## § 4.7. Кластеризация ИТ-предприятий Ульяновской области FCM-методом. Проверка надежности и достоверности результатов кластеризации.

Была проведена кластеризация ИТ-предприятий Ульяновской области с использование алгоритма нечетких -средних (FCM).

Алгоритм FCM по своему характеру относится к приближенным алгоритмам поиска экстремума для целевой функции при наличии ограничений. Поэтому в результате выполнения данного алгоритма определяется локально-оптимальное нечеткое разбиение, которое описывается совокупностью функций принадлежности, а также центрами или типичными представители каждого из нечетких кластеров.

В качестве метода нечеткой кластеризации выберем FCM, число кластеров равное 6, количество итераций –20, параметр, отвечающий за «нечеткость» кластеризации . Чем больше , тем более нечеткой является кластеризация. Для сравнения на рисунке 25 приведен фрагмент таблицы при . В таблице 13 приведены результаты кластеризации FCM-методом.

Чем ближе значение функции принадлежности в таблице 13 к 1, тем с большим основанием ИТ-предприятие может быть отнесено к данному кластеру.В таблице 13 выделим цветом клетки с максимальными показателями в строке.

Сравним таблицу 11 и таблицу 13 с результатами кластеризации разными методами по всем параметрам. Заключаем, что в основной группе (в таблице 11 кластер С6, в таблице 13 – кластер С5) в 77% случаев результаты кластеризации совпадают.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | C1 | C2 | C3 | C4  Таблица 13 | C5 | C6 |
| 01)ИнтелСофт | 0,001 | 0,933 | 0,010 | 0,000 | 0,055 | 0,000 |
| 02)СимбирСофт | 0,034 | 0,295 | 0,205 | 0,025 | 0,389 | 0,052 |
| 03)ИП Хомяченко Ю.Н. | 0,017 | 0,365 | 0,388 | 0,024 | 0,195 | 0,011 |
| 04)JackNyfe (Echo) | 0,000 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,998 | 0,000 |
| 05)Группа Компаний ИТМ | 0,000 | 0,024 | 0,010 | 0,000 | 0,965 | 0,000 |
| 06)ООО "Купи батон" | 0,125 | 0,233 | 0,211 | 0,112 | 0,218 | 0,102 |
| 07)JackNyfe(Echo) | 0,004 | 0,133 | 0,068 | 0,007 | 0,787 | 0,001 |
| 08)ООО АИСТ | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 |
| 09)ООО "Телеком.ру" | 0,000 | 0,003 | 0,001 | 0,000 | 0,996 | 0,000 |
| 10)Буферная бухта | 0,000 | 0,003 | 0,001 | 0,000 | 0,996 | 0,000 |
| 11)ITmaster | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,999 | 0,000 |
| 12)Веб-студия Creater | 0,023 | 0,047 | 0,042 | 0,021 | 0,047 | 0,819 |
| 13)ооо "андер девелопмент" | 0,004 | 0,081 | 0,016 | 0,002 | 0,897 | 0,001 |
| 14)ITECH.group | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 |
| 15)ЗАО "Софткей" | 0,000 | 0,024 | 0,009 | 0,000 | 0,965 | 0,000 |
| 16)B2B Дизайн-бюро «Зебра» | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 17)ЗАО"РЕГИОН.АТТЕСТ. ЦЕНТР" | 0,005 | 0,859 | 0,041 | 0,004 | 0,089 | 0,002 |
| 18)ООО"Автоматизация" | 0,000 | 0,184 | 0,011 | 0,000 | 0,804 | 0,000 |
| 19)ООО"Автоном" | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 |
| 20)ООО"Волга-Партнер" | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 |
| 21)ООО "Тайм-софт" | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 |
| 22)ООО"Техномастер" | 0,000 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,998 | 0,000 |
| 23)ООО "Решение" | 0,000 | 0,959 | 0,005 | 0,000 | 0,036 | 0,000 |
| 24)ООО «Автоком» | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,999 | 0,000 |
| 25)ОООВнедренческий центр "ПаритетЪ" | 0,000 | 0,959 | 0,005 | 0,000 | 0,036 | 0,000 |
| 26)ОАО "Ростелеком " | 0,004 | 0,126 | 0,016 | 0,001 | 0,852 | 0,001 |
| 27)Группа компаний Симтек | 0,000 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,999 | 0,000 |
| 28)ООО "Арсенал" | 0,000 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,998 | 0,000 |
| 29)ООО «ХайТэк Девелопмент Групп» | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,999 | 0,000 |
| 30)ООО «ТК «Альфа» | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 |
| 31)ООО «Тайм-Софт» | 0,000 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,999 | 0,000 |
| 32)ООО «Цифровая Бомба» | 0,007 | 0,220 | 0,107 | 0,005 | 0,656 | 0,004 |
| 33)ООО "АктивУчет" | 0,003 | 0,052 | 0,877 | 0,006 | 0,059 | 0,002 |
| 34)ООО «Решение» | 0,000 | 0,001 | 0,997 | 0,000 | 0,002 | 0,000 |
| 35)Litota Labs | 0,000 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,999 | 0,000 |
| 36)ООО "ЗЕВС" | 0,000 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,999 | 0,000 |
| 37)ООО «Тауруна» | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,999 | 0,000 |
| 38)ООО "УмКо" | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 |
| 39)ООО "Креативная разработка" | 0,000 | 0,003 | 0,990 | 0,000 | 0,006 | 0,000 |
| 40)ЗАО "Потисс" | 0,000 | 0,004 | 0,991 | 0,000 | 0,005 | 0,000 |
| 41)1С-Рарус | 0,000 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,998 | 0,000 |
| 42)ООО"Автоматизация" | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 |
| 43)ЗАО Ультрамарин | 0,000 | 0,004 | 0,001 | 0,000 | 0,995 | 0,000 |
| 44)Планикс | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 45)Artwedis | 0,000 | 0,003 | 0,990 | 0,000 | 0,006 | 0,000 |
| 46)ОООСпецМонтажСервис | 0,029 | 0,016 | 0,010 | 0,009 | 0,015 | 0,922 |
| 47)ООО"АгроСервис-ИТ" | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,999 | 0,000 |
| 48)ООО "Система" | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 |
| 49)ООО " веб-студия Умножение" | 0,000 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,999 | 0,000 |

