

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки 21.04.01 Нефтегазовое дело

Отделение школы (НОЦ) ОНД

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Зонирование Верхнесалымского нефтяного месторождения с помощью кластеризации каротажных кривых алгоритмами машинного обучения

УДК 004.85:553.98(571.122)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ТМ71	Назаров Артем Валерьевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Белозеров В.Б.	д.г.-м.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Ишков О.Ю.	Ph.D		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Белозеров В.Б.	д.г.-м.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Чернова О.С.	д.г.-м.н.		

Томск – 2019 г.

Результаты освоения ООП

Код	Результат обучения*	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
Общие по направлению подготовки (специальности)		
Р1	Применять естественнонаучные, математические, гуманитарные, экономические, инженерные, технические и глубокие профессиональные знания в области современных нефтегазовых технологий для решения прикладных междисциплинарных задач и инженерных проблем, соответствующих профилю подготовки	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1; УК-2; УК-3; УК-4; УК-5; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4; ОПК-5; ОПК-6; ПК-1; ПК-2; ПК-3; ПК-4; ПК-6; ПК-7; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-14; ПК-16; ПК-17; ПК-19; ПК-20; ПК-21; ПК-23), CDIO Syllabus (2.4, 2.5, 4.1, 4.2...), Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10...), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: (40.178 Специалист в области проектирования автоматизированных систем управления технологическими процессами) , (40.116 Специалист по обеспечению промышленной безопасности при эксплуатации оборудования, работающего под избыточным давлением, и/или подъемных сооружений) , (40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам) , (19.007 Специалист по добыче нефти, газа и газового конденсата) , (19.021 Специалист по промысловой геологии)
Р2	Планировать и проводить аналитические и экспериментальные исследования с использованием новейших достижений науки и техники, уметь критически оценивать результаты и делать выводы, полученные в сложных и неопределённых условиях; использовать принципы изобретательства, правовые основы в области интеллектуальной собственности	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1; УК-2; УК-4; УК-6; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4; ОПК-5; ОПК-6; ПК-1; ПК-2; ПК-3; ПК-4; ПК-5; ПК-6; ПК-7; ПК-8; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-12; ПК-13; ПК-14; ПК-15; ПК-17; ПК-18; ПК-19; ПК-20; ПК-22; ПК-23), CDIO Syllabus (2.4, 2.5, 4.1, 4.2...), Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10...), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: (40.178 Специалист в области проектирования автоматизированных систем управления технологическими процессами) , (40.116 Специалист по обеспечению промышленной безопасности при эксплуатации оборудования, работающего под избыточным давлением, и/или подъемных сооружений) , (40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам) , (19.007 Специалист по добыче нефти, газа и газового конденсата) , (19.021 Специалист по промысловой геологии)
Р3	Проявлять профессиональную осведомленность о передовых знаниях и открытиях в области нефтегазовых технологий с учетом передового отечественного и зарубежного опыта; использовать инновационный подход при разработке новых идей и методов проектирования объектов нефтегазового комплекса для решения инженерных задач развития нефтегазовых технологий, модернизации и совершенствования нефтегазового производства	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1; УК-2; УК-4; УК-5; УК-6; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-3; ОПК-6; ПК-1; ПК-2; ПК-3; ПК-4; ПК-5; ПК-6; ПК-7; ПК-8; ПК-9; ПК-11; ПК-13; ПК-14; ПК-15; ПК-18; ПК-20; ПК-21; ПК-22; ПК-23), CDIO Syllabus (2.4, 2.5, 4.1, 4.2...), Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10...), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: (40.178 Специалист в области проектирования автоматизированных систем управления технологическими процессами) , (40.116 Специалист по обеспечению промышленной безопасности при эксплуатации оборудования, работающего под избыточным давлением, и/или подъемных сооружений) , (40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам) ; (19.007 Специалист по добыче нефти, газа и газового конденсата) , (19.021 Специалист по промысловой геологии)
Р4	Выбирать оптимальные решения в многофакторных ситуациях, владеть методами и средствами технического моделирования производственных процессов и объектов нефтегазовой	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1; УК-2; УК-6; ОПК-1; ОПК-2; ПК-1; ПК-4; ПК-5; ПК-6; ПК-7; ПК-8; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-15; ПК-16; ПК-17; ПК-20), CDIO Syllabus (2.4, 2.5, 4.1, 4.2...), Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10...), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования

	отрасли; управлять технологическими процессами, обслуживать оборудование, использовать любой имеющийся арсенал технических средств, обеспечивать высокую эффективность при разработке нефтегазовых объектов	профессиональных стандартов: (40.178 Специалист в области проектирования автоматизированных систем управления технологическими процессами) , (40.116 Специалист по обеспечению промышленной безопасности при эксплуатации оборудования, работающего под избыточным давлением, и/или подъемных сооружений) , (40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам) ; (19.007 Специалист по добыче нефти, газа и газового конденсата) , (19.021 Специалист по промысловой геологии)
Р5	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности; активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию и защищать результаты инженерной деятельности	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1; УК-2; УК-3; УК-4; УК-5; УК-6; ОПК-2; ОПК-3; ОПК-4; ОПК-5; ПК-1; ПК-2; ПК-8; ПК-16; ПК-18; ПК-21; ПК-23), CDIO Syllabus (2.4, 2.5, 4.1, 4.2...), Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10...), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: (40.178 Специалист в области проектирования автоматизированных систем управления технологическими процессами) , (40.116 Специалист по обеспечению промышленной безопасности при эксплуатации оборудования, работающего под избыточным давлением, и/или подъемных сооружений) , (40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам) ; (19.007 Специалист по добыче нефти, газа и газового конденсата) , (19.021 Специалист по промысловой геологии)
Р6	Работать эффективно в качестве члена и руководителя команды, умение формировать задания и оперативные планы всех видов деятельности, распределять обязанности членов команды, нести ответственность за результаты работы; координировать работу групп по извлечению и совершенствованию добычи нефти, газа и газового конденсата, передавать знания через наставничество и консультирование	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1; УК-2; УК-3; УК-4; УК-5; УК-6; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-3; ОПК-4; ОПК-5; ОПК-6; ПК-6; ПК-11; ПК-12; ПК-13; ПК-15; ПК-23), CDIO Syllabus (2.4, 2.5, 4.1, 4.2...), Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10...), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: (40.178 Специалист в области проектирования автоматизированных систем управления технологическими процессами) , (40.116 Специалист по обеспечению промышленной безопасности при эксплуатации оборудования, работающего под избыточным давлением, и/или подъемных сооружений) , (40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам) ; (19.007 Специалист по добыче нефти, газа и газового конденсата) , (19.021 Специалист по промысловой геологии)
Р7	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные машины и механизмы для реализации технологических процессов нефтегазовой области, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-3; ОПК-1; ОПК-2; ПК-1; ПК-3; ПК-6; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-14; ПК-16; ПК-17; ПК-18; ПК-19; ПК-21; ПК-22), CDIO Syllabus (2.4, 2.5, 4.1, 4.2...), Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10...), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: (40.178 Специалист в области проектирования автоматизированных систем управления технологическими процессами) , (40.116 Специалист по обеспечению промышленной безопасности при эксплуатации оборудования, работающего под избыточным давлением, и/или подъемных сооружений) , (40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-кон-структорским разработкам) ; (19.007 Специалист по добыче нефти, газа и газового конденсата) , (19.021 Специалист по промысловой геологии)
Профиль 1 – Геолого-геофизические проблемы освоения месторождений нефти и газа		
Р8	Предлагает процедуры анализа и оценки геологических объектов по данным геолого-геофизической	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1; УК-2; УК-3; УК-5; ОПК-1; ОПК-2; ПК-4; ПК-5; ПК-6; ПК-7; ПК-8; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-12; ПК-15; ПК-17; ПК-19; ПК-20), CDIO Syllabus (2.4, 2.5, 4.1, 4.2...), Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10...), согласованный с требованиями

	изученности и скважинных исследований в целях разработки программы исследований и технологических мероприятий для конкретного типа месторождений углеводородов	международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: (40.178 Специалист в области проектирования автоматизированных систем управления технологическими процессами), (40.116 Специалист по обеспечению промышленной безопасности при эксплуатации оборудования, работающего под избыточным давлением, и/или подъемных сооружений), (40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам); (19.007 Специалист по добыче нефти, газа и газового конденсата), (19.021 Специалист по промысловой геологии)
Р9	Предлагать процедуры оценки эффективности промысловых работ и оптимизации работы оборудования при добыче нефти, газа и газового конденсата, обеспечение энергоэффективности технологических процессов	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1; УК-2; УК-3; УК-5; ОПК-1; ОПК-2; ПК-4; ПК-5; ПК-6; ПК-7; ПК-8; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-12; ПК-15; ПК-17; ПК-19; ПК-20; ПК-23), CDIO Syllabus (2.4, 2.5, 4.1, 4.2...), Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10...), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: (40.178 Специалист в области проектирования автоматизированных систем управления технологическими процессами), (40.116 Специалист по обеспечению промышленной безопасности при эксплуатации оборудования, работающего под избыточным давлением, и/или подъемных сооружений), (40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам); (19.007 Специалист по добыче нефти, газа и газового конденсата), (19.021 Специалист по промысловой геологии)
Р10	Обеспечивать внедрение новых методов при построении геолого-геофизических моделей; материалов и нефтегазового оборудования в осложненных условиях эксплуатации нефтяных и газовых скважин	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1; УК-2; УК-4; УК-6; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4; ПК-1; ПК-2; ПК-3; ПК-4; ПК-6; ПК-8; ПК-12; ПК-12; ПК-13; ПК-16; ПК-18; ПК-19; ПК-20; ПК-21), CDIO Syllabus (2.4, 2.5, 4.1, 4.2...), Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10...), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: (40.178 Специалист в области проектирования автоматизированных систем управления технологическими процессами), (40.116 Специалист по обеспечению промышленной безопасности при эксплуатации оборудования, работающего под избыточным давлением, и/или подъемных сооружений), (40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам); (19.007 Специалист по добыче нефти, газа и газового конденсата), (19.021 Специалист по промысловой геологии)
Профиль 2. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений		
Р11	Контролировать выполнение требований регламентов для обеспечения добычи нефти, газа и газового конденсата	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1; УК-2; УК-4; ОПК-1; ОПК-4; ОПК-6; ПК-1; ПК-5; ПК-6; ПК-12; ПК-15; ПК-16; ПК-18; ПК-19; ПК-23), CDIO Syllabus (2.4, 2.5, 4.1, 4.2...), Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10...), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: (40.178 Специалист в области проектирования автоматизированных систем управления технологическими процессами), (40.116 Специалист по обеспечению промышленной безопасности при эксплуатации оборудования, работающего под избыточным давлением, и/или подъемных сооружений), (40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам); (19.007 Специалист по добыче нефти, газа и газового конденсата), (19.021 Специалист по промысловой геологии)
Р12	Совершенствовать, разрабатывать мероприятия и/или подготавливать	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1; УК-2; УК-3; УК-6; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-3; ОПК-4; ПК-1; ПК-2; ПК-3; ПК-4; ПК-5; ПК-6; ПК-7; ПК-8; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-12; ПК-13; ПК-14; ПК-15; ПК-16;

	<p>бизнес-предложения по технологическому процессу и технологическим мероприятиям при добыче нефти, газа и газового конденсата</p>	<p><i>ПК-17; ПК-18; ПК-19; ПК-20; ПК-21; ПК-22; ПК-23), CDIO Syllabus (2.4, 2.5, 4.1, 4.2...), Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10...), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: (40.178 Специалист в области проектирования автоматизированных систем управления технологическими процессами), (40.116 Специалист по обеспечению промышленной безопасности при эксплуатации оборудования, работающего под избыточным давлением, и/или подъемных сооружений), (40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам); (19.007 Специалист по добыче нефти, газа и газового конденсата), (19.021 Специалист по промысловой геологии)</i></p>
<p>Р13</p>	<p>Корректировать программы работ по добыче нефти, газа и газового конденсата, выбирать и принимать решения в нестандартных ситуациях, опираясь на государственные стандарты в области нефтегазодобычи</p>	<p>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (<i>УК-2; УК-3; УК-4; УК-6; ОПК-1; ОПК-2; ПК-1; ПК-3; ПК-6; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-14; ПК-16; ПК-18; ПК-19; ПК-21; ПК-22</i>), CDIO Syllabus (2.4, 2.5, 4.1, 4.2...), Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10...), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов: (40.178 Специалист в области проектирования автоматизированных систем управления технологическими процессами), (40.116 Специалист по обеспечению промышленной безопасности при эксплуатации оборудования, работающего под избыточным давлением, и/или подъемных сооружений), (40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам); (19.007 Специалист по добыче нефти, газа и газового конденсата), (19.021 Специалист по промысловой геологии)</p>

Министерство образования и науки Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки (специальность) 21.04.01 Нефтегазовое дело
 Отделение школы (НОЦ) ОНД

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2ТМ71	Назаров Артем Валерьевич

Тема работы:

Зонирование Верхнесалымского нефтяного месторождения с помощью кластеризации каротажных кривых алгоритмами машинного обучения

Утверждена приказом директора (дата, номер)	19.07.2019 г., № 7340/с
---	-------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	15.08.2019
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><small>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</small></p>	<p>Геофизические исследования скважин месторождения, результаты интерпретации ГИС, информация о пластовом и забойном давлениях, информация о геологическом строении Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции в районе месторождения.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><small>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов,</small></p>	<p>Обзор литературных источников, связанных с тематикой работы, разработка основной методики выделения продуктивных интервалов в рамках кластерного анализа, применение результатов кластерного анализа для прогноза промышленных скважинных характеристик, экономическая оценка перспективности методики, социальная ответственность.</p>

<i>подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	
--	--

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обзорная схема района Верхнесалымского месторождения 2. Фрагмент карты природопользования ХМАО-Югры 3. Тектоническая карта центральной части Западно-Сибирской плиты 4. Фрагмент карты природных ресурсов ХМАО-Югры 5. Сравнение кластеров полученных разными алгоритмами 6. Оптимизация кластерного анализа 7. Планшеты скважин с результатами кластерного анализа
---	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	профессор, Ph.D. Ишков О.Ю.
Социальная ответственность	профессор, д.г.-м.н. Белозеров В.Б

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:
4 Разработка методики

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01.07.2019
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Белозеров В.Б.	д.г.-м.н.		01.07.2019

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ТМ71	Назаров Артем Валерьевич		01.07.2019

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2ТМ71	Назаров Артем Валерьевич

Школа	Отделение школы (НОЦ)	Уровень образования	Направление/специальность
		магистратура	21.04.01. нефтегазовое дело

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Экономические параметры, являющиеся актуальными на период 2018-2020 годов, цены на капитальные и операционные затраты
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Ставки заработных плат, нормы отчислений в амортизационный фонд, нормы на расходы материалов и инструмента
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Применяется консолидированная система налогообложения, включающая НДС (18%), НДСИ (расчетная величина), налог на прибыль (20%), экспортную пошлину (132 \$/тонна)

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Технико-экономическое обоснование возможности бурения скважин
2. Разработка устава научно-технического проекта	Расчет капитальных и эксплуатационных затрат, налоговых отчисления
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Обоснование целесообразности бурения скважин

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Профиль ЧДД по месяцам
2. Расчет ЧДД на примере одной скважины
3. Структура операционных затрат и системы налогообложения

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	12.07.2019
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Ишков О.Ю.	Ph.D.		12.07.2019

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ТМ71	Назаров Артем Валерьевич		12.07.2019

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2ТМ71	Назаров Артем Валерьевич

Школа	Отделение школы (НОЦ)
Уровень образования	Направление/специальность
магистратура	21.04.01 Нефтегазовое дело

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера) 	<p>Описать возможные вредные факторы, влияющие на окружающую среду (биосферу, гидросферу, атмосферу и литосферу). Спланировать меры по предупреждению возможных аварийных ситуаций в процессе бурения и эксплуатации скважин.</p>
<p>2. Перечень законодательных и нормативных документов по теме</p>	<p>1. ФЗ «Об охране окружающей среды», 2. Приказ «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности»</p>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) 	<p>Предлагается контроль освещения и температурных показателей на рабочем месте в соответствии с нормативными положениями, установка ограждающих приспособлений</p>
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) 	<p>Необходимо изучить такие вредные факторы, как недостаточная освещенность, электрические замыкания. Требуется снизить пожаровзрывоопасность, возможность утечек газа. Исключить нанесение вреда здоровью в результате открытого контакта с оборудованием.</p>
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); 	<p>Во время бурения скважин возможны ГНВП, также негерметичность амбара может привести к разливу бурового раствора, разливы нефти при капитальном ремонте скважи</p>

<ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий 	<p>Возможные ЧС: обрыв электрического кабеля большого напряжения, проявление ГНВП во время бурения, производственные аварии, природные ЧС, такие как сильный мороз.</p>
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны 	<p>Место работы должно быть оборудовано в соответствии с ГОСТ 12.2.032-78</p>
Перечень графического материала:	
<p>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</p>	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	10.07.2019
---	-------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Белозеров В.Б.	Д.Г-М.Н.		10.07.2019

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ТМ71	Назаров Артем Валерьевич		10.07.2019

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 103 страниц, 29 рисунков, 3 таблицы, 27 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: зонирование, кластеризация, машинное обучение, каротажные кривые, алгоритмы кластеризации, кластерный анализ, анализ ГИС, архитектура резервуаров.

Объектом исследования являются геологические особенности месторождения, характеристики каротажных кривых, архитектура резервуара.

В процессе исследования проводилась работа по кластеризации каротажных кривых с помощью актуальных алгоритмов кластеризации. Признаки отличия, необходимые для сравнения кривых были определены двумя методами, подходящими для такого рода задач. На основе выделенных признаков происходило деление на группы – кластеры. Таким образом, решалась задача применения машинного обучения в процессе анализа фациальных зон месторождения и визуализация геологического строения.

В результате исследования была достигнута поставленная цель: была разработана методика, позволяющая путем обработки каротажных кривых делить месторождение на зоны.

Степень внедрения: методика может быть использована специалистами нефтегазовых компаний для решения геологических задач, а также задач, связанных с разработкой месторождений.

Область применения: анализ каротажных кривых, построение фациальной модели, планирование схемы разрабатываемых скважин.

Экономическая эффективность/значимость работы: методика позволяет проводить анализ месторождения за считанные минуты, таким образом приводит к значительной экономии финансов.

