

УДК 004.81

## ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ КЛАСТЕРНОЙ СТРУКТУРЫ СЕКТОРА МАЛОГО И СРЕДНЕГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА НА ОСНОВЕ МЕТОДА ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ

**Ильясов Б.Г., Макарова Е.А., Закиева Е.Ш., Солнцев О.В.**

*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», Уфа,  
e-mail: ea-makarova@mail.ru*

В статье рассматриваются вопросы разработки технологии формирования кластерной структуры сектора малого и среднего предпринимательства (МСП) на основе метода главных компонент. Технология предполагает многократное проведение компонентного анализа данных с учетом их декомпозиции. Источниками данных являются бухгалтерский баланс предприятия и отчет о финансовых результатах. Предлагаемая технология анализа данных включает шесть этапов: предварительное формирование исходных данных для анализа; формирование уточненной выборки и ее декомпозиция с учетом разделов бухгалтерского баланса и их статей; далее три этапа анализа данных методом главных компонент на выборках, полученных по результатам декомпозиции; формирование интегральной выборки, усеченной интегральной выборки и их анализ методом главных компонент. Выявлены структуры сектора МСП в различных пространствах признаков. Показано, что они являются поляризованными. Сформулированы характеристики построенных кластеров. Построены квадранты-кластеры для усеченной интегральной выборки предприятий, и дана оценка кредитования предприятий этих квадрантов-кластеров с учетом их интегральных характеристик. Предложенная технология применяется для разработки системы информационной поддержки процедур анализа финансового состояния предприятий МСП и принятия решений о возможности их кредитования.

**Ключевые слова:** предприятие, малое и среднее предпринимательство, метод главных компонент, кластер, структура, кредитование

## TECHNOLOGY OF FORMING THE CLUSTER STRUCTURE OF THE SMALL AND MEDIUM-SIZED BUSINESS SECTOR BASED ON THE PRINCIPAL COMPONENTS METHOD

**Ilyasov B.G., Makarova E.A., Zakieva E.Sh., Solntsev O.V.**

*Ufa State Aviation Technical University, Ufa, e-mail: ea-makarova@mail.ru*

The article deals with the development of technology for the formation of the cluster structure of the small and medium-sized enterprises (SMEs) sector based on the principal component method. The technology involves multiple application of principal component method for data, taking into account their decomposition: The data sources are the company's balance sheet and the report on financial results. The proposed data analysis technology includes six stages: preliminary formation of initial data for analysis; formation of a refined sample and its decomposition taking into account the sections of the balance sheet and their articles; next, there are three stages of data analysis by the principal component method on the samples obtained from the decomposition results; the formation of an integral sample, a truncated integral sample, and their analysis by the principal component method. The structures of the SME sector in different feature spaces are identified. It is shown that they are polarized. The characteristics of the constructed clusters are formulated. Squares-clusters are constructed for a truncated integral sample of enterprises, and the risk of crediting enterprises of these quadrants-clusters is estimated, taking into account their integral characteristics. The proposed technology is used to develop a system of information support for procedures for analyzing the financial condition of SMEs and making decisions about the possibility of lending to them.

**Keywords:** enterprise, small and medium-sized enterprises, principal component method, cluster, structure, lending

Для российской экономики в последние пять лет характерна негативная тенденция демографии организаций, согласно которой увеличивается количество ликвидированных организаций и одновременно снижается количество регистрирующихся организаций. Так, если в 2015 г. отношение ликвидированных организаций к зарегистрированным составляло 0,66, то в среднем за 2016–2019 гг. – 1,87. Государственная поддержка субъектов малого и среднего предпринимательства также демонстрирует отрицательную динамику. Главным источником формирования инвестиций в основной капитал являются собственные средства, доля банковских креди-

тов в формировании инвестиций составляет 8–12 % [1–3].

