	1658	0	0	0
14	20	Сегежский	0,58	0,989	0,602	439	1326	0	0	0
15	6	Костомукшский	0,88	0,971	0,788	1334	1235	0	0	0
15	21	Сортавальский	0,08	1,000	0,748	908	1136	0	0	0
15	28	Юшкозерский	0,44	0,994	0,696	735	1136	0	0	0

### КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ПОКРЫТОЙ ЛЕСОМ ПЛОЩАДИ, В ТОМ ЧИСЛЕ ЛЕСНЫМИ КУЛЬТУРАМИ

Безусловно, ведение хозяйственной деятельности, и в том числе создание лесных культур, связано с такими важнейшими характеристиками территории, как площадь покрытых лесом земель. По величине лесной площади и площади лесных культур все 32 федеральных предприятия были классифицированы по 12 рангам.

Решение классификационной задачи предусматривает использование площади покрытых лесом земель и площади лесных культур в качестве независимых переменных. Вследствие этого каждое из 32 предприятий Карелии следовало оценить в пространстве двух переменных. Поскольку имеем только две переменные, оценить покрытую лесом площадь лесных культур можем, используя возможности кластерного анализа. Применяя две стратегии (ближайшего соседа и Уорда), можно выяснить возможности группировок в двухмерном пространстве переменных. По результатам проведенного кластерного анализа взаимного расположения проекций предприятий в пространстве главных компонент можно сказать следующее. Применяя стратегию ближайшего соседа, сильно сжимающее пространство переменных, была построена дендрограмма иерархического объединения предприятия в группы (рис.3).

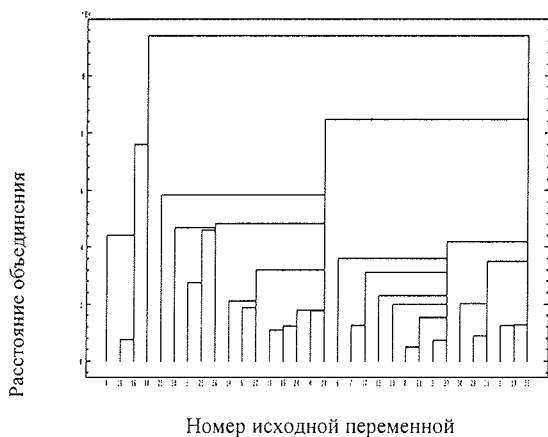


Рис. 3. Дендрограмма переменных по стратегии ближайшего соседа

Однако большое количество предприятий и высокая степень сжатия пространства несколько затрудняют четкое выделение кластеров по представленной дендрограмме. С использованием стратегии Уорда, позволяющей минимизировать внутрикластерный разброс территорий лесхозов, была получена дендрограмма с глубоко гипертрофированно разделенными кластерами. Стратегия Уорда, по сравнению со стратегией ближайшего соседа, дает более четкое выделение кластеров. Так, на дендрограмме несложно различить двенадцать групп рядов, позволяющих осуществить их предварительное разделение на классы.

Всего по распределению площадей по площади было выделено 12 классов или рангов. К первому классу по рангам был отнесен Медвежьегорский лесхоз, имеющий максимальную лесную площадь и площадь лесных культур (табл. 2, рис. 3). Ко второму рангу – Пяозерский, площадь которого больше площади Медвежьегорского, однако площадь созданных культур в три раза меньше. К третьему рангу были отнесены Муезерский и Пудожский лесхозы с вероятностью принадлежности лесхоза к классу 0.997 и 0.986 с величиной значимости расстояния до центра класса 0.08 (при суммарном расстоянии Махаланобиса=560.4 при значимости  $P < 0.05$ ).

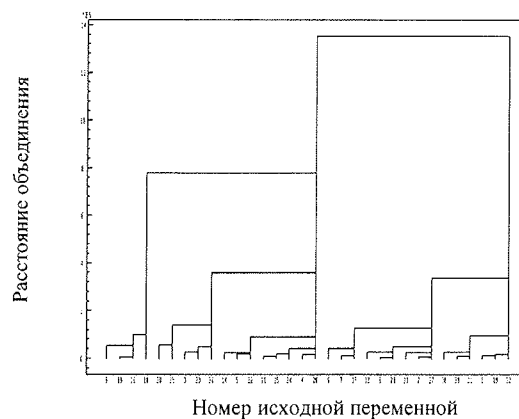


Рис. 4. Дендрограмма переменных по стратегии Уорда

Сеgezский и Суоярвский лесхозы были отнесены к четвертому классу по ранжиру с вероятностью, близкой к 1, при расстоянии до центра класса 4.01. Пятый по величине класс представляют Калевальский, Суккозерский и Чупинский лесхозы и т. д. Вероятность отнесения лесхоза к своему классу близка к единице.

Как правило, к одному классу относят хозяйства, расположенные в близлежащих районах либо имеющие сходное соотношение лесной площади и площади под лесными культурами. Так, Лахденпохский, Сортавальский и Петрозаводский лесхозы, относящиеся к территориям интенсивной хозяйственной эксплуатации и с развитой лесокультурной деятельностью, были отнесены нами к 10 классу по ранжиру. Несмотря на то, что Спасогубский лесхоз имеет некоторые площади лесных культур, его отнесли к 11 классу, как и национальные парки Паанаярви и Водлозерский, практически не имеющие таких площадей. Остальные национальные парки и заказники, имеющие небольшую площадь покрытых лесом земель, были отнесены нами к 12 классу. Для окончательного решения поставленной классификационной задачи был применен дискриминантный анализ, позволяющий статистически оценить вероятность отнесения каждого предприятия в конкретный класс по его расстоянию от центра  $d^2$ , а также отдаленность классов друг от друга по суммарному межкластерному расстоянию Махаланобиса ( $D^2$ ) = 560,4 (рис. 5).