Дальнейшие рекомендации по работе: анализ данных разработки по скважинам, соответствующим определенному кластеру и прогнозирование данных разработки на вновь пробуренных скважинах.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

RT – каротаж сопротивления;

GR – гамма каротаж;

NEU – нейтронный каротаж;

DEN – плотностной каротаж;

ГИС – геофизические исследования скважин;

ВНК – водонефтяной контакт;

ДПФ – дискретное преобразование Фурье;

РИГИС – результаты интерпретации геофизических исследований скважин;

DBSCAN – плотностной метод кластеризации

SPE – общество инженеров нефтяников.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	15
1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕСТОРОЖДЕНИИ	17
1.1 Географическое и административное положение	17
1.2 Краткая характеристика климатических условий	20
2 ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ	23
2.1 Геологическое строение месторождения	23
2.2 Литолого-стратиграфическая характеристика района	25
2.3 Тектоника	33
2.4 Нефтегазоносность месторождения.....	37
3 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	45
4 ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	52
4.1 Объект исследования.....	52
4.2 Исходные данные.....	53
4.3 Реализация	53
5 МЕТОДОЛОГИЯ	54
5.1 Алгоритмы кластеризации	54
5.2 К-Means кластеризация	55
5.3 Алгоритм Agglomerative clustering.....	57
5.4 Spectral Clustering	58
5.5 Методы визуализации данных.....	59
5.6 Подготовка данных	61
6 ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ	66
6.1 Рекомендации по разработке	78

7	ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ	80
7.1	Эффективность методики	80
7.2	Реализация технической задачи	81
8	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	82
8.1	Аварийные ситуации в процессе бурения и добычи.....	85
8.2	Охрана окружающей среды	86
8.3	Ликвидация скважин	87
8.4	Безопасность и здоровье персонала	88
8.5	Организация рабочей зоны	89
8.6	Анализ вредных факторов и обоснование мероприятий по их устранению	90
9	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	95
10	СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	97
	ПРИЛОЖЕНИЕ А	100

ВВЕДЕНИЕ

Целью работы является разработка методики, с помощью которой можно зонировать месторождения в зависимости от их геологического строения с помощью алгоритмов машинного обучения. Основные задачи, решение которых представлено в работе:

1. Ознакомление с геологическим строением выбранного для анализа месторождения, анализ предоставленных для работы данных ГИС, РИГИС. Поиск каротажей, находящихся в интересующем интервале резервуара;

2. Разработать подход для обработки исходных данных, а также провести автоматизацию при помощи машинного обучения. Составить программу, автоматизирующую процесс;

3. Поиск методологии для нахождения признаков отличия временных рядов, которыми являются кривые каротажа;

4. Поиск алгоритмов машинного обучения, для кластеризации данных на основе найденных признаков отличия;

5. Визуализация результатов кластеризации, выбор наиболее подходящей с учетом информации об обстановке осадконакопления;

6. Построение концептуальной карты, отражающей фациальное распространение. Анализ карты и выделение зон с лучшими коллекторскими свойствами;

7. Рекомендации по разработке. Поскольку информация содержит в себе сведения о геологии пласта, в совокупности с полученной картой улучшенных характеристик это может служить опорной информацией при выборе сетки скважин или типе закачивания.

8. Оценка экономической эффективности предложенной методики

9. Анализ возможных негативных последствий на окружающую среду в результате бурения уплотняющих скважин и планирование

способов их минимизации, планирование мероприятий для обеспечения безопасной работы персонала.

Работа является актуальной ввиду того, что разработанная методика является не только теоретическим предположением, но и имеет возможность практического применения для разных задач нефтяной индустрии.

Данным подходом могут пользоваться как геологи, так и нефтяники-разработчики. Методика использует последние наработки в области машинного обучения, а также совершенно новые разработанные подходы, которые позволяют решать сложные задачи.

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕСТОРОЖДЕНИИ

1.1 Географическое и административное положение

Верхнесалымское месторождение располагается в южной части Нефтеюганского района Ханты-Мансийского автономного округа – Тюменской области.

На юго-западе от района работ находится г. Тюмень – административный центр Тюменской области, в 160 км к северо-западу г. Ханты-Мансийск – административный центр Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, в 140 км к северо-востоку и районный центр г. Нефтеюганск.

Ближайшими населенными пунктами являются: пос. Кинтус, расположенный в юго-восточной части Верхнесалымского лицензионного участка, пос. Салым и пос. Куть-Ях, находящиеся соответственно в 6 км и 25 км на северо-восток от месторождения, а также пос. Горноправдинск – в 40 км северо-западнее от района работ.

Поселки расположены вблизи железной дороги Тюмень-Сургут-Уренгой и автотрассы федерального значения Тюмень-Сургут-Ханты-Мансийск, пересекающих Верхнесалымский лицензионный участок с юга на северо-восток (Рисунок 1.1).

Верхнесалымское месторождение находится в зоне активной нефтедобычи и развитой инфраструктуры, где разрабатываются значительные по запасам месторождения: Правдинское, Салымское, Приобское, Приразломное, Малобалыкское, Мамонтовское, Усть-Балыкское и другие, где достаточно широко развита система магистральных (Усть-Балык-Омск, Усть-Балык-Курган-Альметьевск, Нижневартовск-Курган-Самара, Сургут-Нижний Новгород-Полоцк и Южный Балык-Тобольск) и внутрипромысловых трубопроводов и линий энергоснабжения (от Сургутской ГРЭС).

В пределах лицензионной территории находятся объекты культурного наследия Лев, Самсоновский Сор, Костор, Чагорово, входящие в состав комплекса объектов культурного наследия «Озеро Чагорово». Весь комплекс включает 25 памятников археологии (селища, городища, кладбища, святилище), относящиеся к периоду от неолита до нашего (VI тыс. до н.э. – сер. XX в.).

На севере и северо-западе Верхнесалымского лицензионного участка расположены две территории традиционного недропользования (НЮ-26, НЮ-27), которые составляют не менее 45% площади. Заказников и заповедников в пределах лицензионного участка нет.

На юге и юго-востоке расположен участок охотопользования общественной организации «Нефтеюганское общество охотников и рыболовов», а также участок лесопользования ООО «Проминжиниринг».

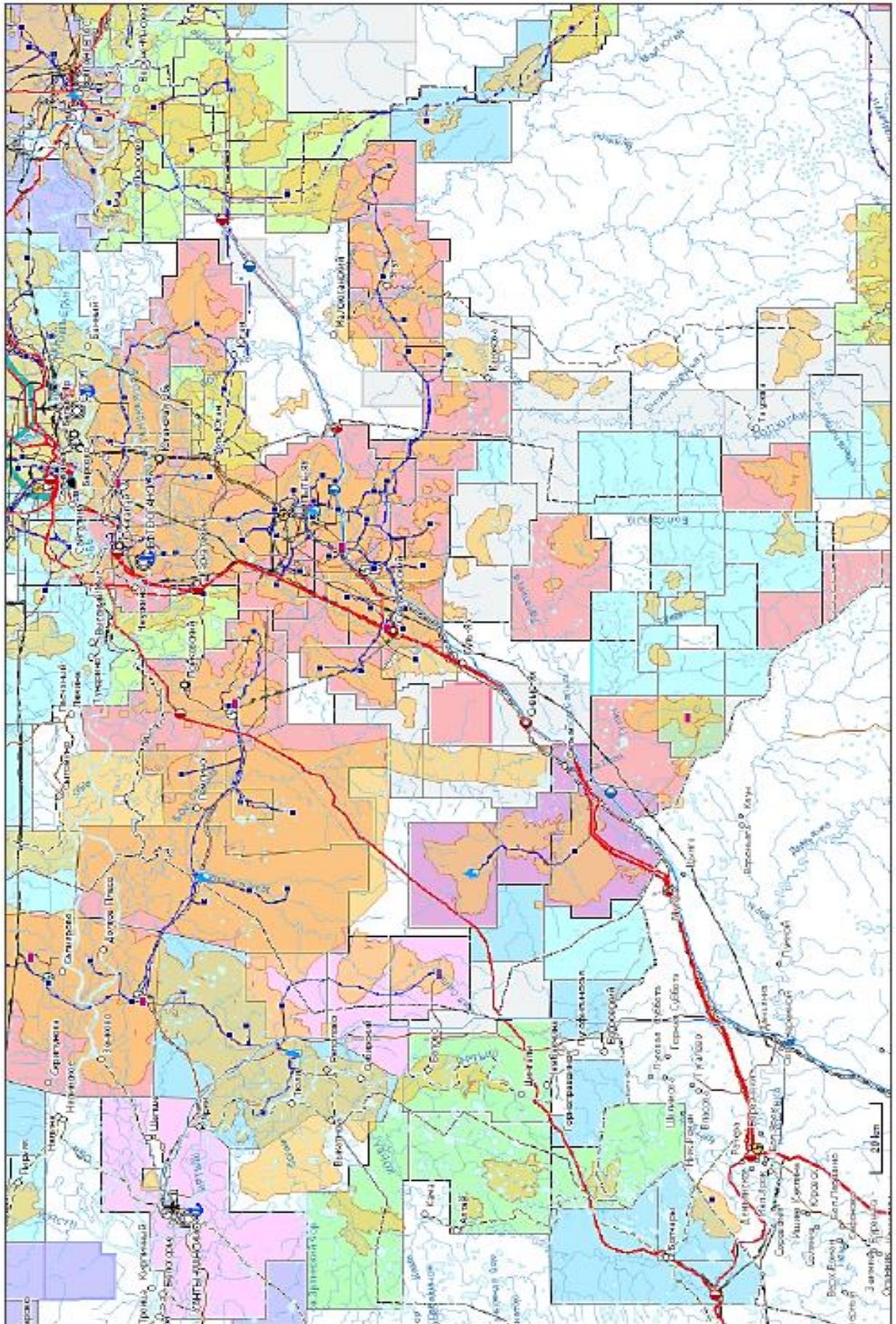


Рисунок 1.1 – Общая схема района Верхнесалымского месторождения

Условные обозначения

✈	Аэропорты	●	Подстанции 500V
⚓	Речные порты	—	Магистральные газопроводы
•	Административные центры России	—	Магистральные газопроводы
•	Населенные пункты за пределами ХМАО	—	Магистральные нефтепроводы
■	Контурные населенных пунктов за пределами ХМАО	—	Магистральные нефтепроводы
⊙	Город окружного значения	—	Межпромысловые нефтепроводы
○	Город районного значения	—	Региональные автодороги
◦	Поселок городского типа	—	С <u>тв. покрытием</u>
◦	Поселок сельского типа	—	Грунтовые
■	Контурные населенных пунктов ХМАО	---	Зимники
---	Границы краев и областей	---	Железные дороги
---	Границы административных округов	---	ЛЭП 110V
---	Границы административных районов ХМАО	---	ЛЭП 220V
---	Государственная граница	---	ЛЭП 500V
---	Гидрография	—	<u>Конденсатороводы</u>
---	Русла и озера	■	Месторождения УВ
▲	Объекты <u>нефтегазопереработки</u>	□	Лицензии на разведку и добычу
▲	ГПЗ	■	Лицензии НК Сургутнефтегаз
▲	НПЗ	■	Лицензии НК Лукойл
▲	ГТЭС на природном газе	■	Лицензии НК Роснефть
▲	ГРЭС	■	Лицензии НК Славнефть
▲	КС	■	Лицензии НК <u>Русснефть</u>
▲	НПС	■	Лицензии НК <u>Башнефть</u>
▲	ДНС	■	Лицензии Газпрома
▲	КСЦ, ЦПС, ЦТП	■	Лицензии прочих компаний
●	Подстанции 110V	■	Лицензии СП ВИНКОВ
●	Подстанции 220V	■	Лицензии Независимой НК

1.2 Краткая характеристика климатических условий

В физико-географическом отношении район работ расположен в северной части Юганской подпровинции, лесной равнинной области Западной Сибири. В геоморфологическом отношении лицензионный участок расположен в южной части Среднеобской низменности, представляющей собой плоскую, относительно ровную озерно-аллювиальную равнину со слабовыраженными формами речной эрозии и аккумуляции, преимущественно с прямым гетерогенным типом морфоструктур. Эрозионное расчленение долинно-балочное, неглубокое.

Абсолютные отметки рельефа изменяются от +48 до +90 м с небольшими понижениями к долине реки Большой Салым.

Климат рассматриваемой территории резко континентальный с продолжительной холодной зимой и коротким жарким летом. Среднегодовая температура воздуха является отрицательной и составляет –

3,50С. Средняя температура самого холодного месяца января составляет – 210С, абсолютный минимум наиболее низкой температуры зимой –520С. Средняя температура самого теплого месяца июля +170С, абсолютный максимум температуры летом достигает +34⁰С.

Среднегодовое количество осадков 450-500 мм, из них около 350 мм выпадает в теплый период с апреля по октябрь в виде дождей и мокрого снега. Число дней с осадками в среднем 180 в году. Устойчивые морозы продолжаются в среднем 150 дней, а безморозный период составляет около 100 дней в году.

Ледостав на реках начинается в конце октября – начале ноября, а вскрываются – ото льда в первой половине мая. Снежный покров держится до 180 дней, и мощность его колеблется на водоразделах от 0,6-1,0 м до 1,5 м и более в низких местах. Продолжительность отопительного периода составляет порядка 250 дней.

Рассматриваемая территория охватывает Верхнесалымскую площадь, расположенную в северной части обширного Обско-Иртышского междуречья, в бассейне реки Большой Салым.

Гидрогеологическая сеть в районе работ представлена одним из крупных притоков реки Большой Салым – рекой Вандрас с притоками Невдаръега, Лев, Самсоновская и незначительным количеством озер и болот. По характеру водного режима реки лицензионного участка относятся к типу рек с весенне-летним половодьем и паводками в теплое время года. Все реки с извилистыми руслами, меандрами, с наличием большого числа проток, старичных рукавов и песчаных кос. Озера, наиболее крупными из которых являются Чигорово и Нехпотъегатор, развиты лишь в восточной части лицензионного участка.

Довольно значительную часть территории работ занимает лес (60-70%), озерно-болотный комплекс охватывает юго-восточную часть лицензионного участка. В целом территория участка относится к лесной (таежной) зоне, для которой характерно преобладание слабо дренированных

плоских равнин, занятых обширными лесными массивами и труднопроходимыми болотами. Лесной массив неоднороден и представлен сосной, кедром, елью, пихтой, березой, осиной, наиболее плотные леса развиты вблизи рек.

В значительной мере потребности промышленности в сырье для производства строительных материалов в районе может быть удовлетворено за счет глин и песков, широко развитых в озерно-аллювиальных отложениях четвертичного возраста.

3 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Алгоритмы машинного обучения - современная техника для решения задач. Тем не менее, несколько десятилетий назад было нереально из-за емкости и мощности компьютеров. Однако развитие в этой сфере началось давно. Марвин Мински и Дин Эдмондс создали первый нейросетевой аппарат, способный учиться в 1951 году, Фрэнк Розенблатт изобрел перцептрон, работая в Авиационной лаборатории Корнелла в 1957 году. Изобретение перцептрона вызвало большое волнение и широко освещалось в средства массовой информации. В 1995 году Тин Кам Хо публикует статью о лесах случайных решений. А в 1997 году IBM Deep Blue обошла Каспарова - чемпиона мира по шахматам [24].

В наше время машинное обучение - это огромный инструмент, который помогает людям в разных сферах жизни. Машинное обучение применяется в медицине и здравоохранении, например, анализ изображений занимает много времени, машина, в свою очередь, проводит анализ изображений в тысячу раз быстрее. Кроме того, такие мощные идеи, как распознавание лица и голоса, финансовые услуги (определение степени риска клиента на основе его кредитной истории, диапазона заработной платы, опыта и т.д.).

Неудивительно, что применение машинного обучения, было найдено и в нефтегазовой промышленности. Вот несколько примеров как машина может помочь человеку в решении нефтегазовых задач. Исследование Чиранта Хегде представляет метод, создания модели, которую можно использовать в качестве консультативной системы бурения в реальном времени (Чирант М. Хегде, Техасский университет в Остине, 2015). Хао Ли использовал глубокое обучение, чтобы улучшить характеристику недр (Техническая программа SEG Expanded Abstracts, 2017). Azor Nwachuckwu определил лучшее решение для размещения скважин с помощью алгоритмов повышения градиента [27].

Основной целью данной работы является разработка методологии

пространственного зонирования месторождения на основе данных каротажа скважин. Эта задача может быть выполнена разными методами кластеризации – алгоритм машинного обучения без учителя. Разбиение выборки на группы зависит от типа входных данных и субъекта сравнения. Признаковое описание объектов, матрица расстояний и матрица сходства – все это типы входных данных.

Освоение месторождений начинается с геофизических исследований скважин. С помощью этих работ, могут быть определены свойства породы в интересующем интервале и глубина. Для более точного описания порода может быть поделена на фации.

Фации используются геологами для группировки массива пород с похожими характеристиками, чтобы облегчить изучение интересующего месторождения. Их определение довольно субъективно, поскольку зависит от атрибутов, которые мы выбираем для классификации. Например, можно сосредоточиться на биологических различиях, рассматривая остатки морских организмов, присутствующих в образцах, или мы можем выделить петрологические характеристики, учитывая гранулометрию и минералогию. В случае нефтегазовых коллекторов, пористость и проницаемость являются критическими свойствами для определения, поскольку они дают информацию о потенциальном объеме жидкостей, которые могут храниться в породе, и о том, как они будут течь во время добычи. Поэтому можно ожидать, что размер зерен, форма и плотность, а также история осаждения и уплотнения пород будут доминирующим фактором для деления на категории. Хотя основным источником информации для определения этих фаций является наблюдение образцов керна под видимым и рентгеновским излучением, мы также располагаем различными записями каротажных диаграмм. Измеряя акустические и электрические отклики, а также ядерное излучение пробуренной среды, мы можем вывести свойства относительно матрицы породы и содержания флюидов и косвенно связать их с пористостью, проницаемостью или флюидо-насыщенностью пород. Каждой

геологической среде можно охарактеризовать присущие осадочные структуры, минералогию, последовательности пластов и кривые каротажа.

Основной целью данной работы является разработка методологии пространственного зонирования месторождения на основе данных каротажа скважин. Эта задача может быть выполнена разными методами кластеризации – алгоритм машинного обучения без учителя. Разбиение выборки на группы зависит от типа входных данных и субъекта сравнения. Признаковое описание объектов, матрица расстояний и матрица сходства – все это типы входных данных.

Понимание геологических условий и распределения фаций в трехмерном пространстве является ключевым параметром при построении геологической модели. Таким образом, необходим тщательный анализ существующих фаций. Каждой обстановке осадконакопления свойственны характерные осадочные структуры, минералогии, последовательности пластов и кривые каротажа. Совокупность описанных признаков дает нам возможность различать, например, мелководную морскую или глубоководную осадочную среду, извилистую или горную реку и т.д., что позволяет предположить латеральную и вертикальную связанность песчаных тел, их неоднородность и пространственную структуру.

Исследования таких авторов как Муромцев В.С., Чернышев Н.И. сделали возможным оценивать геологические условия формирования резервуара по анализу и интерпретации геофизических наблюдений. [14] [23]

Как правило, фациальный анализ проводится посредством комбинации основных данных и данных кривых ГИС. Отбор керн является дорогостоящей, трудоемкой и иногда труднодостижимой операцией, поэтому керновые образцы доступны только из некоторых скважин. Интерпретация фаций в скважинах, отсутствующих в керне, проводится с помощью электрофациального анализа. Электрофации представляют собой уникальный набор каротажных кривых, который характеризует физические

свойства горных пород и флюидов, содержащихся в интервале, исследованном каротажными приборами. Чаще всего электрофации калибруют по керновым данным, чтобы обеспечить их соответствие геологической фации. Затем эта корреляция позволяет прогнозировать литофациальность по кривым, где керн недоступен. Обычно фации определяются интерпретатором вручную, что отнимает много времени и требует проведения экспертизы высокого уровня.