Динамика статистических данных по банковскому сектору за 2016–2019 гг. позитивна: объем выданных предприятиям кредитов растет, объем просроченной задолженности падает [2, 3]. Однако если рассматривать динамику показателя в виде отношения объема просроченной задолженности к количеству предприятий, получивших кредит, то данный показатель демонстрирует рост. Это свидетельствует о том, что банки в последние годы проявляют более лояльное отношение к кредитованию предприятий, однако при этом чаще допускают ошибки в процессе принятия

решений о выдаче кредита. Наибольшие риски присущи процессу кредитования субъектов малого и среднего предпринимательства, активизация развития которых могла бы обеспечить положительную динамику многих социально-экономических показателей, таких, например, как валовая добавленная стоимость, занятость, доходы населения. Перечисленные факторы приводят к необходимости обеспечения информационной поддержки процедур анализа финансового состояния предприятий малого и среднего бизнеса за счет формирования кластеров предприятий, сходных по своим характеристикам, важных с точки зрения предоставления кредита.

Цель проводимых исследований состоит в разработке технологии формирования кластерной структуры сектора малого и среднего предпринимательства на основе применения метода главных компонент для обеспечения информационной поддержки процедур анализа финансового состояния предприятий и принятия решений о возможности их кредитования.

#### Материалы и методы исследования

Предлагаемая технология формирования кластерной структуры сектора малого и среднего предпринимательства (МСП) включает следующие этапы.

На первом этапе выполняется предварительное формирование исходных данных для компонентного анализа. Источником являются открытые данные по бухгалтерской отчетности всех предприятий РФ [4], из которых выделены предприятия, относящиеся к сектору МСП в соответствии с постановлением Правительства РФ [5]. Предварительная выборка включает более 130 тысяч строк (объектов – предприятий сектора МСП), столбцов (признаков, характеризующих финансовое состояние предприятий) более 250. В предварительной выборке в качестве признаков используются элементы следующих видов отчетности: «Бухгалтерский баланс предприятия», «Отчет о финансовых результатах», «Отчет об изменениях капитала», «Отчет о движе-

нии денежных средств», «Отчет о целевом использовании полученных средств».

На втором этапе проводится формирование уточненной выборки путем выделения признаков, необходимых для анализа, а также выполняется декомпозиция уточненной выборки. Сокращение состава признаков основано на анализе составляющих различных коэффициентов, которые используются для определения финансовой устойчивости, кредитоспособности предприятия, а также различных методик оценки кредитоспособности предприятий [6]. Показано, что в основном используются данные отчетности «Бухгалтерский баланс предприятия», остальные отчетности используются реже. Поэтому принято решение о достаточности для проведения анализа ряда статей из двух видов отчетностей: «Бухгалтерский баланс предприятия» и «Отчет о финансовых результатах».

По результатам декомпозиции уточненной выборки сформированы три выборки  $V_1$ ,  $V_2$  и  $V_3$ , используемые для применения метода главных компонент [7].

На третьем этапе проводится анализ данных методом главных компонент для первой выборки  $V_1$ . В выборке  $V_1$  присутствуют следующие признаки: внеоборотные активы, оборотные активы, суммарные активы, основные средства, валовая прибыль (убыток), чистая прибыль (убыток). Цель исследования данной выборки состоит в анализе соотношения статей первых двух разделов баланса с привлечением показателей прибыльности предприятий из отчета о финансовых результатах [4].

По результатам расчета весовых коэффициентов признаков (табл. 1) выборки  $V_1$  и построения главных компонент (ГК) сформированы обобщенные названия ГК. Первая главная компонента  $F_{11}$  определяется признаками «Внеоборотные активы», «Суммарные активы», «Основные средства», ее обобщенное название – «Активы предприятия с учетом основных фондов». Вторая ГК  $F_{12}$  определяется признаками «Валовая прибыль (убыток)», «Чистая прибыль (убыток)», ее обобщенное название – «Прибыльность предприятия».

Таблица 1

Весовые коэффициенты признаков для ГК выборки  $V_1$

Название признака	Главная компонента $F_{11}$	Главная компонента $F_{12}$
Внеоборотные активы	<b>0,567353</b>	0,0535132
Оборотные активы	0,291254	0,0439526
Суммарные активы	<b>0,595291</b>	0,0619766
Основные средства	<b>0,477979</b>	0,0366103
Валовая прибыль (убыток)	-0,0492439	<b>0,706189</b>
Чистая прибыль (убыток)	-0,0895649	<b>0,700943</b>