Таблица 2

Классификация лесхозов по распределению покрытых лесом земель

Класс по ранжиру	№ п/п	Лесхоз	Расстояние до центра класса D <sup>2</sup>	Значимость расстояния	Вероятность принадлежности к классу	Покрытые лесом земли, га	
						всего	в т. ч. культуры
1	9	Медвежьегорский	0,00	1,000	0,994	706142	106037
2	18	Пяозерский	0,00	1,000	1,000	737742	36750
3	10	Муезерский	0,08	0,963	0,997	659961	83132
3	16	Пудожский	0,08	0,963	0,986	665413	88457
4	20	Сегежский	4,01	0,135	0,999	496544	52946
4	25	Суоярвский	4,01	0,135	1,000	545882	84566
5	3	Калевальский	2,00	0,368	1,000	451427	39914
5	23	Суккозерский	2,51	0,286	1,000	438723	64472
5	26	Чупинский	3,90	0,142	0,998	404182	33827
6	5	Кондопожский	0,94	0,624	0,958	336392	61660
6	14	Поросозерский	0,96	0,620	1,000	363882	60729
6	22	Сосновецкий	0,66	0,720	0,969	347963	46685
7	4	Кемский	3,39	0,184	0,962	325022	22722
7	11	Олонецкий	0,72	0,698	0,997	295643	44081
7	15	Пряжинский	2,53	0,283	0,991	295814	55056
7	24	Сумский	0,51	0,776	0,999	298124	31831
7	28	Юшкозерский	0,36	0,836	0,964	315139	37434
8	6	Костомукшский	4,21	0,122	0,998	214114	2773
8	7	Ладвинский	1,48	0,476	0,997	210783	41068
8	17	Пяльмский	0,97	0,616	0,971	199378	35802
9	2	Заонежский	0,34	0,845	0,696	149290	19781
9	13	Питкярантский	0,84	0,658	0,884	171864	20827
9	27	Ш-Виданский	0,25	0,881	0,844	152518	26468
10	8	Лахденпохский	0,46	0,795	0,754	140401	7183
10	12	Петрозаводский	1,36	0,508	0,940	115977	17341
10	21	Сортавальский	0,28	0,871	0,857	135678	5169
11	19	Спасогубский	0,64	0,726	0,995	63502	12874
11	32	Паанаярви*	0,50	0,778	0,997	77698	0
11	1	Водлозерский*	0,17	0,921	0,996	64790	402
12	29	Кивач*	0,06	0,970	0,999	9166	0
12	30	Костомукшский*	1,14	0,566	0,931	29585	0
12	31	Кандалакшский*	0,68	0,713	1,000	192	0

Примечание: \* – национальные парки.

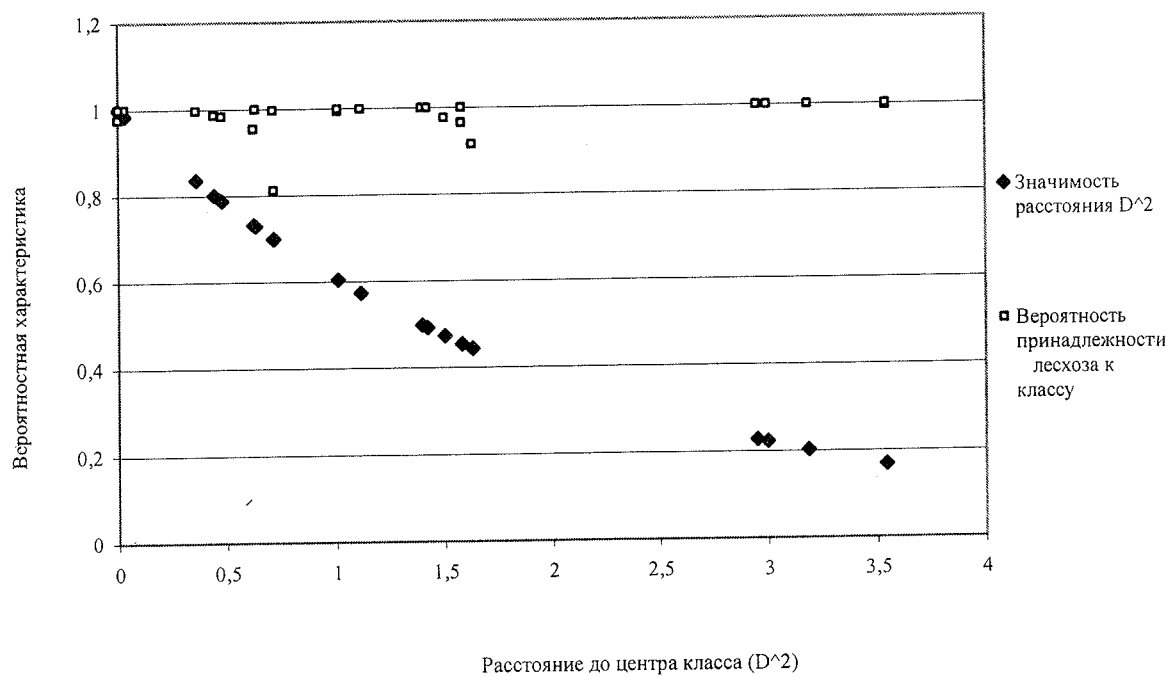


Рис. 5. Распределение вероятностных характеристик принадлежности лесхоза к однородному классу по наличию лесных земель (суммарное расстояние Махаланобиса=560,4 при значимости  $P < 0.05$ )