В одной из изученных работ [18], для оптимизации процесса интерпретации и снижения погрешности в выделении фаций применили автоматизированный процесс распознавания фаций на основе кластеризации спектра Фурье. В этом исследовании автор описывает автоматическое распознавание фаций путем разложения кривой каротажа по параметрам спектра Фурье. Согласно кластеризации, поле было разделено на три группы, каждая из которых имеет свои фации. Следует отметить, что сравнение кривой каротажа проводилось только в пределах целевого интервала, когда было использовано нормализованные кривые каротажа ПС, разложение Фурье и алгоритм EM-кластеризации.

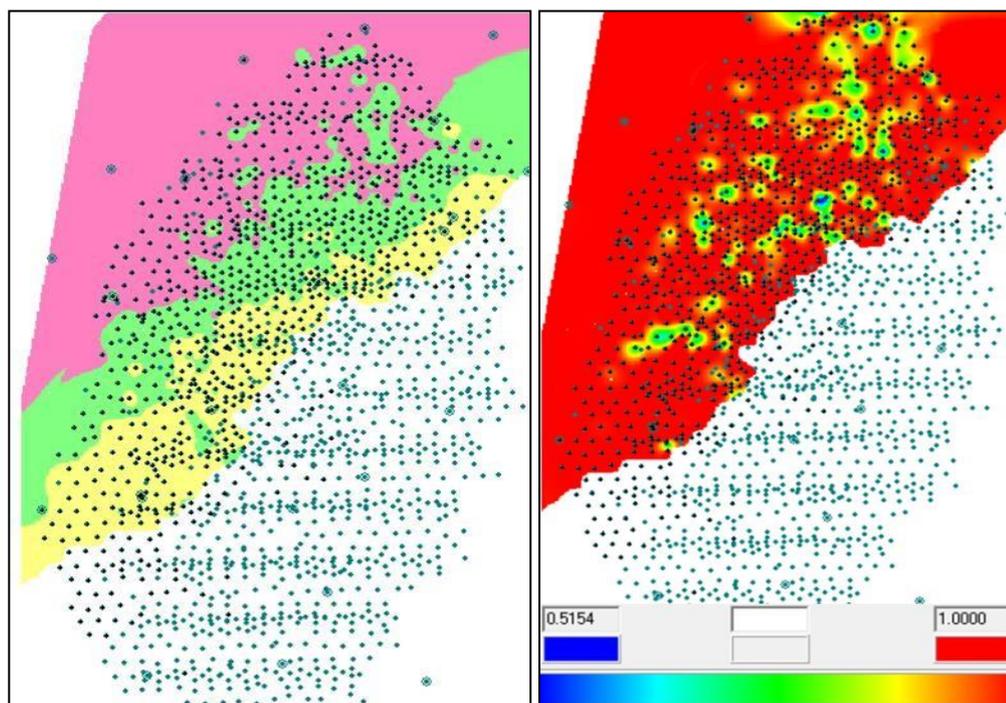


Рисунок 3.1-Автоматическое распределение фаций (а) и) карта вероятностей для выделенных фаций (б)

Данная работа была проведена на одном из месторождений Западной Сибири. Предложенная методология зарекомендовала себя как надежный метод для распознавания фаций. На Рисунке 3.1 показано сравнение автоматически интерпретированных данных с полученными в результате расчета. Карта вероятностей позволяет оценить сходимость двух типов полученных результатов.

Актуальность работы связана с уменьшением погрешностей в выделении фаций и колоссальном снижении затрачиваемого на поставленную задачу времени.

В исследовании Брэндона Хола [20] подчеркнута актуальность работы с машинными алгоритмами. В настоящее время существует множество инструментов для работы с геологическими данными. Большинство из этих ресурсов бесплатны и любой желающий может ими воспользоваться. В частности, в работе описываются различные методы работы с информацией, при помощи которых могут быть определены отличительные способности и тренды.

Также, в работе демонстрируется пошаговый план, в виде кода, одного из алгоритмов кластеризации (метод опорных векторов) основанный выделении литофаций на кривых каротажа.

Исходя из Рисунка 3.2 можно увидеть, что подход машинного обучения вполне оправдывает себя в решении геологических задач.

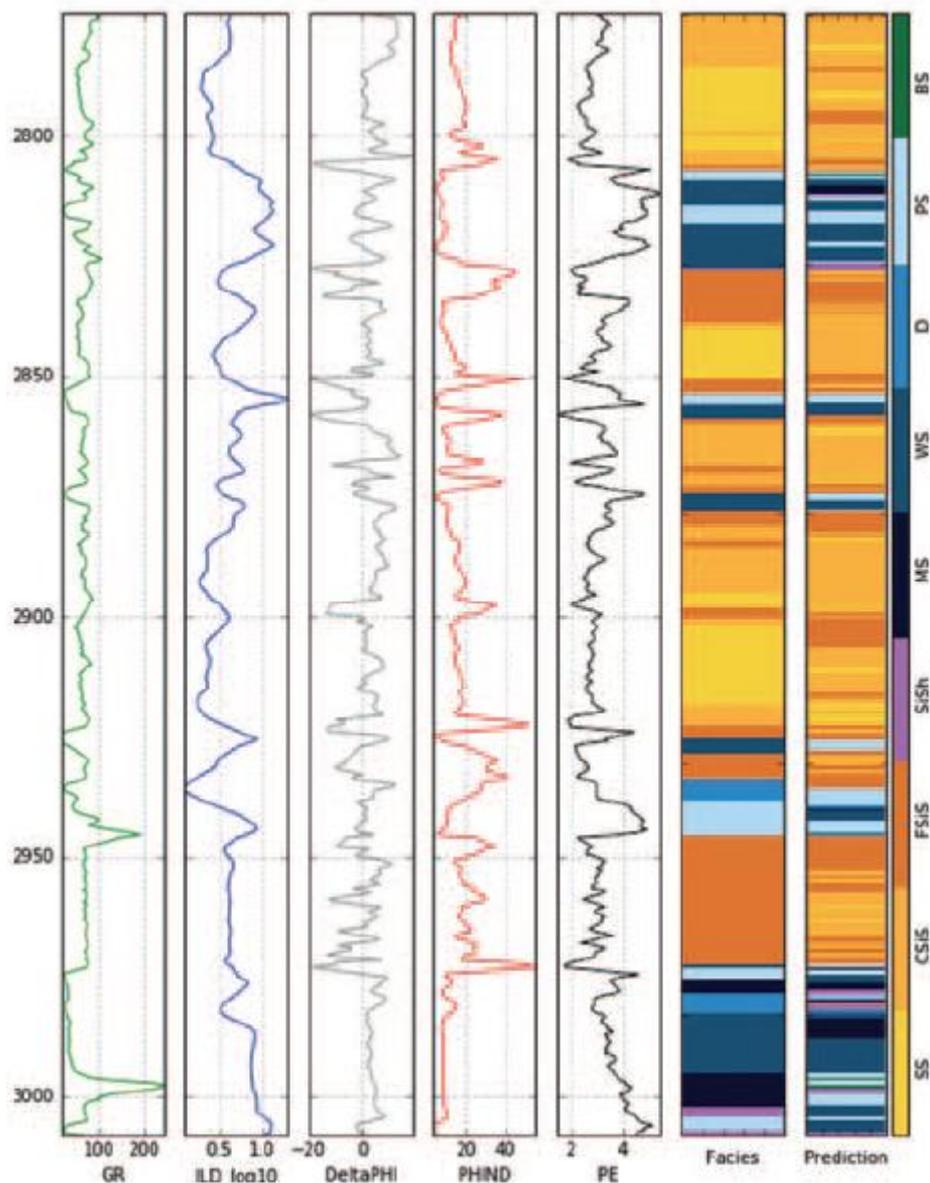


Рисунок 3.2 Каротажные кривые и результаты классификации фаций

Одна из изученных работ - Дизайн оптимальной перфорации на основе кластеризации по данным ГИС. [15] Работа описывает эффективное использование кластеризации для определения оптимального дизайна перфорации в резервуаре с трудно-извлекаемыми запасами. Технология не только оптимизировала дизайн перфораций, но и увеличила добычу. В работе сравнивают результаты двух видов кластерного анализа. В fuzzy кластеризации объекты могут принадлежать более, чем к одному кластеру и связаны друг с другом набором связей определенного уровня. В свою очередь, в жесткой кластеризации объекты разделены на четкое количество

кластеров, в котором каждый объект принадлежит только одному кластеру.

В результате кластеризации было выявлено, сделана ли перфорация в «хорошем» регионе (Рисунок 3.3) или в «плохом» (Рисунок 3.4.) В результате анализа данных была оценена эффективность проведения перфорационных работ и сделан вывод для улучшения качества работ по заканчиваю в будущем.

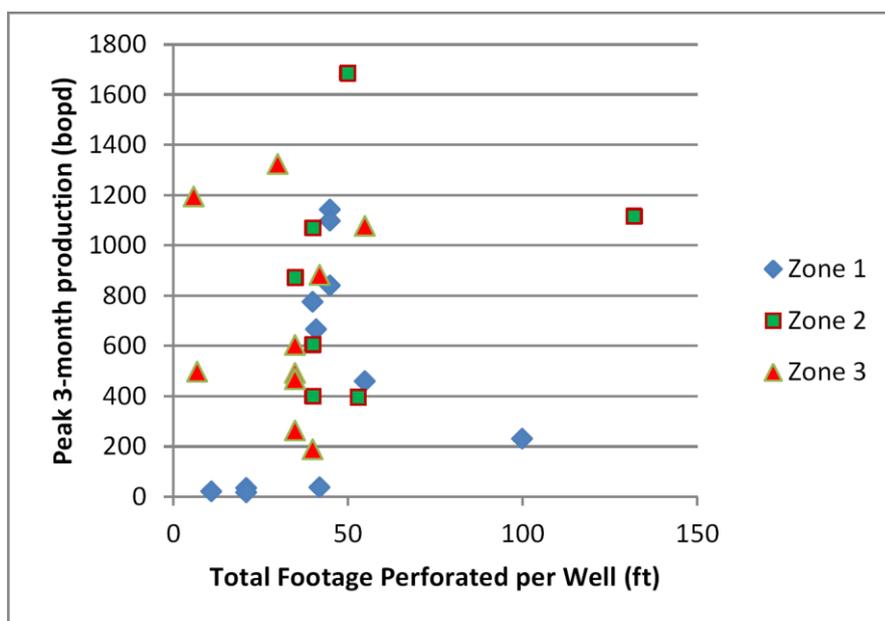


Рисунок 3.3 Добыча от перфорации по всей длине

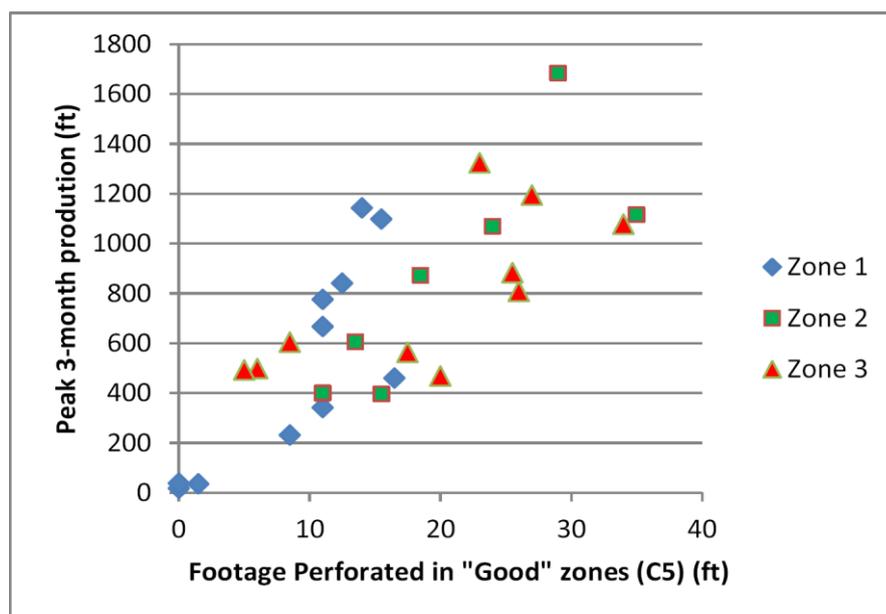


Рисунок 3.4 - Добыча от перфорации в «хороших» зонах

Таким образом, главную идею для проведения работы в моем дипломе я подчеркнул из работы [18]. На основании предложенного им метода разложения кривой SP на спектр Фурье, я разложил кривые GR, RES, DEN, NEU. Этот метод является наиболее подходящим в решении такого рода задач, поскольку имеет некоторые преимущества.

Одно из них описано здесь. Интересующий пласт вскрыт на разных глубинах и имеет неодинаковую мощность в скважинах. Преобразуя кривую логга, сигнал в мощность, глубину в частоту, соответственно, мы избавляемся от разности в глубинных отметках. Таким образом, можем работать с сигналами равными по условно-временной шкале.

Работа [20] помогла в работе с программным обеспечением. Ознакомила с различными алгоритмами машинного обучения в задачах нефтегазовой отрасли.

Наконец, работа по оптимизации перфорационных работ доказала, что применение машинного обучения актуально и находит применение в решении задач на практике.

4 ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

4.1 Объект исследования

Главной целью исследования является разработка методологии автоматической интерпретации каротажных кривых с последующей группировкой скважин по схожим признакам. Иными словами, зонирование месторождения с учетом данных геофизических исследований скважин.

Планируется использовать подход работы [18] к анализу каротажных кривых. Усовершенствовать метод, а именно, применить подход с учетом не одной каротажной кривой, но с комплексом, состоящим из 4 кривых. Комплекс таких кривых как GR, NEU, DEN, RES является основным, для оценки свойств пласта. Таким образом, планируется преобразовать сигналы кривых в спектр Фурье и найти признаки схожести. Кластеризовать по

группам, на основании этих признаков.

Дмитрий, в своей работе преобразовал кривую SP, нашел признаки отличия разных фациальных зон и построил фациальную карту. Исходя из того, что с помощью перечисленных каротажей можно оценить фильтрационно-емкостные свойства пласта, группы, образованные кластеризацией, будут характеризовать участки пласта с улучшенными или ухудшенными коллекторскими свойствами.

Таким образом, методика может быть применена для построения фациальных карт без участия интерпретатора, а также построения геологических карт с точки зрения фильтрационных свойств пласта.

Также, на основании полученных результатов будут даны рекомендации по разработке разных зон, отличающимися друг от друга геологическими особенностями.

4.2 Исходные данные

Входными данными для работы являлись все скважины с каротажными измерениями по всему месторождению. Комплекс таких каротажных методов как GR – гамма каротаж, RT – каротаж сопротивления, DEN – плотностной каротаж, NEU – нейтронный каротаж, CALI - калипер, SP – каротаж самопроизвольной поляризации, PE – фотоэлектрический каротаж, и др. Глубинные отметки целевого пласта и краткое описание обстановки осадконакопления.

4.3 Реализация

В силу комплексности работы она состоит из нескольких шагов. Далее представлены основные из них.

1. Анализ входной информации. На этом этапе было необходимо определить какие каротажы встречаются в большинстве скважин. Также, исходя из полученной информации, провести следующий анализ – определить количество скважин, в которых в интересующем интервале

присутствуют основные каротажные замеры.

2. Сравнение разных методов кластерного анализа. Прежде всего, следовало изучить существующие методы кластеризации. Выбрать некоторые из них, которые на мой взгляд больше всего подходили для решения поставленной задачи.

3. Выбор наиболее подходящей кластеризации. Путем сравнения полученных данных с априорной информацией.

4. Построение фациальной и геологической карт. Построение карты геологической карты с признаками, характеризующими качество коллектора.

Рекомендации по разработке. Поскольку информация содержит в себе сведения о геологии пласта, в совокупности с полученной картой улучшенных характеристик это может служить опорной информацией при выборе сетки скважин или типа закачивания.

Оценка экономической эффективности. Примерный расчет экономичности от применения данной методики.

5 МЕТОДОЛОГИЯ

5.1 Алгоритмы кластеризации

Кластерный анализ – процесс группировки набора объектов таким образом, что объекты в одной группе(кластере) наиболее схожи друг с другом (по какому-то признаку), чем те, что в другой группе (кластере). Это основная задача препроцессинга информации и общая задача для статистического анализа. Используется во многих областях, включая машинное обучение, анализ изображений, биоинформатике и многом другом.

Кластерный анализ — это не конкретный алгоритм, но задача, которую нужно решить. Выбор алгоритма кластеризации и настройка параметров зависит от набора данных и назначения результатов.

Кластеризация является одним из наиболее распространенных методов анализа исследовательских данных, используемых для получения представления о структуре данных. Его можно определить, как задачу идентификации подгрупп в данных так, что точки данных в одной и той же подгруппе (кластере) очень похожи, а точки данных в разных кластерах очень разные. Другими словами, мы пытаемся найти однородные подгруппы в данных так, чтобы точки данных в каждом кластере были как можно более похожими в соответствии с мерой сходства, такой как евклидово расстояние или корреляционное расстояние. Решение о том, какую меру сходства использовать, зависит от конкретного приложения.

Кластерный анализ может быть выполнен на основе признаков, где мы пытаемся найти подгруппы выборок на основе признаков или на основе выборок, где мы пытаемся найти подгруппы признаков на основе выборок. Здесь мы рассмотрим кластеризацию на основе функций. Кластеризация используется в сегментации рынка; где мы пытаемся оштрафовать клиентов, которые похожи друг на друга, с точки зрения поведения или атрибутов, сегментации / сжатия изображения; где мы пытаемся сгруппировать схожие регионы, кластеризацию документов по темам и т. д.

В отличие от контролируемого обучения, кластеризация считается неконтролируемым методом обучения, поскольку у нас нет оснований сравнивать выходные данные алгоритма кластеризации с истинными метками для оценки его производительности. Мы только хотим попытаться исследовать структуру данных, сгруппировав точки данных в отдельные подгруппы.

5.2 K-Means кластеризация

Алгоритм K-means - это итеративный алгоритм, который пытается разбить набор данных на определенные предопределенные непересекающиеся подгруппы (кластеры), где каждая точка данных принадлежит только одной группе. Он пытается сделать точки данных

между кластерами как можно более похожими, в то же время сохраняя кластеры как можно разными (удаленными). Он назначает точки данных кластеру так, чтобы сумма квадратов расстояния между точками данных и центроидом кластера (среднее арифметическое всех точек данных, принадлежащих этому кластеру) была минимальной. Чем меньше вариаций у нас в кластерах, тем более однородные (похожие) точки данных находятся в одном кластере (Рисунок 5.1).