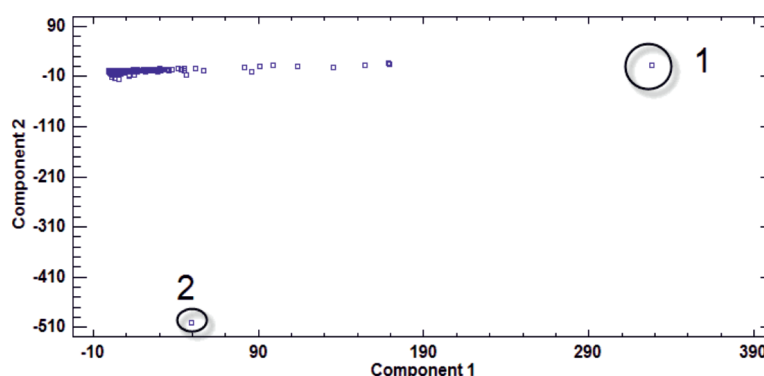


Рис. 1. Распределение предприятий сектора МСП в пространстве двух ГК (выборка  $V_1$ )

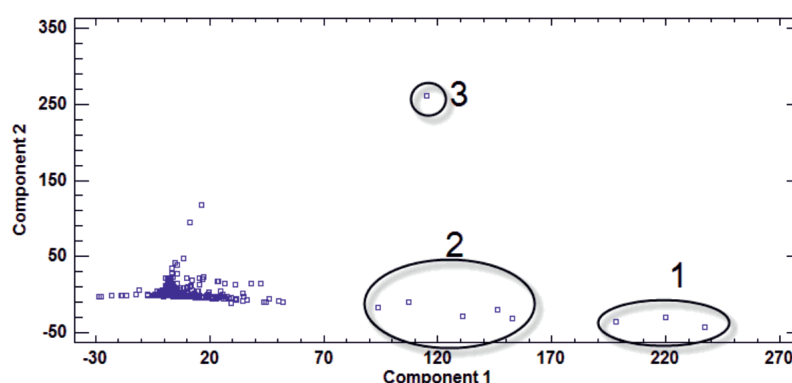


Рис. 2. Распределение предприятий сектора МСП в пространстве двух ГК (выборка  $V_2$ )

Построена диаграмма рассеивания (рис. 1), которая свидетельствует о наличии сильно поляризованной структуры сектора МСП. Большинство предприятий сконцентрировано в левой верхней области (области с малыми активами и достаточно высокой прибыльностью) в виде длинного узкого облака, плотность которого снижается в направлении слева направо (в сторону повышения объемов активов, в том числе и основных фондов). Отдельно отстоят два одиночных кластера, первый из которых (кластер 1) характеризуется очень большими по объему активами предприятия с учетом основных фондов и средней прибыльностью предприятия, а второй кластер (кластер 2) – малыми по объему активами с учетом основных фондов и очень малой прибыльностью. Предприятия этих кластеров составляют множество объектов  $Dt$ , предназначенных для исключения из выборки на последующих этапах анализа.

На четвертом этапе выполняется анализ данных методом главных компонент для второй выборки  $V_2$ . На данном этапе

анализировались следующие признаки: капитал и резервы, уставный капитал, внеоборотные активы, запасы, денежные средства и денежные эквиваленты. Цель исследования второй выборки состоит в анализе соотношений выделенных статей первых трех разделов бухгалтерского баланса [4].

Выполнено построение ГК и сформированы для них обобщенные названия на основе анализа вычисленных весовых коэффициентов признаков выборки  $V_2$ . Поскольку первая главная компонента  $F_{21}$  определяется признаками «Капитал и резервы», «Уставный капитал», «Внеоборотные активы», то ее обобщенное название – «Собственный капитал с учетом внеоборотных активов». Так как вторая главная компонента  $F_{22}$  определяется признаками «Запасы», «Денежные средства и денежные эквиваленты», то ее название – «Оборотный капитал (денежные средства с учетом запаса)».