ИТ-предприятий, попавших в другие кластеры, стало больше. Здесь результаты кластеризации FCM-методом более сопоставимы с более «дифференцированной» кластеризацией иерархическим методом при (см. таблицу 11). ИТ-предприятия, выделившиеся в другие кластеры, в основном, – те же.

В С2 вошли ИнтелСофт, ИП Хомяченко, ООО «Купи батон», ЗАО «РЕГИОН.АТТЕСТ. ЦЕНТР», ООО «Решение», ООО Внедренческий центр "ПаритетЪ", большинство из которых выделялось в отдельные кластеры при иерархическом методе. В кластер С3 вошли ИП Хомяченко, ООО «Купи батон», ООО «АктивУчет», ООО «Решение», ООО «Креативная разработка», ЗАО «Потисс», Artwedis. В кластер С4 – ITECH.group, ООО «ТК «Альфа». В С6 – Веб-студия Creater, ОООСпецМонтажСервис. Необходимо отметить, что большинство из этих предприятий – лидеры в кластеризации иерархическим методом по отдельным группам параметров (см. таблицу 14), т.е. выделение их в отдельные кластеры FCM-методом неслучайно.

Точного совпадения кластеров, кроме самого многочисленного, нет, но все лидеры и аутсайдеры иерархического метода по различным группам параметров «засветились» FCM-методом.

Отсюда видно, что метод FCMболее «тонкий» метод кластеризации, нежели центроидный метод. Его достоинства – простота и быстрота использования; нечеткость при определении объекта в кластер, что позволяет определять объекты, которые находятся на границе, в кластеры.

В таблице 14 приведен сравнительный анализ кластеризации при центроидным методом для каждой группы параметров отдельно и для всех параметров.

Таблица 13

Кластеризация по отдельным показателям, по всем параметрам

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| кластеры | Область деятельности | Финансово-экономические показатели | Кадровые показатели | Рынок сбыта | Внутренние процессы компании | Инновационная деятельность | Социальные программы и образовательная деятельность | Кластеризация по всем параметрам |
| Первый | ЗАО"РЕГИОНАЛЬНЫЙ АТТЕСТАЦИОННЫЙ ЦЕНТР" **ОООСпецМонтажСервис** | JackNyfe(Echo) ITECH.group,  ООО «ТК «Альфа» | ООО "АктивУчет" | **ООО "Купи батон"** | Группа Компаний ИТМ, ООО АИСТ, ООО "Телеком.ру" ,ITmaster | ИП Хомяченко, **ООО "Купи батон"** | СимбирСофт , **Веб-студия Creater,ОООСпецМонтажСервис** | **Веб-студия Creater,**  **ООО "Купи батон"** |
| Второй | ИнтелСофт  **ИПХомяченко** | остальные | **ИП Хомяченко**, ИнтелСофт, ITECH.group | Остальные | Остальные | **ОООСпецМонтажСервис,**ИнтелСофт | ООО «Цифровая Бомба»,**ООО "Купи батон"** | **ОООСпецМонтажСервис, Хомяченко Ю.Н.** |
| Третий | Остальные | Группа Компаний ИТМ | Остальные | Планикс | ИнтелСофт ,СимбирСофт,ИП Хомяченко, JackNyfe (Echo) , "Купи батон", , Буферная бухта , Веб-студия, Creater, «ТК «Альфа»,ООО «Тайм-Софт»,ООО «Цифровая Бомба»,"ЗЕВС",ЗАО Ультрамарин | Остальные | Остальные | Остальные |

Первый кластер – самый отдаленный от начала координат, т.е. он характеризуется более высокими показателями, ИТ-предприятия попавшие в него можно назвать лидерами.У третьего кластера самые низкие показатели. В группе «Область деятельности» наибольшее расстояние центра кластера от начала координат означает редкость соответствующей сферы деятельности. В группе «Финансово-экономические показатели» данные и результаты кластеризации искажены тем, что многие предприятия не указали объемов реализации, и программа автоматических считала их равными нулю.

Обращает на себя внимание, что центроидный метод кластеризации выбрасывает по каждой группе показателей в отдельные кластеры те ИТ-предприятия, которые значительно отличаются соответствующими показателями от общей массы. Т.е. предъявляется «общая масса» и «белые вороны» – лидеры или аутсайдеры.

При сравнении результатов кластеризации по отдельным группам показателей и по всем показателям видно, что лидеры отдельных групп становятся лидерами кластеризации по всем параметрам, т.е. их «лица необщее выражение» сказывает и на общих результатах кластеризации.

**Для оценки надежности и достоверности работы программы** использовались следующие процедуры, обеспечивающие адекватную проверку качества кластерного анализа.

– Кластерный анализ выполнялся на основании одних и тех же данных, но с использованием различных способов измерения расстояния (метрики и ).

– Кластеризация на разное количество кластеров даёт сопоставимые результаты.

– Кластеризация по разным группам и по всем параметрам даёт сопоставимые результаты, лидеры отдельных групп становятся лидерами при общей кластеризации.

–Результатыкластерного анализа по сокращенному и пополному набору переменныхсравнимы.

– Результаты, полученные центроидным методом и FCM-методом, сопоставимы.