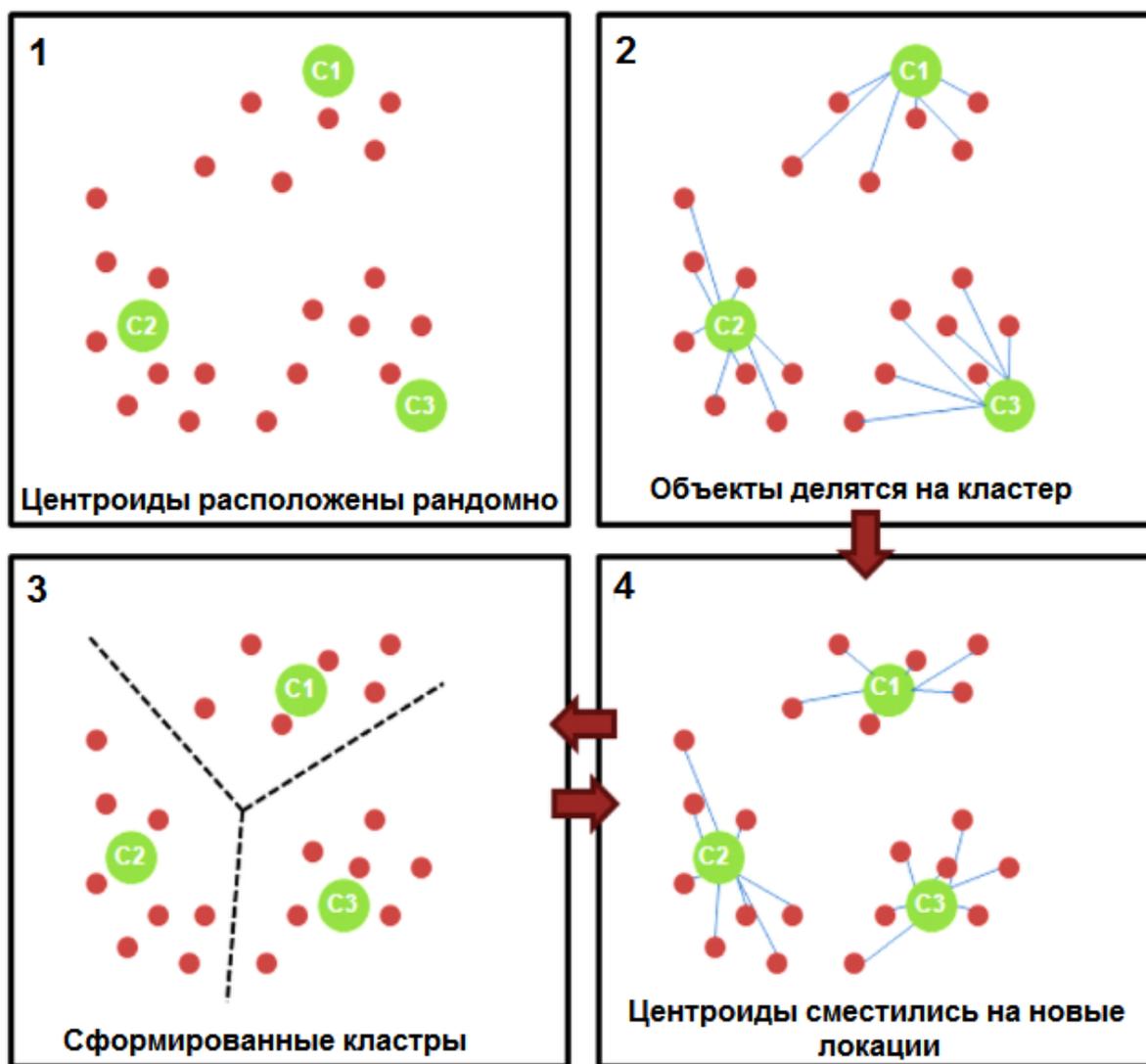


Рисунок 5.1 - Последовательность работы k-means алгоритма

Алгоритм работает в следующем порядке:

1. Вычислить сумму квадрата расстояния между точками данных и всеми центроидами.
2. Назначьте каждую точку данных на ближайший кластер (центроид).
3. Вычислите центроиды для кластеров, взяв среднее значение всех

точек данных, которые принадлежат каждому кластеру.

5.3 Алгоритм Agglomerative clustering

Агломерационная кластеризация (AGNES) работает в обратном порядке (снизу-вверх). Каждый объект рассматривается как одноэлементный кластер (лист). На каждом шаге алгоритма два наиболее похожих кластера объединяются в новый более крупный (узел). Процедура повторяется пока все точки не станут членами одного большого кластера (корень) (Рисунок 5.2).

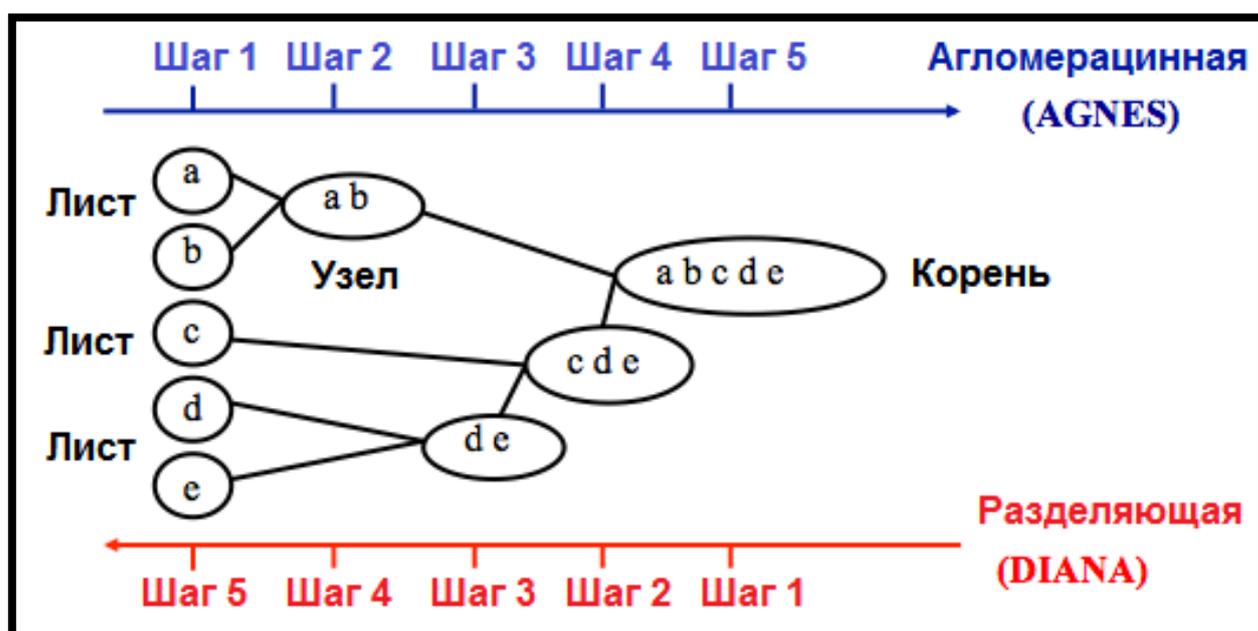


Рисунок 5.2 - Визуализация методов agglomerative и devise

Обратной задачей agglomerative кластеризации является разделяющая кластеризация (DIANA), она работает «сверху-вниз». В данном случае обработка начинается с корня, в котором все объекты включены в один кластер. На каждом этапе итерации наиболее разнородный кластер делится на два. Процесс повторяется пока все объекты не окажутся в собственном кластере. Следующие шаги необходимо выполнить для выполнения агломерационной кластеризации:

1. Подготовка данных
2. Вычисление информации о сходстве между каждой парой объектов в

наборе данных

3. Использование функции связывания для группировки объектов в иерархичном порядке, основанной на информации о расстоянии, сформированной на 1 шаге.

4. Определение, где поделить дерево на кластеры, таким образом формируется раздел данных.

5.4 Spectral Clustering

В таком анализе точки обрабатываются как узлы данных. То есть, кластеризация решает проблему разделения узла. Узлы преобразуются в низко-размерном пространстве, где их легко поделить на кластеры. Важно заметить, что в данном методе не делается никаких предположений о форме и размере кластера (Рисунок 5.3).

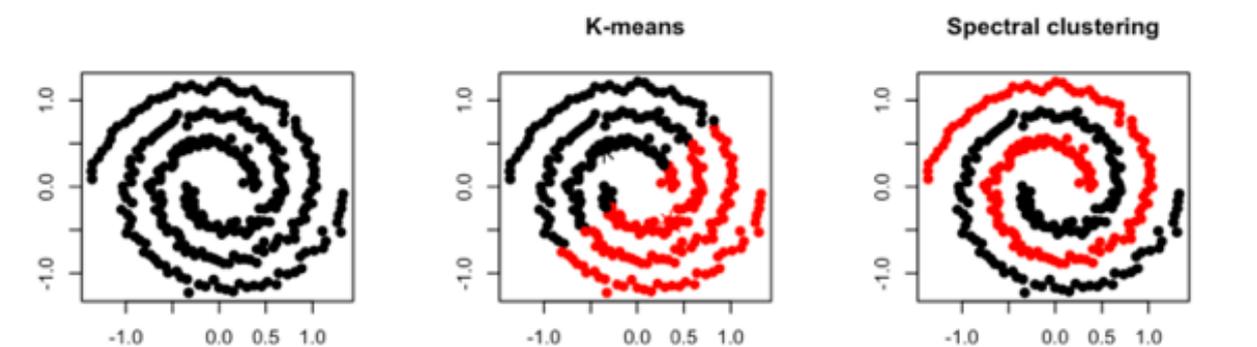


Рисунок 5.3 - Визуализация метода spectral clustering

В данном подходе точки входят в один кластер только при условии, что они связаны или находятся в непосредственной близости друг к другу. Даже если точки не связаны, но расстояние между ними меньше, чем со связанными, они не кластеризуются в одну группу.

Spectral Clustering содержит следующие шаги:

1. Расчет схожих узлов
2. Отображение данных в низко-размерном пространстве
3. Формирование кластеров

5.5 Методы визуализации данных

Анализ основных компонент (PCA)

Статистическая процедура с использованием ортогонального преобразования данных, возможных переменных (объектов, каждый из которых принимает различные числовые значения) в набор значений линейно не коррелируемых переменных, называемых основными компонентами. Эта трансформация следует таким путем, что первый основной компонент имеет наибольшую дисперсию (то есть учитывает такую изменчивость данных, насколько это возможно), а каждый последующий, имеет наибольшую возможную дисперсию при условии, что он ортогонален к предыдущим компонентам. Результирующие векторы, каждый из которых является комбинацией переменных и содержит n -наблюдений, не коррелируемы ортогональным базисным набором. Метод чувствителен к относительному масштабированию исходных переменных (Рисунок 5.4.)

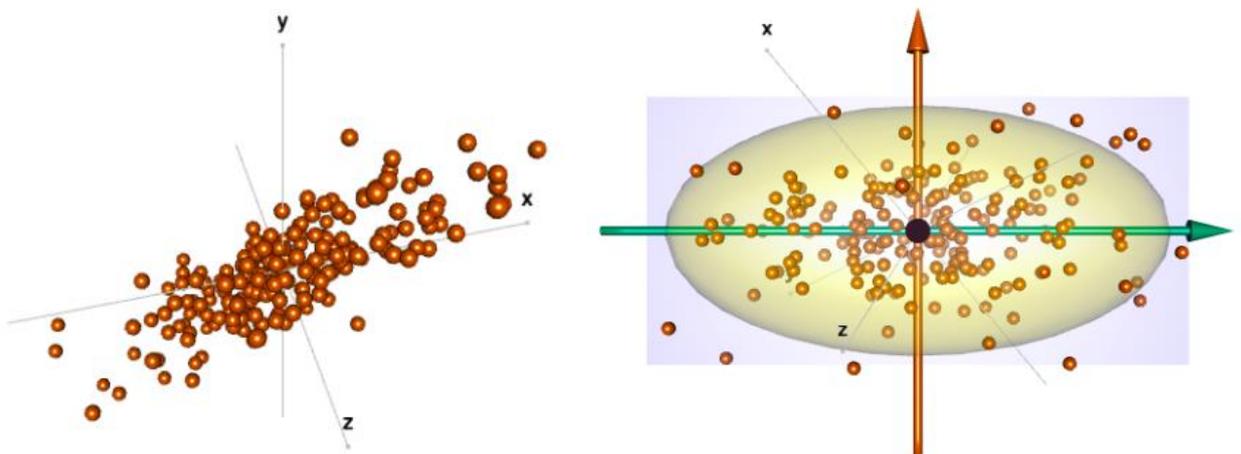


Рисунок 5.4 - Визуализация методом PCA

t-SNE

t-SNE Еще один метод визуализации. Это нелинейный метод уменьшения размерности, который особенно применим для визуализации многомерных наборов данных.

1. Алгоритмы начинаются с вычисления вероятности сходства точек в многомерном пространстве и вычисления вероятности сходства

точек в соответствующем низко-размерном пространстве. Сходство точек рассчитывается как условная вероятность того, что точка А выберет точку Б в качестве своего соседа, если соседи будут выбраны пропорционально их плотность вероятности при гауссовском (нормальном распределении) будет с центром в точке А.

2. Затем он пытается минимизировать разницу между этими условными вероятностями (или подобиями) в многомерном и низко-размерном пространстве для идеального представления точек данных в низко-размерном пространстве.

3. Для измерения минимизации суммы разности условной вероятности t-SNE минимизирует сумму расхождения Кульбака-Лейблера (мера того, как одно распределение вероятностей отличается от второго, ожидаемого распределения вероятностей) общих точек данных с использованием метода градиентного спуска.

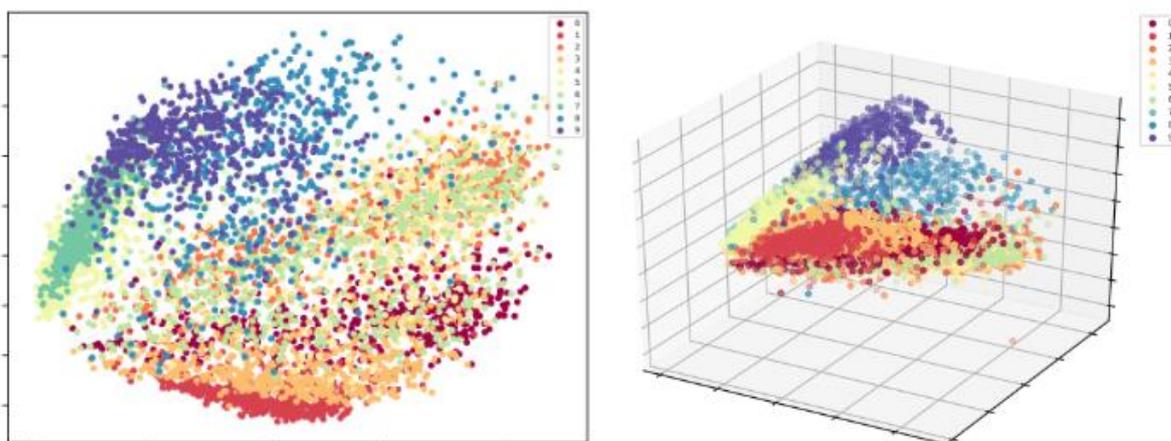


Рисунок 5.6 - Визуализация с помощью метода t-SNE

Проще говоря, t-распределенное стохастическое вложение соседей (t-SNE) минимизирует расхождение между двумя распределениями: распределением, которое измеряет попарные сходства входных объектов, и распределением, которое измеряет попарные подобия соответствующих низко-размерных точек на Рисунке 5.6.

Сравнение PCA и t-SNE

Хоть и PCA, и t-SNE имеют свои преимущества и недостатки, некоторые ключевые различия между ними можно отметить следующим образом:

1. t-SNE требует больших вычислительных затрат и может занять несколько часов для наборов данных с миллионами выборок, где PCA справится за секунды или минуты.

2. PCA - это математическая методика, t-SNE - вероятностная.

3. Алгоритмы линейного уменьшения размерности, такие как PCA, концентрируются на размещении разнородных точек данных далеко друг от друга в представлении более низкого измерения. Но для того, чтобы представлять данные высокой размерности в нелинейном многообразии низкой размерности, важно, чтобы подобные точки данных были расположены близко друг к другу, что делает t-SNE.

4. Иногда в t-SNE разные прогоны с одними и теми же гипер-параметрами могут давать разные результаты, поэтому перед выполнением какой-либо оценки с использованием t-SNE необходимо наблюдать несколько графиков, хотя в случае PCA это не так.

5. Поскольку PCA является линейным алгоритмом, он не сможет интерпретировать сложные полиномиальные отношения между признаками, в то время как t-SNE сделан для того, чтобы уловить именно это.

5.6 Подготовка данных

Главной целью работы является автоматизация процесса интерпретации. Таким образом, обработка данных проводилась с помощью многоуровневого языка программирования Python, с использованием среды Jupiter Notebook. Данный программный пакет использовался, потому что обладает многими преимуществами при решении инженерных задач.

Основной информацией для работы являлись каротажные кривые. Однако, машина, для обработки данных принимает только понятные ей кодировки. Для решения этой проблемы использовались различные

библиотеки. Библиотека `lasio` позволяет загружать и обрабатывать данные `las` файлов, основные при проведении геофизических операций. `Pandas` позволяет работать с табличными данными. Такие библиотеки как `matplotlib` и `plotly` помогают при построении диаграмм и графиков. `Sklearn` непосредственно предоставляет доступ к алгоритмам машинного обучения.

Также, прежде чем поддавать данные обработке, необходимо чтобы они присутствовали в полном объеме во всех файлах. То есть, отсутствовали промежутки в выборке, иначе они являются некондиционными.

Первым делом, был проведен анализ и выяснено, какие каротажи использовались в проведении работ наиболее часто. Из таблицы 2 видно, что такие каротажи как GR, DEN, RT и NEU присутствуют в большинстве скважин.

Таблица 5.1

Каротаж	CALI	GR	SP	NEU	DEN	RT	PE	RES_DEP	RES_MED	RES_SLW
Количество	173	232	91	226	225	228	81	145	145	140

Как уже было сказано ранее, данные должны присутствовать в полном объеме, иначе они являются некондиционными. Исходя из этого правила, для дальнейшего анализа будут рассмотрены 4 каротажа.

Поскольку такая задача как анализ всего разреза не стояла, был написан код, для поиска данных только в интересующем интервале. Часть скважин была исключена из анализа, в виду некорректных показаний приборов.

Для дальнейшей работы по анализу данных они были нормализованы, от 0 до 1, с помощью алгоритма `StandardScaler`. Нормализация сигналов происходила по скважинам, для соблюдения корректной формы сигнала. Несоблюдение данного метода могло привести к ошибкам: поскольку нейтронный каротаж стремится к высоким значениям при прохождении углей, каротаж сопротивления искажает значения на участках высокой проводимости.