На диаграмме рассеивания (рис. 2) основная часть предприятий располагается в области малых объемов собственного капитала, внеоборотных активов и оборотного капитала. Структура сектора МСП в этом

пространстве признаков также сильно поляризована. Выделены три отдаленных малочисленных кластера. Кластер 1 характеризуется большими объемами собственного капитала и внеоборотных активов, а также малым объемом оборотного капитала. Кластер 2 расположен в области средних по значению объемов собственного капитала и внеоборотных активов, а также малых объемов оборотного капитала. Кластер 3 одиночный и характеризуется также средними объемами собственного капитала и внеоборотных активов, но при этом большим объемом оборотного капитала. Предприятия перечисленных трех кластеров также включаются в множество исключаемых объектов Dt.

На пятом этапе проводится анализ данных методом главных компонент для третьей выборки  $V_3$ . В выборке присутствуют признаки: долгосрочные заемные средства, долгосрочные обязательства, денежные средства и денежные эквиваленты, суммарные активы, основные средства. Цель исследования третьей выборки состоит в анализе соотношений наиболее важных статей третьего, первого и второго разделов бухгалтерского баланса [4]. Предварительный анализ показал, что статьи пятого раздела бухгалтерского баланса (краткосрочные обязательства) не обладают достаточной дискриминационной силой, поэтому в исследовании не участвуют.

На основе анализа рассчитанных весовых коэффициентов признаков выборки  $V_3$  показано, что первая главная компонента  $F_{31}$  определяется признаками «Долгосрочные заемные средства», «Долгосрочные обязательства», «Суммарные активы», «Основные средства». Сформировано обобщенное название для  $F_{31}$  – «Долгосрочные обязательства (заемные

средства) с учетом основных средств и суммарных активов». Вторая главная компонента  $F_{32}$  в основном определяется признаком «Денежные средства и денежные эквиваленты», ее название соответствует признаку.

На диаграмме рассеяния (рис. 3) с сильно поляризованным распределением показано, что основное множество предприятий сосредоточено в области малых значений как компоненты  $F_{31}$ , так и компоненты  $F_{32}$ . Это значит, что большинство предприятий сектора МСП обладают небольшими активами и не имеют в качестве источников инвестиционного развития долгосрочные банковские кредиты. Выделены четыре кластера. Первые три находятся (кластеры 1, 2 и 3) в области малых объемов имеющихся денежных средств (компонента  $F_{32}$ ), при этом различаются только по компоненте  $F_{31}$  и соответствуют очень большим, большому и средним объемам долгосрочных обязательств. Кластер 4, находящийся в области средних значений  $F_{31}$  (долгосрочных обязательств), характеризуется большим объемом денежных средств ( $F_{32}$ ). Предприятия перечисленных кластеров дополняются в множество исключений Dt; при этом если вновь включаемые предприятия уже включены ранее, то повторное включение блокируется.

На шестом этапе формируется интегральная выборка  $V_{int}$  на основе построенных главных компонент  $F_{11}$ ,  $F_{12}$ ,  $F_{21}$ ,  $F_{22}$ ,  $F_{31}$  и  $F_{32}$  согласно ранее предложенному методу [8, 9] и проводится ее анализ также методом главных компонент, однако применяется он дважды: вначале для интегральной выборки  $V_{int}$ , а затем для усеченной интегральной выборки  $V_{intd}$ , полученной путем удаления объектов из множества исключений Dt.

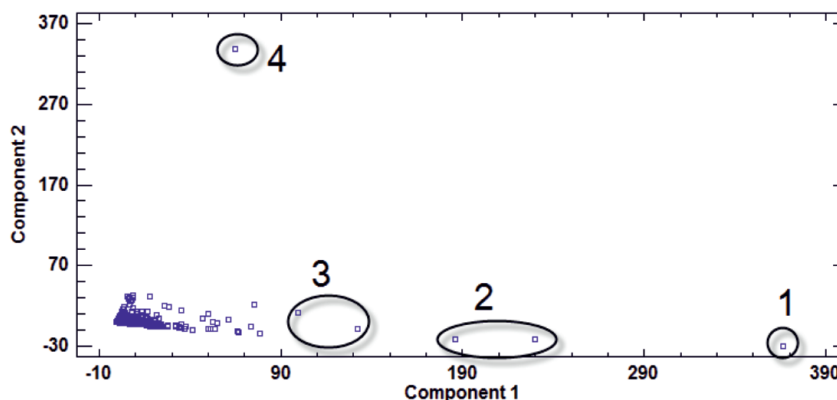


Рис. 3. Распределение предприятий сектора МСП в пространстве двух ГК (выборка  $V_3$ )