Каротажные данные представляют собой замеры сигнала определенного прибора на глубине. Исходя из геологических условий, мощность тел никогда не бывает одинаковой на дистанции, равной расстоянию между скважинами.

То есть данные по скважинам не равны, так как сняты с разных глубин и имеют замеры разных мощностей.

При кластеризации используются различные метрики. В данной работе, было принято использовать евклидову метрику, однако для этого необходима выборка данных с одинаковой точкой отсчета и равная по длине.

Для того, чтобы представить данные удобные для сравнения, была применена идея из работы Дмитрия Тенгелиди [18]. Преобразование кривой любого каротажа на спектр Фурье избавляет нас от Глубины. Иначе говоря, обычный для нас каротаж, имеющий глубину и сигнал преобразуем в частоту и мощность. Для того чтобы уравнивать выборку от каждой берем первые 50 частот.

В математике дискретное преобразование Фурье (ДПФ) преобразует конечную последовательность одинаково разнесенных выборок функции в последовательность одинаковой длины равномерно разнесенных выборок дискретного преобразования Фурье (ДПРФ) с дискретным временем, которое является комплексным числом функции частоты. Интервал, с которым производится выборка, является обратной величиной длительности входной последовательности. Обратный ДПФ - это ряд Фурье, использующий выборки DTFT в качестве коэффициентов комплексных синусоид на соответствующих частотах DTFT. Он имеет те же значения выборки, что и исходная последовательность ввода. Поэтому говорят, что ДПФ является представлением исходной входной последовательности в частотной области. Если исходная последовательность охватывает все ненулевые значения функции, ее DTFT является непрерывным (и периодическим), и DFT предоставляет

дискретные выборки одного цикла. Если исходная последовательность представляет собой один цикл периодической функции, DFT предоставляет все ненулевые значения одного цикла DTFT.

ДПФ является наиболее важным дискретным преобразованием, используемым для выполнения анализа Фурье во многих практических приложениях. При цифровой обработке сигналов эта функция представляет собой любую величину или сигнал, который изменяется во времени, например, давление звуковой волны, радиосигнала или суточные показания температуры, дискретизированные за конечный интервал времени (часто определяемый оконной функцией). При обработке изображений выборками могут быть значения пикселей вдоль строки или столбца растрового изображения. ДПФ также используется для эффективного решения уравнений в частных производных и для выполнения других операций, таких как свертки или умножение больших целых чисел.

Так как он имеет дело с конечным объемом данных, он может быть реализован в компьютерах с помощью численных алгоритмов или даже выделенного оборудования. Эти реализации обычно используют эффективные алгоритмы быстрого преобразования Фурье (FFT); настолько, что термины «FFT» и «DFT» часто используются взаимозаменяемо. До его текущего использования инициализация «FFT» также могла использоваться для неоднозначного термина «конечное преобразование Фурье».

Также, для другого метода оценки кластеризации использовались статистические параметры [25], собранные по датасету:

1. Минимум
2. Максимум
3. Средний и медианный элементы (после сглаживания)
4. Количество пиков и впадин
5. Дисперсия элементов
6. Сумма квадратов производной

На основании различий этих параметров в скважинах ряды были

разделены по структуре(Рисунок 5.7).

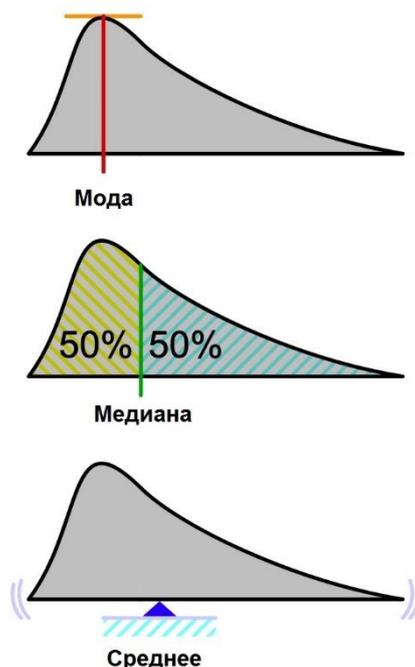


Рисунок 5.7 - Визуализация статистических параметров

Завершающим шагом на этапе подготовки данных является объединение всех подготовленных данных по каротажам в единую таблицу.

Количество кластеров, на которые будет поделен датасет определяется с помощью разных методов. В данной работе был использован метод Elbow. График метода представляет собой кривую стоимости функции полученную при разных значениях k (количестве кластеров). Понятно, что при увеличении k средняя дисперсия будет уменьшаться. Чем больше кластеров, тем меньше значений, принадлежащих ему и тем ближе эти значения к центру кластера. Значения k при которых изменение кривой происходит с наибольшим углом называется метод Elbow. Таким образом, оптимальное количество кластеров выбирается в месте изменения наклона кривой.

Из рисунка видно, что полученное количество кластеров 2. Согласно краткому геологическому описанию целевого пласта, отложения сформированы в условиях меандрирующей реки. Преобладающие тела, сформированные в таком типе обстановок, являются аккреционные тела баров и осадки основного русла. Таким образом, два - оптимальное количество кластеров, учитывая количество скважин, попавшие в выборку.

6 ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Далее представлены результаты кластеризации разными алгоритмами.

На Рисунках 6.1, 6.2, 6.3 представлена визуализация кластеров с помощью метода t-sne. В данном случае кластеризация происходила на основе признаков, найденных с помощью преобразовании кривых ГИС методом Фурье. Проанализировав, можно сделать вывод, что наилучшее выделение кластеров произошло методом k-means и agglomerative кластеризацией.

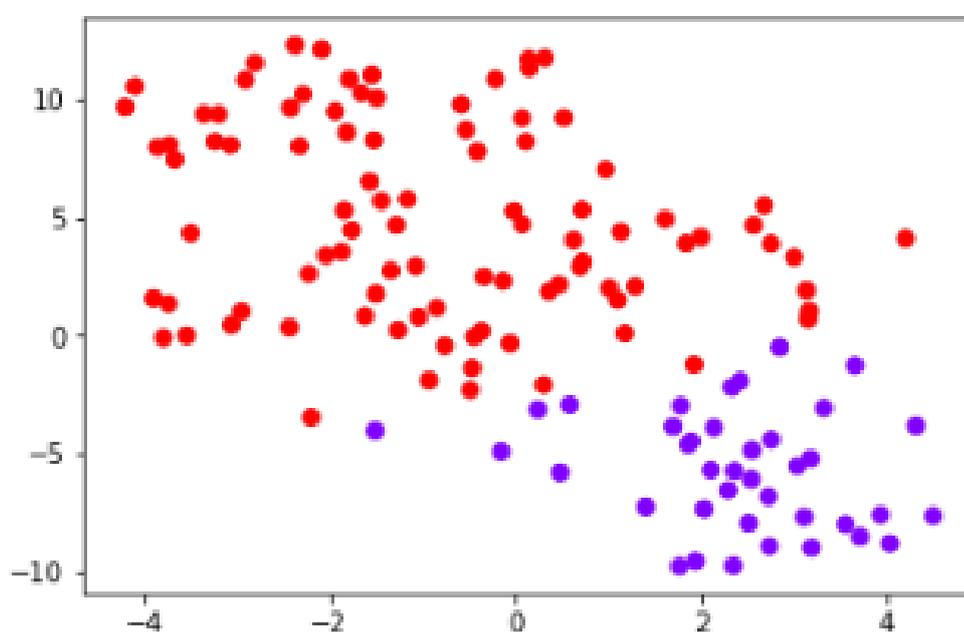


Рисунок 6.1 k-means кластеризация

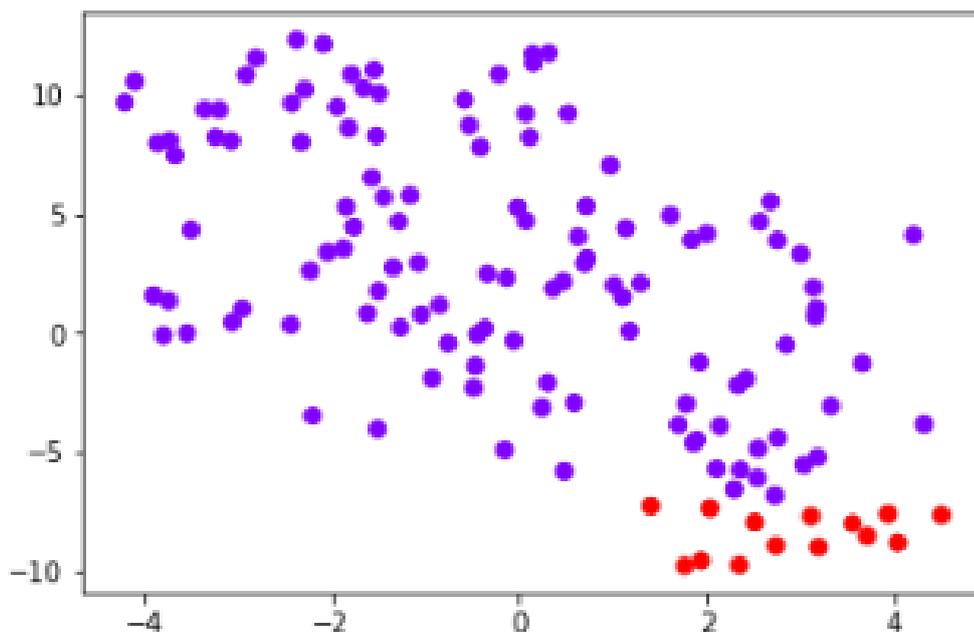


Рисунок 6.2 Agglomerative кластеризация

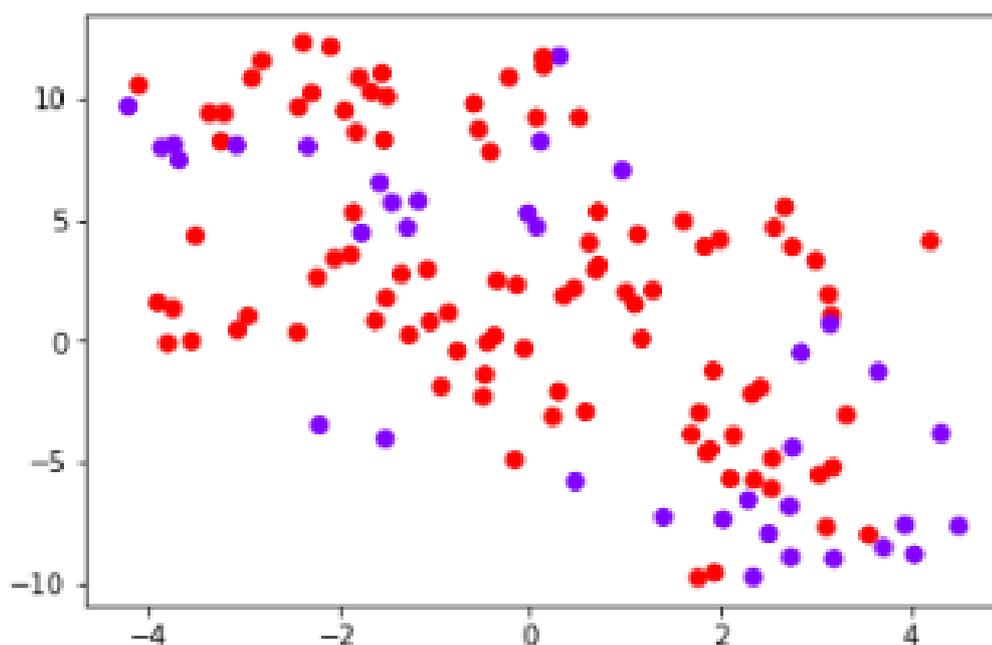


Рисунок 6.3 Spectral кластеризация

На следующих трех рисунках (Рисунки 6.4, 6.5, 6.6) кластеры представлены согласно координатам скважин. То есть, каждая точка это координата скважины, цвета характеризуют кластер: к которому принадлежит скважина. Так как ранее было определено, что лучшим алгоритмом является k-means, карта фациального построения будет основываться на этом методе.

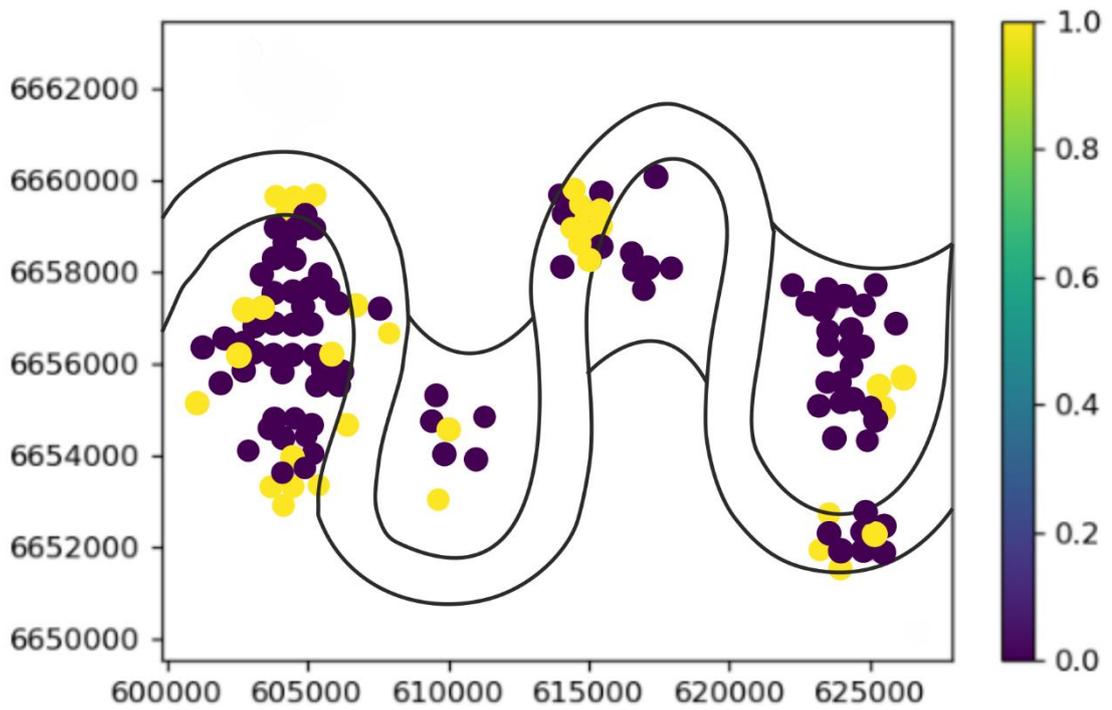


Рисунок 6.4 К-Means кластеризация

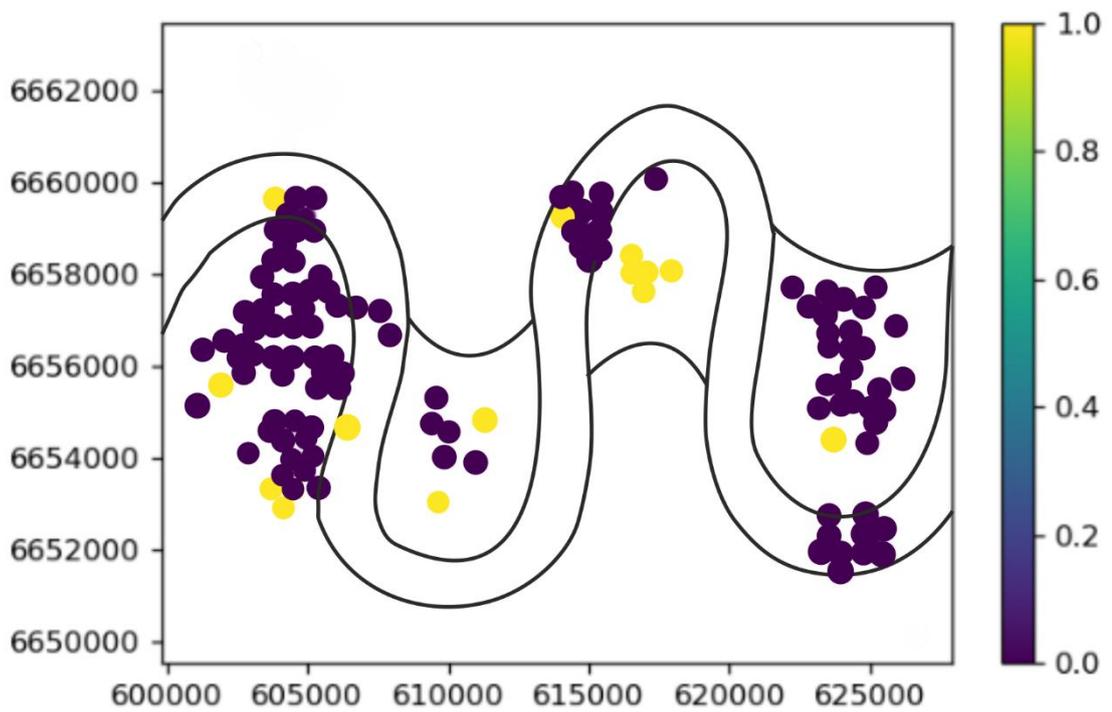


Рисунок 6.5 Agglomerative кластеризация

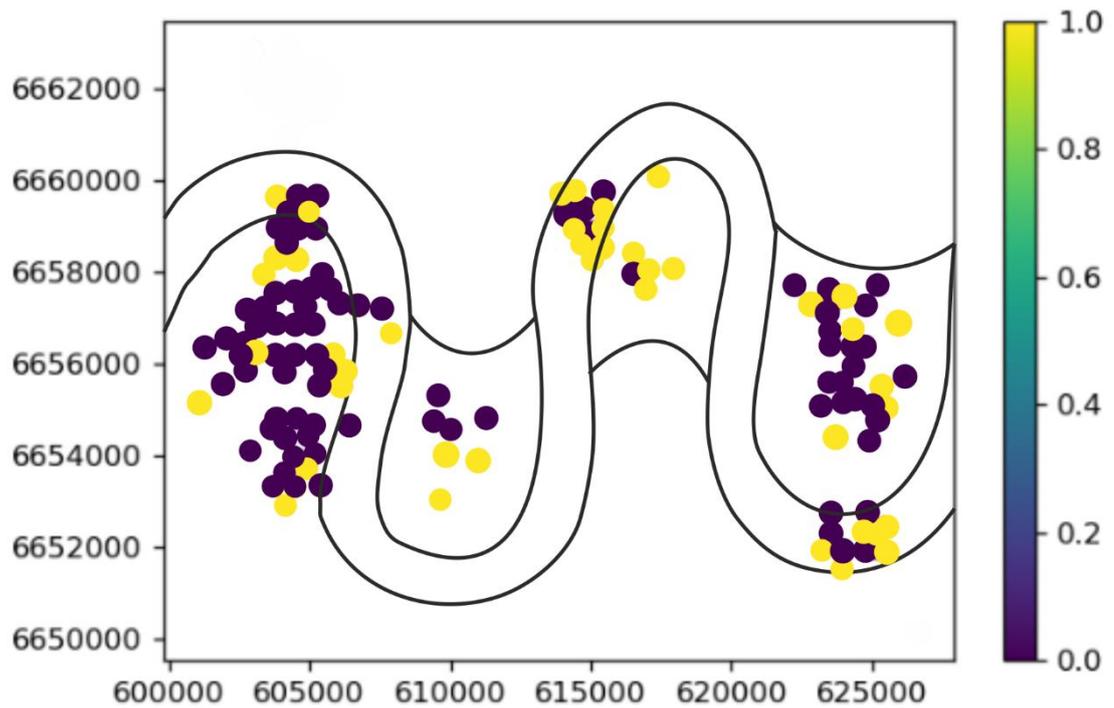


Рисунок 6.6 Spectral кластеризация

В данном случае точки желтого цвета отвечают за кластер, который характеризует фации канальных отложений. Фиолетовые точки, в свою очередь – фации аккреционного комплекса.

Следующая группа рисунков (Рисунки 6.7, 6.8, 6.9) относится к кластеризации, основанной на признаках, найденных методом сравнения статистических показателей. Визуализация кластеров с помощью метода t-sne подтверждает кластеры, выделенные методом Фурье. Также кластеры полученные на данном этапе выделили алгоритм k-means как самый эффективный.

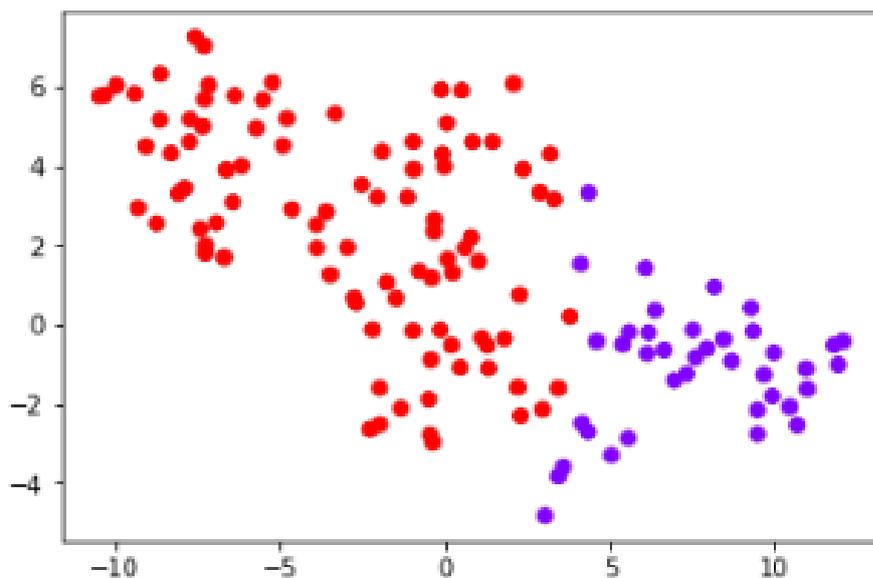


Рисунок 6.7 K-Means кластеризация

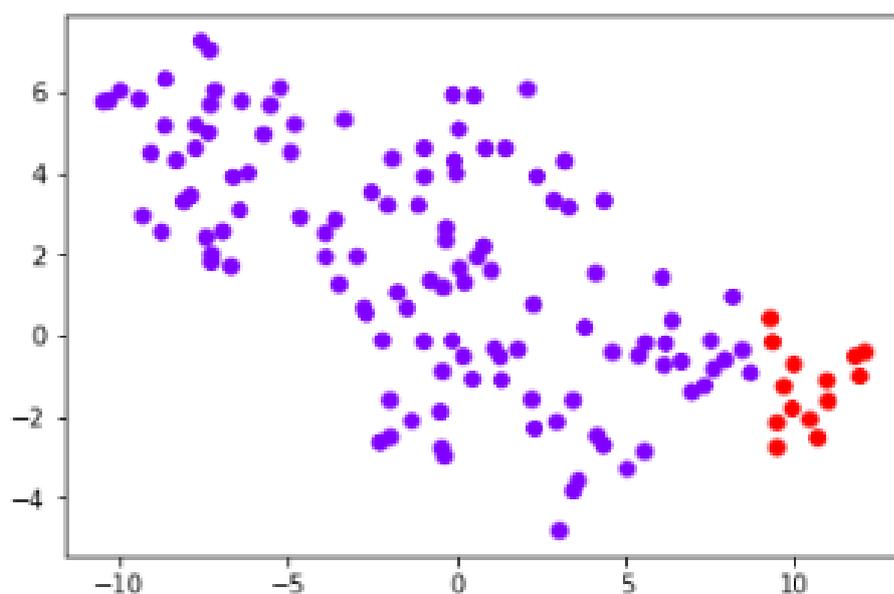


Рисунок 6.8 Agglomerative кластеризация

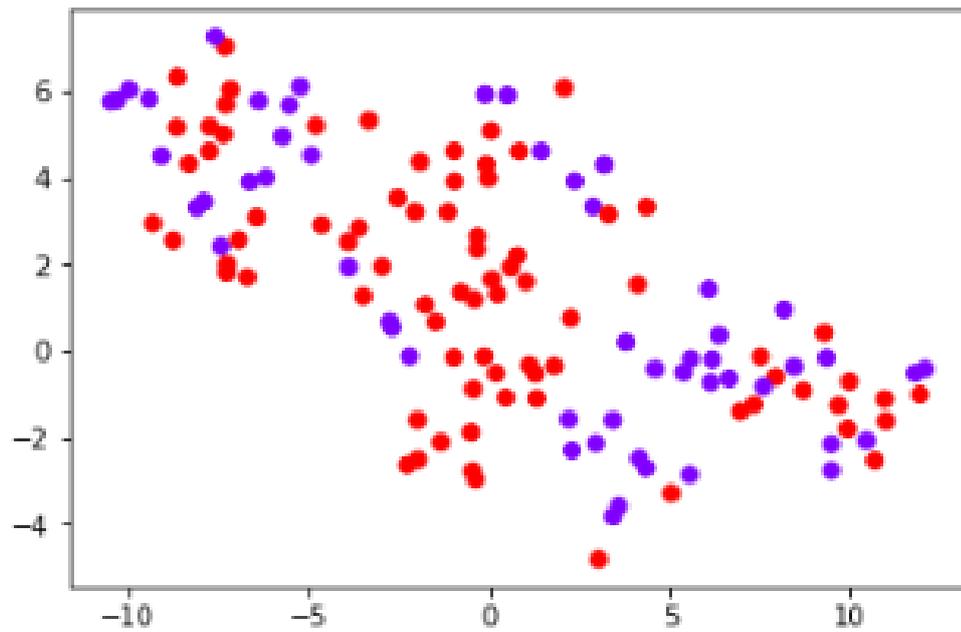


Рисунок 6.9 Spectral кластеризация

Также, как и в первом случае, результаты кластеризации представлены в виде координат скважин.

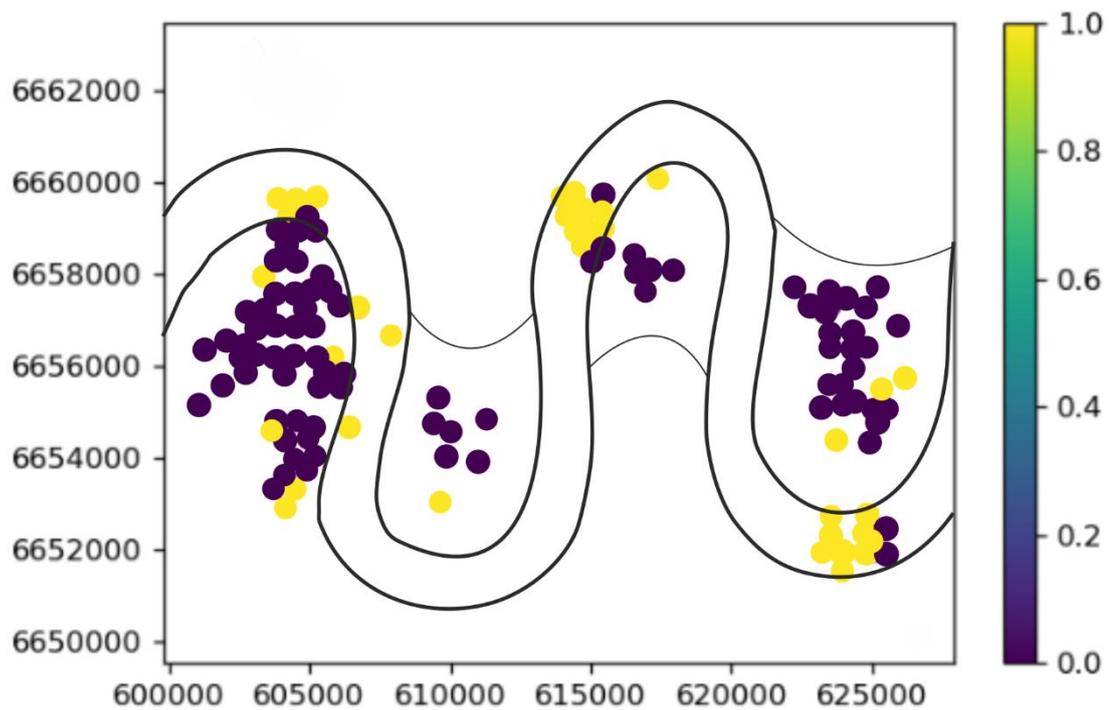


Рисунок 6.10 K-Means кластеризация

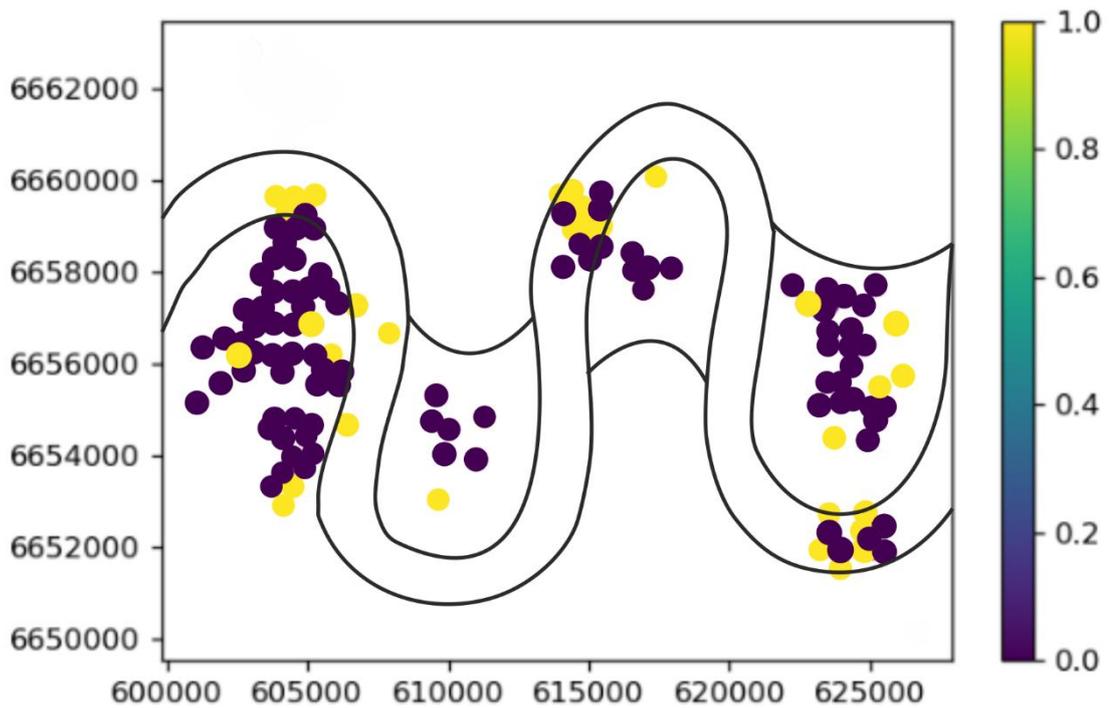


Рисунок 6.11 Agglomerative кластеризация

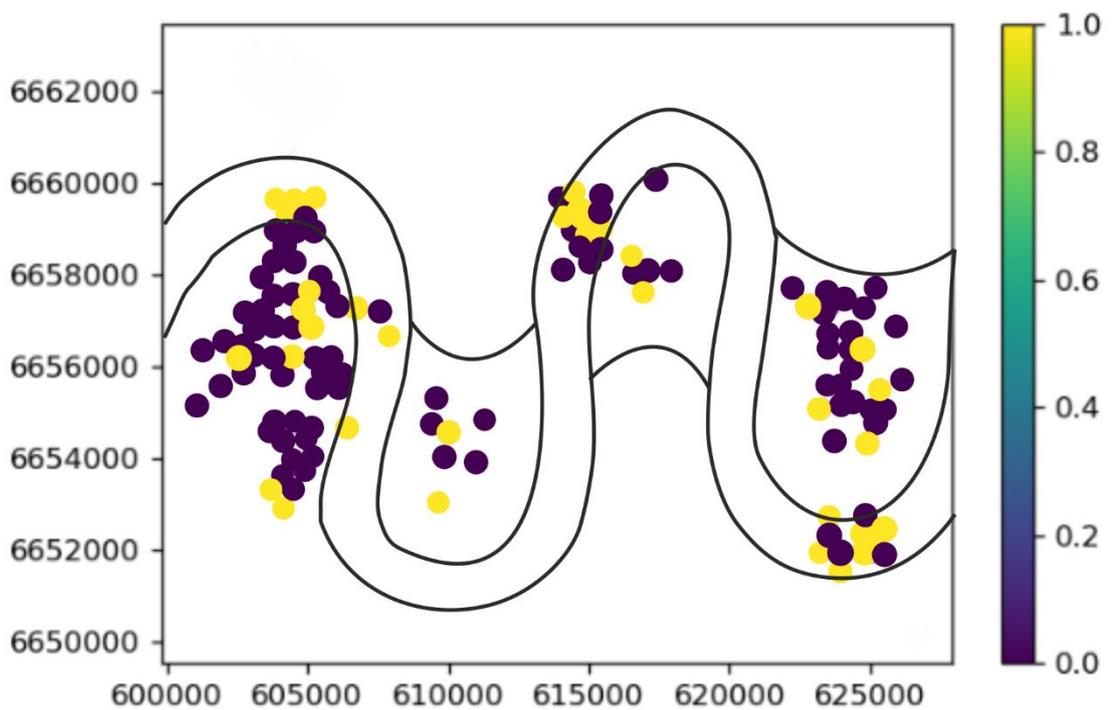


Рисунок 6.12 Spectral кластеризация

Проанализировав полученные рисунки (Рисунки 6.10, 6.11, 6.12), можно выделить кластеризацию, сделанную алгоритмом k-means. Полученная фациальная карта совпадает с седиментологической интерпретацией специалистов. Более того, в сравнении с картой седиментологов, можно судить, что методика позволила наиболее точно

построить фациальную модель резервуара.

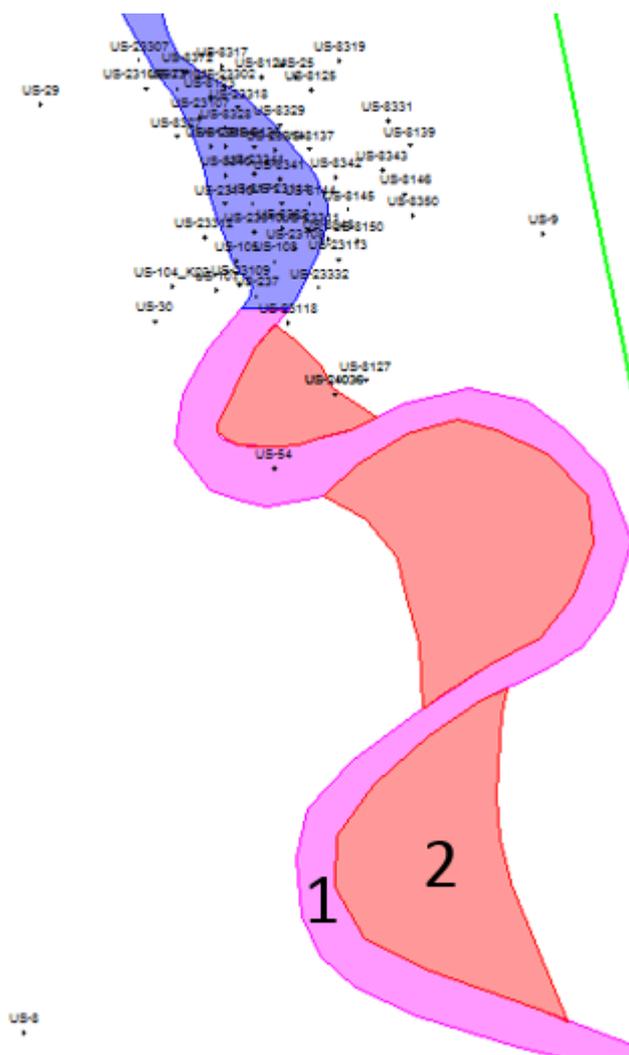


Рисунок 6.13 Фациальная карта пласта полученная специалистами седиментологами; 1-канал; 2-аккреационный комплекс

Каждому кластеру соответствуют каротажи с определенным поведением кривых. Проанализировав каротажные кривые и сравнивая их с аналогами кривых, характеризующих данную обстановку, были выбраны две, наиболее репрезентативные. На Рисунке 6.14 изображены каротажи скважины, которая попала в каналную часть резервуара. Отложения представлены песчаником крупно-среднезернистым с крупной кривой слоистостью и течением с большой энергией. Эти каротажи являются кластером 1

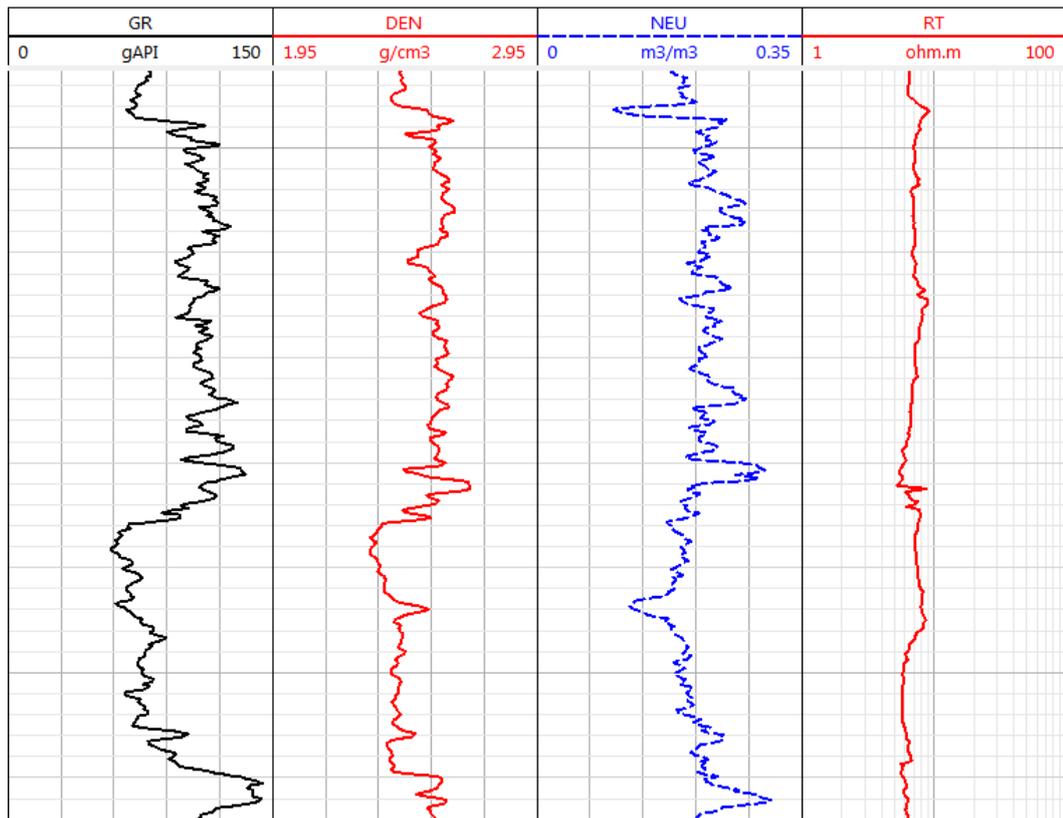


Рисунок 6.14 Каротажные кривые канальных отложений

На Рисунке 6.15 можно наблюдать поведение кривых, характерное для баровой части речных отложений. Такие отложения представлена средним-мелкозернистым песчаником, мелкой косо́й слоистостью, выше по сиквенсу мелкозернистый песчаник и глины, включения корешков растений.