Первая главная компонента  $F_{int1}$  для выборки  $V_{int}$  определяется признаками (табл. 2): «Активы предприятия с учетом основных фондов», «Собственный капитал с учетом внеоборотных активов», «Долгосрочные обязательства (заемные средства) с учетом основных средств и суммарных активов», поэтому формируется ее обобщенное название – «Потенциал предприятия с учетом долгосрочных обязательств». Вторая главная компонента  $F_{int2}$  в основном определяется признаком «Оборотный капитал» и «Денежные средства», ее обобщенное название – «Оборотный капитал с учетом высоколиквидных активов».

Кластер, в который входит большая часть предприятий (рис. 4), имеет удовлетворительные обобщенные характеристики по потенциалу предприятия с учетом долгосрочных обязательств ( $F_{int1}$ ) и по оборотному капиталу с учетом высоколиквидных активов ( $F_{int2}$ ). Выделены пять далеко отстоящих кластеров, включающих в целом одиннадцать предприятий. Показано, что все одиннадцать предприятий совпали с теми предприятиями, которые были дополнены в множество исключений Dt на трех предшествующих этапах анализа. Интересен факт вхождения

в множество Dt очень слабого по потенциалу предприятия-аутсайдера «Форсаж» (кластер 5, рис. 4), которое при анализе выборки  $V_1$  тоже было выделено в отдельный, также отстающий кластер (одиночный кластер 2, рис. 1). Кроме того, в множество Dt входит очень сильное предприятие-лидер «Западно-сибирский нефтехимический комбинат» (кластер 1, рис. 4), которое ранее при анализе выборок  $V_1$ ,  $V_2$  и  $V_3$  также входило в кластеры-лидеры с номерами 1 (рис. 1, 2 и 3). Состав и характеристики с учетом риска кредитования предприятий кластеров-лидеров 1, 2, 3, 4 и кластера-аутсайдера 5 (рис. 4), полученных при анализе интегральной выборки  $V_{int}$ , представлены в табл. 3.

В зоне удовлетворительного состояния осталось основное множество предприятий, структура которых осталась невыявленной. Поэтому формируется усеченная интегральная выборка  $V_{int}$  путем удаления предприятий множества Dt. Далее проводится компонентный анализ выборки  $V_{int}$  с целью построения кластерной структуры сконцентрированного в зоне удовлетворительного состояния множества предприятий и выявления характеристик выявленных кластеров предприятий.

Таблица 2  
Весовые коэффициенты признаков для ГК интегральной выборки  $V_{int}$

Наименование ГК	Название главных компонент	Главная компонента $F_{int1}$	Главная компонента $F_{int2}$
$F_{11}$	Активы предприятия с учетом основных фондов	<b>0,523586</b>	0,00224101
$F_{12}$	Прибыльность предприятия	0,151431	0,11331
$F_{21}$	Собственный капитал с учетом внеоборотных активов	<b>0,509212</b>	0,0129715
$F_{22}$	Оборотный капитал (денежные средства с учетом запаса)	-0,327821	<b>0,688575</b>
$F_{31}$	Долгосрочные обязательства (заемные средства) с учетом основных средств и суммарных активов	<b>0,491588</b>	-0,0387229
$F_{32}$	Денежные средства	0,307414	<b>0,715089</b>