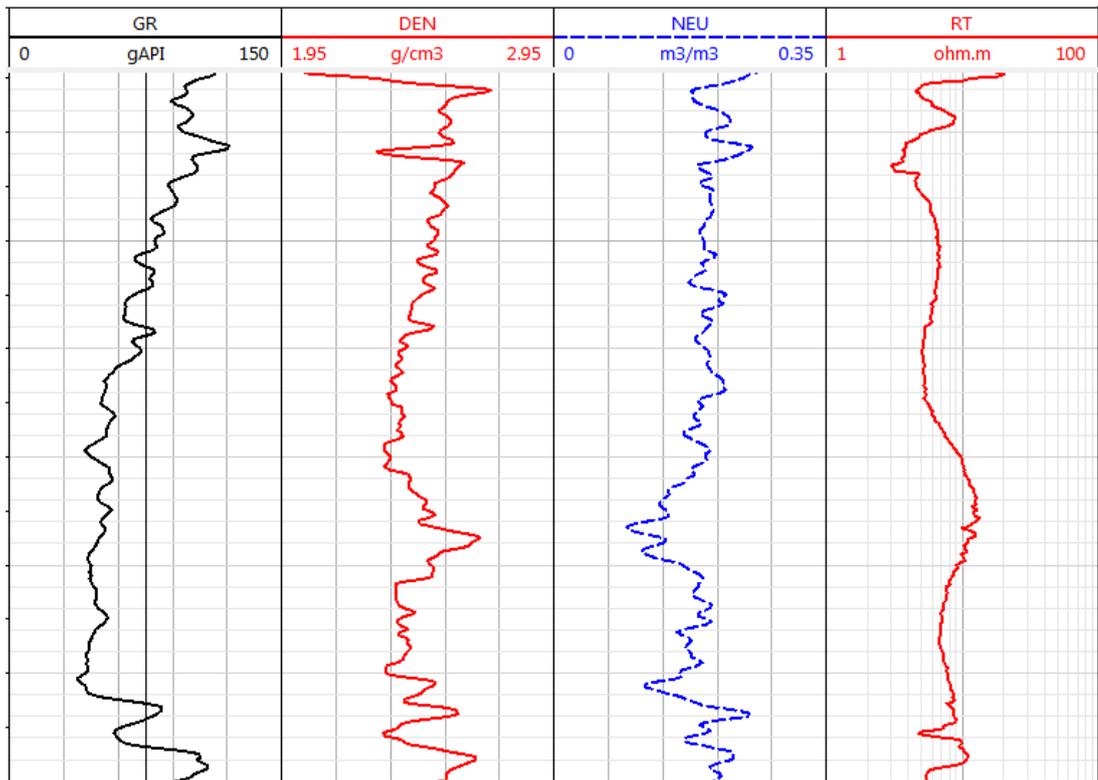


Рисунок 6.15 Каротажные кривые тел аккреционного комплекса отложений

Фациальная модель месторождения выглядит следующим образом

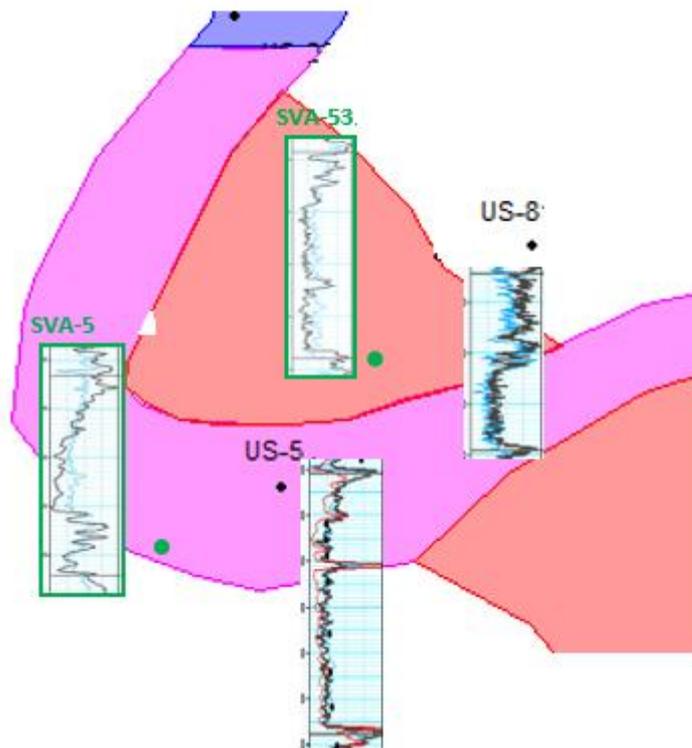


Рисунок 6.16

SVA-5(внешний край канала); US-5(центральная часть канала); SVA-53(около канальная часть аккреционного комплекса); US-8 (внешний край аккреционного комплекса)

В качестве аналогов для неразбуренных меандр использована последовательность из скважин (от внешнего края канала до края аккреционного комплекса) (Рисунок 6.16):

Типовые каротажные кривые для комплекса меандрирующих рек представлены на рисунке 6.17.

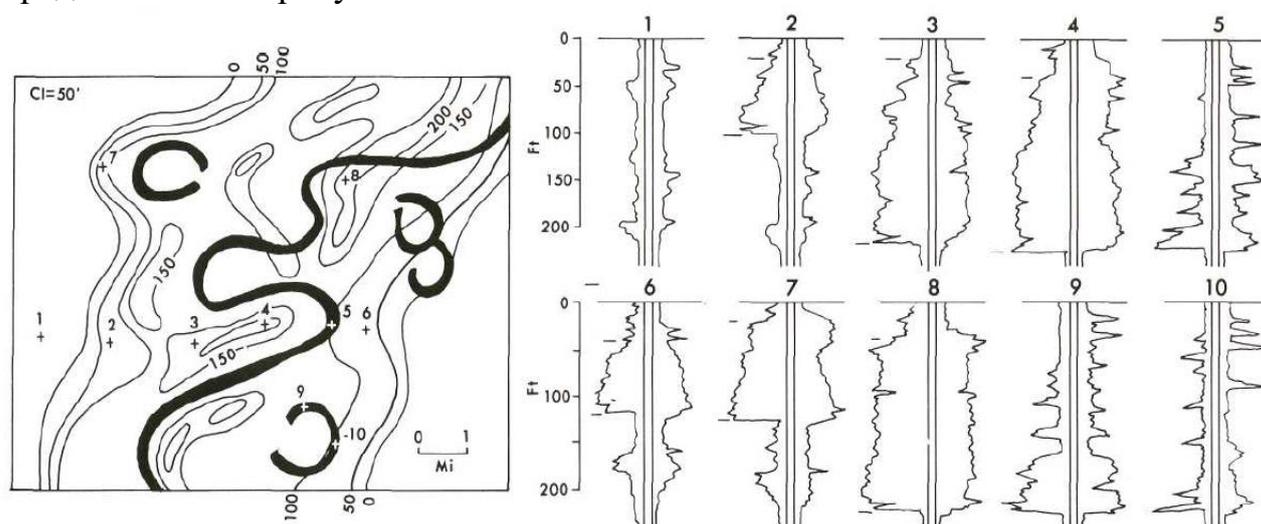


Рисунок 6.17 Кривые каротажей меандрирующих рек

1 – пойма; 3-4 – аккреционный комплекс; 5 - заполнение канала; 2, 6, 7 – аккреционный комплекс последующей стадии развития; 8 – аккреционный комплекс низкой извилистости

Наглядное изображение меандрирующих рек и сформированных ими аккреционных комплексов (Рисунок 6.18).



Рисунок 6.18 Река Иртыш

Таким образом, в результате применения алгоритмов машинного

обучения месторождение было поделено на зоны, характеризующие обстановку осадконакопления пласта.

Для подтверждения деления на кластеры методом дискретного преобразования Фурье, деление, на основе статистических показателей, было сделано. В результате анализа получившихся данных, кластеров, было подтверждено, что общий тренд деления является идентичным, однако наблюдаются отклонения. Это может быть связано с разными методами сравнения данных.

Предложенные методики являются верными для фациального деления коллектора, помимо того, с учетом входящих в набор каротажных данных можно судить о насыщенности той или иной области, предсказывать пористость и, на основании полученных данных, делать предположения по разработке выделенных областей.

6.1 Рекомендации по разработке

Исходя из того, что методика продемонстрировала достаточно хороший результат, и на месторождении можно выделить две зоны коллектора, с разными геологическими характеристиками, однозначной рекомендации к разработке нет.

Однако, если применить методику на более презентативных месторождениях, с большими геологическими отличиями, разными телами коллектора, то благодаря такому делению можно предсказывать сетку скважин, модель расстановки нагнетательных скважин при режиме разработки заводнением.

Методика помогает определять геологическую неоднородность и строение месторождения в целом. По этим критериям создается индивидуальная сетка, неоднородная по площади объекта в соответствии с изменчивостью строения.

По данным разведки, как правило, можно оценить лишь средние значения параметров объекта, изменчивость же его геологического строения остается плохо изученной. Поэтому принято осуществлять двухэтапное разбуривание эксплуатационных объектов. На первом этапе бурят проектные скважины основного фонда, т. е. скважины, расположенные на площади объекта по строго геометрической сетке, форму которой определяют с учетом принимаемой разновидности метода воздействия на пласт, а густоту (плотность)—с учетом средних параметров объекта, полученных по данным разведки. На втором этапе последовательно бурят скважины резервного фонда, предусмотренные проектным документом и составляющие 20—50 %, а иногда и более от скважин основного фонда. Местоположение этих скважин в первом проектом документе не определяется, а их количество обосновывается исходя из сложности строения объекта разработки, плотности принимаемой сетки основного фонда скважин, степени изученности объекта. Места заложения резервных скважин устанавливаются после бурения скважин

основного фонда на основе большого объема геолого-промысловой информации, полученной при их бурении и эксплуатации. Резервные скважины размещают на участках объекта, по геологическим и другим причинам не вовлеченных или недостаточно вовлеченных в разработку основным фондом скважин. На объектах, на которых в процессе разработки происходит стягивание контуров нефтеносности, часть резервных скважин бурят в центральных частях площади, наиболее долго находящихся в эксплуатации, взамен обводненных периферийных скважин для обеспечения предусмотренных проектным документом годовых уровней добычи нефти из объекта. В результате бурения скважин основного и резервного фондов на эксплуатационном объекте в конечном счете создается неравномерная сетка скважин, отвечающая геологическим особенностям объекта и заданным технологическим показателям разработки [Геологические основы разработки нефтяных и газовых месторождений].

Также, выбор системы нагнетания. При составлении первого проектного документа на разработку местоположение нагнетательных скважин не определяют. После разбуривания объекта по равномерной сетке и некоторого периода эксплуатации всех скважин на нефть для освоения под закачку воды выбирают скважины, местоположение которых наиболее полно отвечает геологическому строению пластов и обеспечивает эффективное воздействие на весь объем залежи.

7 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ

7.1 Эффективность методики

Разработанная методика, позволяющая выделять зоны с разными геологическими характеристиками достаточно быстро с помощью алгоритмов машинного обучения, является перспективной с точки зрения уменьшения времени, затрачиваемого на интерпретацию геофизических исследований. Таким образом, при необходимости быстрого и качественного зонирования месторождения на зоны с разными геологическими особенностями применение методики рекомендуется. Более того, кластерный анализ позволяет не только определять фациальные зоны в скважинах, но и находить скрытые зависимости в каротажных кривых и разделять коллектор на подтипы в соответствии с геологической обстановкой, фильтрационно-емкостными свойствами и насыщением. Такая проблема особенно актуальна для карбонатных коллекторов, где без поиска скрытых зависимостей, зачастую, интерпретация ГИС затруднительна. В результате метод позволяет экономить время работников нефтегазовых компаний в случае с необходимостью быстрой оценки пробуренных новых скважин, а также может являться дополнительным инструментом для подтверждения интерпретации ГИС или нахождения ошибок при работе со «сложными коллекторами».

Более того, при необходимости, метод может быть расширен до прогнозирования показателей разработки на вновь пробуренных скважинах в зависимости от того, в какой зоне эта скважина пробурена. Основной проблемой на этом шаге является решение задачи регрессии. Так как геологическая основа кластерного анализа позволяет проводить фациальное зонирование месторождения, это неизбежно приведет к более детальным и точным концептуальным и геологическим моделям.

7.2 Реализация технической задачи

Использование методологии на этапе проделанной работы предполагает знание пользователем языка программирования Python, а также достаточно углубленных знаний машинного обучения. В перспективе возможна оптимизация процесса кластерного анализа путем разработки комплексного программного обеспечения в виде плагина для Petrel, Techlog (Schlumberger). Это позволит избежать длительный процесс подготовки данных для анализа, так как все необходимые данные уже загружены в программе. Таким образом, это избавит пользователя от необходимости владения языком программирования, что позволит использовать методику сотрудникам любых специальностей.

8 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Так как методика, разработанная и представленная в работе, несет сугубо теоретический характер, ее следует применять для достижения максимально эффективного процесса разработки месторождения и экономии времени и средств, то основными нормами и обязанностями в связи с ней являются меры, направленные на снижение проблем и экологических загрязнений. Источники загрязнения и возможных проблем, аварийных ситуаций связаны с бурением скважин и их последующей эксплуатацией.

В процессе бурения скважин следует использовать оборудование и инструмент, прошедший сертификацию, оборудование должно иметь соответствующие сертификаты и паспорта [3].

Оборудование не может использоваться по истечению полезного срока действия, так как это может повлечь за собой возможные аварии ввиду поломки оборудования [3].

При использовании оборудования, которое может травмировать персонал, следует устанавливать специальные отражатели и ограждения с целью минимизации доступа персонала к работающему оборудованию. Ограждающее оборудование должно быть окрашено в специальные предупреждающие цвета и нести предупреждающую информацию на себе [3].

Что касается самого процесса установки оборудования и бурения, то оборудование должно быть установлено на прочных фундаментных основаниях и опробовано в соответствии с инструкцией изготовителя [3].

По завершении монтирования буровой вышки и сопутствующего оборудования, вся конструкция должна быть проверена в динамике без нагрузки на крюк для выявления возможных допущенных ошибок при монтировании. При выявлении нарушений работы оборудования и поломок требуется немедленно устранить их до начала работ, повторный запуск оборудования запрещается [3].

Только после завершения монтажа оборудования и подписания акта о вводе в эксплуатацию происходит подача электричества на оборудование. Подача должна осуществляться в светлое время суток. Также на вышке должны быть установлены источники аварийного освещения с автономным питанием. Обязательным требованием является установка источников освещения во взрывозащитном исполнении [3].

Установка шланга для нагнетания промывочной жидкости требует нанесения специальной обмотки металлическим канатом диаметром 12 мм. Это требуется для избегания ущерба здоровью и жизни персонала при нарушении герметичности шланга [3].

Запуск ротора может быть осуществлен только после снятия колонны с клиновых захватов и при отсутствии другого оборудования на нем.

Обязательное условие осуществления бурения – установка противовыбросового оборудования в соответствии с допустимым максимальным давлением в процессе бурения на устье скважины. Оборудование должно иметь необходимый запас по давлению, чтобы в том числе была возможность его использования по окончании бурения при освоении скважин. Оборудование должно периодически проверяться на закрытие и открытие. При недолжном срабатывании оборудования необходима обязательная замена оборудования. Продолжение бурения с неисправной системой противовыбросового оборудования запрещено [3].

При остановке оборудования на длительное время требуется проверка системы на наличие взрывоопасных веществ и удаление последних до начала работ.

Во время бурения обязательным условием является контроль следующих параметров бурения:

1. вес колонны на крюке;
2. реологические свойства бурового раствора, его плотность;
3. расход раствора на входе и выходе и их сравнение;
4. контроль давления на манифольде.

При расхождении расходов на входе и выходе, увеличении уровня раствора в емкостях требуется немедленная остановка процесса бурения и замер давления в колонне и манифольде. При подтверждении притока пластовой жидкости в скважины необходимо провести расчет количества поступившего флюида, его тип, пластовое давление и необходимую плотность бурового раствора для глушения скважины, после чего производится процесс глушения замещением бурового раствора на новый [3].

Все обязательства по обеспечению безопасного бурения возлагаются на бурового мастера и буровую бригаду на срок проведения буровых работ [3].

При эксплуатации скважин необходима установка лубрикаторов на фонтанной арматуре. Все операции на скважине необходимо проводить только через лубрикатор с закрытой центральной задвижкой. Проведение операций с открытой скважиной запрещены во всех случаях, когда иной возможности проведения операций нет. Если по каким-то причинам приходится снимать фонтанную арматуру (например, замена НТК), то обязательным условием является установка противовыбросового оборудования на скважине. Во время остановки работ на скважине требуется закрывать противовыбросовое оборудование [4].

На скважинах, оборудованных насосными установками, должна быть предусмотрено дистанционное отключение. Установка электроцентробежных насосов требует особых компетенций при работе со скважиной, так как к скважине подается кабель высокого напряжения [4].

Запрещается запуск насоса при отсутствии жидкости в нем, так как это приведет к его выходу из строя. При работе с ШГНУ необходим контроль динамограммы с целью своевременного выявления проблем работы насоса [4].