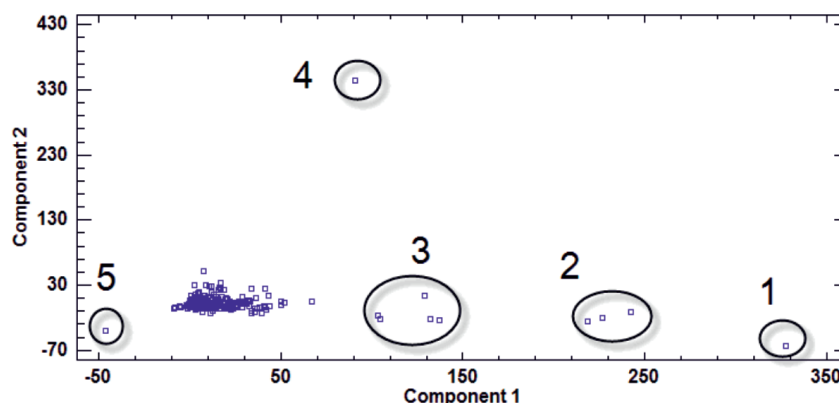


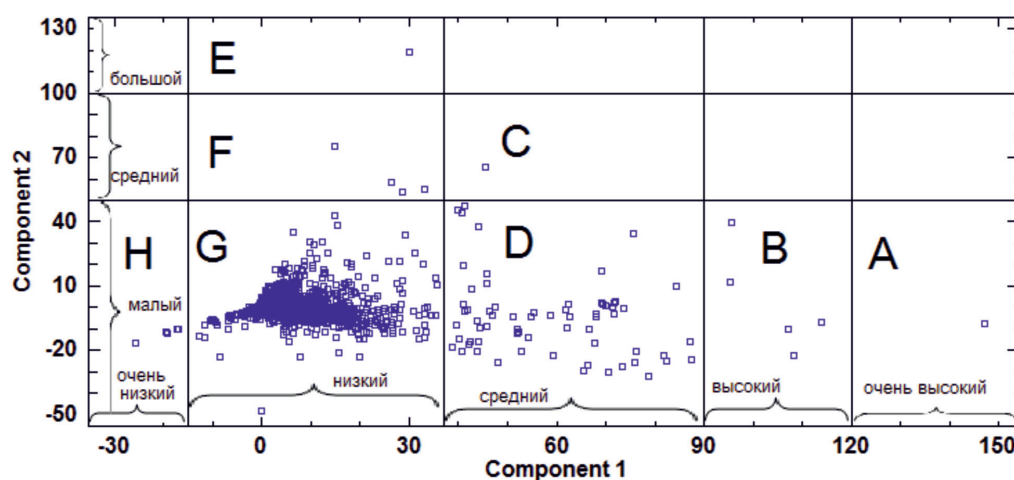
Рис. 4. Распределение предприятий сектора МСП в пространстве двух ГК (выборка  $V_{int}$ )



Таблица 3

Состав и характеристики лидеров/аутсайдеров (выборка  $V_{int}$ )

№ кластера	Предприятие	Раздел ОКВЭД	Состояние предприятий, риск кредитования
1	ООО «Западно-сибирский нефтехимический комбинат»	Раздел С. Обрабатывающие производства	Очень хорошее, очень низкий риск
2	ООО «Газпром переработка – Благовещенск»	Раздел С. Обрабатывающие производства	Хорошее
	ООО «РН-Трейд»	Раздел К. Деятельность финансовая и страховая	
	ООО «РН-Иностранные проекты»	Раздел К. Деятельность финансовая и страховая	
3	ООО «СБ Киб Холдинг»	Раздел К. Деятельность финансовая и страховая	Среднее
	АО «Многофункциональный комплекс Лахта Центр»	Раздел Л. Деятельность по операциям с недвижимым имуществом	
	ООО «Пик – развитие территорий»	Раздел М. Деятельность профессиональная, научная и техническая	
	ФГУП «Администрация гражданских аэропортов»	Раздел К. Деятельность финансовая и страховая	
	АО «Западный скоростной диаметр»	Раздел Л. Деятельность по операциям с недвижимым имуществом	
4	Московский фонд реновации жилой застройки	Раздел М. Деятельность профессиональная, научная и техническая	Ниже среднего
5	ООО «Форсаж»	Раздел С. Обрабатывающие производства	Неудовлетворительное

Рис. 5. Квадранты-кластеры предприятий сектора МСП (выборка  $V_{intd}$ )

### Результаты исследования и их обсуждение

По результатам проведения компонентного анализа усеченной интегральной выборки  $V_{intd}$  построены первые две ГК, выполнен анализ их весовых коэффициентов. Состав признаков, оказывающих существенное влияние на формирование ГК, почти не изменился. Отличие состоит в появлении признака «Прибыльность предприятия» в составе значимых признаков первой ГК.

Поэтому обобщенное название первой ГК  $F_{intd1}$  – «Потенциал предприятия и его эффективность с учетом долгосрочных обязательств». Название второй ГК  $F_{intd2}$  осталось без изменения – «Оборотный капитал с учетом высоколиквидных активов».

Полученная структура сектора МСП сохранила свою поляризованность, однако помимо квадранта G выделены не только малочисленные квадранты-кластеры А, В, С, Е, F, H, но многочисленный квадрант D (рис. 5).

Характеристики квадрантов-кластеров сформированы на основе названий ГК и с учетом предполагаемого риска кредитования предприятий построенных кластеров. Кластер А характеризуется очень высоким потенциалом и прибыльностью (ПиП), низким объемом оборотного капитала (ООК), имеет очень малый риск кредитования; кластер В – высоким ПиП, низким ООК, малый риск; кластер С – средним ПиП, средним ООК, средний риск; кластер D – средним ПиП, низким ООК, почти средний риск, кластер Е – низким ПиП, высоким ООК, довольно высокий риск, кластер F – низким ПиП, средним ООК, довольно высокий риск; основной кластер G – низким ПиП, низким ООК, высокий риск, кластер Н – очень низким ПиП, низким ООК, имеет очень высокий риск кредитования. Для предприятий кластера G целесообразно применять дополнительные методы анализа финансовой устойчивости предприятия.

### Заключение

Таким образом, предложена технология формирования кластерной структуры сектора МСП на основе метода главных компонент, предполагающая многократное проведение компонентного анализа выборок данных с учетом их декомпозиции и удаления объектов-предприятий в зависимости от выявленных структур сектора МСП на промежуточных этапах. Представлены результаты применения предложенной технологии в виде выявленных кластерных структур сектора МСП и характеристик построенных кластеров с учетом оценки характера риска при их кредитовании. Предложенную технологию целесообразно применять для разработки системы информационной поддержки процедур анализа финансового состояния предприятий МСП и принятия решений о возможности их кредитования.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 20-08-00796 «Интеллектуальное управление промышленным комплексом как динамическим многоагентным объектом на основе методов когнитивного моделирования и машинного обучения».*

### Список литературы

1. Сайт Банка России. Статистика банковского сектора. Сведения о задолженности по кредитам, предоставленным субъектам малого и среднего предпринимательства. [Электронный ресурс]. URL: <https://cbr.ru/statistics/table/?tableId=302-20&dt=20150101> (дата обращения: 13.02.2021).
2. Сайт Банка России. Статистика банковского сектора. Сведения об объемах предоставленных кредитов субъектам малого и среднего предпринимательства. [Электронный ресурс]. URL: <https://cbr.ru/statistics/table/?tableId=302-18&dt=20160101> (дата обращения: 13.02.2021).
3. Сайт Федеральной службы государственной статистики. Институциональные преобразования в экономике. [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/14036?print=1> (дата обращения: 14.02.2021).
4. Сайт Федеральной службы государственной статистики. Бухгалтерская (финансовая) отчетность предприятий и организаций за 2018 год. [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/opendata/7708234640-7708234640bdb002018> (дата обращения: 16.03.2021).
5. Постановление Правительства РФ от 04.04.2016 № 265 «О предельных значениях дохода, полученного от осуществления предпринимательской деятельности, для каждой категории субъектов малого и среднего предпринимательства» [Электронный ресурс]. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_196415/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_196415/) (дата обращения: 18.02.2021).
6. Туманов Ю.И. Обзор методик анализа кредитоспособности компании // Review of Business and Economics Studies. 2019. № 7 (4). С. 34–38.
7. Макшанов А.В., Журавлев А.Е. Технологии интеллектуального анализа данных: учебное пособие. СПб.: Лань, 2018. 212 с.
8. Ильясов Б.Г., Макарова Е.А., Закиева Е.Ш., Гиздуллина Э.С. Оценка данных о доходах населения в региональном разрезе методом главных компонент // Экономика региона. 2019. Т. 15. Вып. 2. С. 601–617.
9. Ильясов Б.Г., Макарова Е.А., Закиева Е.Ш., Габдуллина Э.Р. Методологические основы моделирования и интеллектуального управления промышленным комплексом как сложным динамическим многоагентным объектом // Современные наукоемкие технологии. 2020. № 11–2. С. 288–293.