Все электродвигатели, установленные в пределах кустовой площадки, должны быть заземлены.

8.1 Аварийные ситуации в процессе бурения и добычи

Основными аварийными ситуациями являются:

1. допущение открытого фонтанирования, как в процессе бурения, так и в процессе капитального ремонта скважин;
2. взрывы горючих веществ;
3. утечки химически-опасных веществ;
4. обрыв электрического кабеля, электрическое замыкание.

При допущении открытого фонтанирования при бурении требуется немедленное закрытие противовыбросового оборудования. Это же касается и проведения капитального ремонта скважин. При отсутствии возможности остановки фонтанирования средствами установленного оборудования, по возможности требуется произвести ликвидацию оборудования из зоны аварии для возможности беспрепятственного доступа бригады ликвидации ГНВП. Всех сотрудников требуется эвакуировать из зоны аварии. При обрыве кабеля требуется незамедлительно уведомить начальство о проблеме, как и в случае с любыми другими авариями. Трогать и приближаться к кабелю, тем более пытаться самостоятельно устранить проблему категорически запрещается. При работе с источниками электричества обязательным условием является ношение специальной защитной одежды, выполненной из диэлектрических материалов [3,4].

Для того чтобы минимизировать риск аварийных ситуаций требуется:

1. необходимый мониторинг и контроль всех систем в соответствии с установленными требованиями безопасности;
2. необходимый контроль всех источников возможного возникновения неисправностей и возгораний;
3. настройка звуковых индикаторов неисправностей и поломок всех систем;

Основной рекомендацией для ведения производства является исполнение всеми без исключения работниками правил безаварийной работы и охраны окружающей среды [3,4].

8.2 Охрана окружающей среды

По уровню отрицательного воздействия на окружающую природную среду нефтегазодобывающее производство занимает одно из первых мест среди отраслей промышленности и это влияние обусловлено его особенностями. Оно загрязняет практически все элементы окружающей среды — атмосферу, поверхностные и подземные воды, земли и почвы.

Производственный процесс несет за собой риски загрязнения окружающей среды. Вред природе наносится с первого дня ведения работ на территории месторождения. В первую очередь, когда происходит отсыпка кустов и строительство дорог, в окружающую среду выбрасываются выхлопные газы от тяжелой техники. Также происходит вырубка лесов для отсыпки кустов. Происходит загрязнение почв, воды. Таким образом, основными экосистемами, которые страдают от загрязнения, являются атмосфера, биосфера, гидросфера и литосфера [1].

Что касается атмосферы, то основные источники загрязнения могут быть поделены на две группы: органические и неорганические источники загрязнения. К органическим источникам загрязнения относятся такие, как испарение воды в процессе работы, оставшиеся после работ металлические отходы (трубы и прочее), системы аэрации. Из неорганических источников могут быть выделены лакокрасочные работы, двигатели внутреннего сгорания и выделяющиеся в результате их работы в атмосферу выхлопные газы. Для снижения загрязнений на производстве планируется проводить сбор всего мусора и вывоз его на полигон, что позволит избежать органических источников загрязнения. Также большой вред атмосфере наносят пары и углекислый газ, выделяющиеся в процессе сжигания попутного газа на газопоршневых установках [1].

В результате работ также страдает гидросфера, как поверхностные, так и подземные воды. В процессе производства планируется отбор подземной воды для питьевых нужд персонала, а также отбор воды из сеноманского горизонта для закачки воды в систему ППД. Также в

результате аварий могут страдать наземные воды при разливе нефти. Для сохранения гидросферы планируется сбор использованных вод в специальные емкости и вывоз их на полигон. Сброс вод в наземные водоемы, а также закачка их в пласты строго запрещена. Для борьбы с возможными разливами нефти на территории кустовых площадок планируется установка обваловок, которые помогут избежать загрязнения водоемов.

Более того, в процессе ведения работ страдает и литосфера. Наиболее частым источником загрязнения при разработке месторождений является загрязнение почв как в процессе строительства оборудования и отсыпки кустовых площадок, так и в результате разливов нефти, бурового раствора. Для сохранения почв обязательным условием является установка обваловок, а также применение специальных амбаров для сброса бурового шлама и раствора. Впоследствии шлам и использованный буровой раствор вывозится на полигон.

Основным источником вреда биосфере является необходимость вырубки лесов для обустройства месторождения. Также в результате возможных разливов нефти может страдать и животный мир. Для ограничения представителей фауны от процесса ведения деятельности требуется установка отгораживающих заборов на кустовых площадках, а также в местах нахождения людей. Своевременное удаление источников загрязнений позволит обезопасить животных от контакта с загрязняющими веществами. Также планируется высадка лесов для восстановления понесенного ущерба флоре [1].

8.3 Ликвидация скважин

Большой ущерб может нанести некачественная ликвидация месторождения. Ликвидация необходима по окончании разработки месторождения, когда ликвидируется и вывозится все оборудование с территории. Для осуществления этого процесса в экономическом расчете

учтены затраты на ликвидацию скважин в размере 10% от затрат на строительство.

В процессе ликвидации обязательным условием является снятие всего оборудования как с установок подготовки нефти и газа, так и с кустовых площадок, а именно, фонтанных арматур, шлейфов, трубопроводов.

Для качественной и безопасной ликвидации скважин требуется глушение скважин, их цементирование до устья и установка бетонного блока, изолирующего устье скважины и не дающее доступа к нему.

8.4 Безопасность и здоровье персонала

От безопасного производства зависит уровень работников, так как квалифицированный персонал не имеет желания работать на производстве, где велик риск получения травм. Более того, компания считает своим долгом обустройства на территории месторождения безопасного производства. В рамках безопасного производства планируется:

1. проведение ежемесячных обязательных медицинских осмотров, без которого запрещается приступать к работе;
2. установка ограждающих приспособлений для ограничения доступа персонала к установкам, могущим нанести вред здоровью человека;
3. рабочие условия персонала должны быть спланированы в соответствии с требованиями законодательства по необходимому достаточному освещению, вентилированию помещений, особенно в местах возможных утечек нефти и газа. Обязательные сбор и вывоз мусора с территории месторождения. Более того, в связи с тем, что территория месторождения расположена в достаточно жестких погодных условиях, особенно в зимнее время, требуется обязательное поддержание достаточной для комфортной работы температуры в помещениях, а при работе на улице – выдача персоналу качественной теплой одежды на разное время года [5].
4. каждый сотрудник обязан сдавать ежегодные экзамены на

наличие знаний об охране окружающей среды, медицинские тесты и оказание первой медицинской помощи;

5. на территории месторождения должны находиться медицинские работники разных специальностей, а также в имуществе компании обязательно должен быть вертолет для быстрой транспортировки пострадавших до ближайших населенных пунктов для оказания медицинской помощи.

8.5 Организация рабочей зоны

Согласно ГОСТ 12.2.032-78 [6] конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов (сиденье, органы управления, средства отображения информации и т.д.) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы. Конструкцией рабочего места должно быть обеспечено выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля. Выполнение трудовых операций "часто" и "очень часто" должно быть обеспечено в пределах зоны легкой досягаемости и оптимальной зоны моторного поля. Конструкцией производственного оборудования и рабочего места должно быть обеспечено оптимальное положение работающего, которое достигается регулированием: высоты рабочей поверхности, сиденья и пространства для ног. Высота сиденья и подставки для ног при нерегулируемой высоте рабочей поверхности, устанавливается для работающего ростом 1800 мм – 655 мм. Оптимальная рабочая поза для работающих более низкого роста достигается за счет увеличения высоты рабочего сиденья и подставки для ног на величину, равную разности между высотой рабочей поверхности для работающего ростом 1800 мм и высотой рабочей поверхности, оптимальной для роста данного работающего. Высота сиденья должна быть 420 мм. Форму рабочей поверхности различного оборудования следует устанавливать с учетом характера выполняемой работы. Она может быть прямоугольной, иметь

вырез для корпуса, работающего или углубление для настольных машин и т.д. При необходимости на рабочую поверхность следует устанавливать подлокотники. Часто используемые средства отображения информации, требующие менее точного и быстрого считывания показаний, допускается располагать в вертикальной плоскости под углом $\pm 30^\circ$ от нормальной линии взгляда и в горизонтальной плоскости под углом $\pm 30^\circ$ от сагиттальной плоскости.

8.6 Анализ вредных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

Субъективные ощущения человека меняются в зависимости от изменения параметров микроклимата. Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [7] необходимо соблюдать конкретные санитарно-гигиенические требования к микроклимату в помещениях. В производственных помещениях, в которых работа с использованием ПК является основной и связана с нервноэмоциональным напряжением, должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата для категории работ 1а и 1б в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами микроклимата производственных помещений. Оптимальные нормы микроклимата для помещений:

а) в холодный период года: температура воздуха – не более $22 - 24^\circ\text{C}$; относительная влажность воздуха – 40 – 60%; скорость движения воздуха – 0,1м/сек.;

б) в теплый период года: температура воздуха – не более $23 - 25^\circ\text{C}$; относительная влажность воздуха – 40 – 60%; скорость движения воздуха – 0,1м/сек.

Необходимые микроклиматические условия создаются отоплением, обменной вентиляцией и кондиционированием воздуха. Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [7] на одно рабочее место пользователей ПК с ВДТ на базе плоских дискретных экранов (жидкокристаллические, плазменные)

отводится 4,5 м². Вычислительная техника является источником существенных тепловыделений, что может привести к повышению температуры и снижению относительной влажности в помещении. Не соблюдение параметров микроклимата происходит негативное воздействие на организм человека, снижается уровень работоспособности и мыслительной деятельности. А также приводит к простудным и сердечнососудистым заболеваниям. Согласно СН 2.2.4/2.1.8.562–96 [11] предельно допустимый уровень (ПДУ) шума - это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных 93 дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья. К источникам шума необходимо отнести звуковоспроизводящую аппаратуру, технологическое оборудование и автотранспорт. Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для напряженности легкой степени трудового процесса соответствует 80 дБА, для напряженности средней степени трудового процесса соответствует 70 дБА, а для напряженного трудового процесса соответствует от 60 до 50 дБА. Согласно СП 51.13330.2011 [10] в общем случае мероприятия по защите от шума должны предусматривать рациональное объемно-планировочное решение общественного здания. Постоянное воздействие шума может привести к агрессивному поведению, депрессивному состоянию и прочим психическим нарушениям. Шум может повлиять на развитие гипертензии, различные нарушения ритма сердца, на обменные процессы в организме, в том числе и снижение уровня глюкозы в периферической крови. Недостаточная освещенность может возникать при неправильном выборе осветительных приборов при искусственном освещении и при неправильном направлении света на рабочее место при естественном освещении. Естественное освещение осуществляется через светопроемы (окна). Согласно СНиП 23-05-95 [9] рекомендуется левое расположение рабочих мест ПК по отношению к окнам. Искусственное освещение подразделяется на общее и

местное. При работе с документами допускается применение системы комбинированного освещения. При общем освещении рекомендуется устанавливать светильники в верхней части помещения параллельно стене с оконными проемами, что позволяет их включать и отключать последовательно в зависимости от изменения естественного освещения. Выполнение таких работ, как, например, обработка документов, требует дополнительного местного освещения, концентрирующего световой поток непосредственно на орудия и предметы труда. Согласно СНиП 23-05-95 [9] освещенность на 94 поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должен быть 300-500 лк. Местное освещение не должно создавать блики на поверхности экрана и увеличивать освещенность экрана более 300 лк. А яркость светящихся поверхностей (окна, светильники и др.), находящихся в поле зрения, должна быть не более 200 кд/м². В качестве источников света при искусственном освещении должны применяться преимущественно люминесцентные лампы типа ЛБ. Допускается применение лампы накаливания в светильниках местного освещения. Недостаточная освещенность рабочей зоны несет в себе опасность чрезмерного утомления, развития близорукости, профессиональных заболеваний глаз, а также вызывает усталость центральной нервной системы. В ряде случаев, работая при освещении плохого качества, это может привести к головным болям. Согласно СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 [8] устанавливают предельно допустимые уровни (ПДУ) воздействия на людей электромагнитных излучений (ЭМИ РЧ) в диапазоне частот 30 кГц - 300 ГГц и основные санитарногигиенические требования к разработке, изготовлению, приобретению и использованию источников ЭМИ РЧ в процессе работы людей. ПДУ воздействия ЭМИ РЧ на человека представлены в таблице 3.

Таблица 8.1 - Предельно допустимые значения энергетической экспозиции

Диапазоны частот	Предельно допустимая энергетическая экспозиция		
	По электрической составляющей, $(В/м)^2 \cdot ч$	По магнитной составляющей, $(А/м)^2 \cdot ч$	По плотности потока энергии $(мкВт/см^2) \cdot ч$
30 кГц – 3 МГц	20000,0	200,0	–
3 – 30 МГц	7000,0	Не разработаны	–
30 – 50 МГц	800,0	0,72	–
50 – 300 МГц	800,0	Не разработаны	–
300 МГц – 300 ГГц	–	–	200,0

Предельно допустимая энергетическая экспозиция Диапазоны частот
 По электрической составляющей, $(В/м)^2 \cdot ч$ По магнитной составляющей, $(А/м)^2 \cdot ч$ По плотности потока энергии $(мкВт/см^2) \cdot ч$
 30 кГц – 3 МГц 20000,0 200,0 – 3 – 30 МГц 7000,0 Не разработаны – 30 – 50 МГц 800,0 0,72
 – 50 – 300 МГц 800,0 Не разработаны – 300 МГц – 300 ГГц – – 200,0

Максимальное сокращение времени пребывания в зоне действия электромагнитного излучения является одним из наиболее эффективных 95 способов защиты организма от негативного воздействия электромагнитного излучения. Также следует отметить, что степень влияния электромагнитного излучения на организм человека напрямую зависит не только от времени пребывания в зоне его действия, но и от расстояния до источника излучения. То есть в процессе использования того или иного электроприбора или электрического устройства, например, монитор и системный блок, следует по возможности увеличивать расстояние до источника. Очень часто на рабочем месте, включены в сеть электроприборы, которые в данный момент не используются. Отключение данных электроприборов позволяет значительно снизить уровень электромагнитного излучения и соответственно степень его негативного воздействия, а также необходимо проветривать помещение. Электромагнитное излучение наибольшее влияние оказывает на нервную

систему, признаками расстройства являются раздражительность, быстрая утомляемость, ослабление памяти, нарушение сна и общая напряженность. Также излучение воздействует на иммунную систему, которая уменьшает выброс в кровь специальных ферментов, выполняющих защитную функцию, происходит ослабление системы клеточного иммунитета. Согласно ГОСТ 12.0.003-74 [12] нервно-психические перегрузки подразделяются на умственное напряжение, монотонность труда и эмоциональные перегрузки. Данные факторы имеют место при работе по напряженному графику, в потенциально опасных условиях в связи с возможностью аварийных ситуаций и риском для собственной жизни и здоровья. Нервно-психические перегрузки характеризуются длительностью сосредоточения наблюдения, числом объектов одновременного наблюдения, плотностью сигналов и сообщений.

9 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы была успешно создана методика, которая позволяет зонировать месторождение с использованием алгоритмов машинного обучения, при помощи сравнения и группирования каротажных кривых, на зоны, с разными геологическими особенностями.

Основные задачи, которые были решены в работе:

1. Проведен анализ геологического строения выбранного для анализа месторождения, а также предоставленных для работы данных ГИС, РИГИС;
2. Был разработан подход для обработки исходных необходимых для работы данных, а также проведена ее автоматизация с помощью языка программирования Python, составлена программа, автоматизирующая процесс;
3. Разработана методология для нахождения признаков отличия временных рядов, которыми являются кривые каротажа;
4. Найдены подходящие алгоритмы машинного обучения, для кластеризации данных на основе найденных признаков отличия;
5. Представлена визуализация результатов кластеризации, выбрана наиболее подходящая с учетом информации об обстановке осадконакопления;
6. Построена концептуальная карта, отражающая фациальное распределение. Анализ карты и выделение зон с лучшими коллекторскими свойствами;
7. Предложены рекомендации по разработке. Поскольку информация содержит в себе сведения о геологии пласта, в совокупности с полученной картой улучшенных характеристик это может служить опорной информацией при выборе сетки скважин или типе закачивания.
8. Получена оценка экономической эффективности предложенной методики;

9. Проведен анализ возможных негативных последствий на окружающую среду в результате бурения уплотняющих скважин и планирование способов их минимизации, планирование мероприятий для обеспечения безопасной работы персонала.

10 СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 10 января 2002 г. №7-ФЗ «Об охране окружающей среды» // Собрание законодательства Российской Федерации - 14 января 2002 г. - №2 - Ст. 133.

2. Налоговый кодекс Российской Федерации. [Электронный ресурс]: от 13.07.2015 № 214-ФЗ, №232-ФЗ (ред. от 10.10.2016) // Консультант Плюс. - Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>

3. Приказ от 12 марта 2013 года N101 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности" (с изменениями на 12 января 2015 года) (редакция, действующая с 1 января 2017 года)»// Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору

4. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 10 марта 2015 г. N 153н "Об утверждении профессионального стандарта "Бурильщик капитального ремонта скважин" // Собрание законодательства Российской Федерации - 2013, N 4, ст. 293; 2014, N 39, ст. 5266

5. Приказ от 9 декабря 2014 г. N 997н «Об утверждении типовых норм бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам сквозных профессий и должностей всех видов экономической деятельности, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением» // Министерство труда и социальной защиты российской федерации

6. ГОСТ 12.2.032-78 от 26 апреля 1978 года №1102 «Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» // Введен в действие постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР

7. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Санитарно-эпидемиологические

правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». – М.: Госкомсанэпид-надзор, 2003 – 32 с.

8. ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны – М.: Изд-во стандартов, 1988, №12.1.005-88, 75 с.

9. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение/ Минстрой России - М.: ГП "Информрекламиздат", 1995. - 35 с

10. СП 51.13330.2011 Защита от шума: Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003. – М., 2011. – 46 с.

11. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки.

12. ГОСТ 12.0.003-74 (1999) ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. М., 1974.

13. Отчет «Дополнение к технологической схеме разработки Верхнесалымского нефтяного месторождения (в пределах ЛУ Компании «Салым Петролеум Девелопмент Н.В.»»б Уфа, 2018 – 310 с.

14. Муромцев В. С. Электрометрическая геология песчаных тел— литологических ловушек нефти и газа.—Л.: Недра, 1984.— 260 с. (М-во геологии СССР. Всесоюз. нефт. науч.-исслед. геол. развед. ин-т)

15. Попа А. Выбор оптимальной перфорации при кластеризации месторождения, SPE, 2015

16. Рашка, С. Python и машинное обучение / перевод с английского А.В. Логунова. – Москва: ДМК Пресс, 2017. – 418 с.

17. Рединга, Х.Г. Обстановки осадконакопления: процесс, фации и стратиграфия, 3 часть, Оксфорд, 1996. – 689 с.

18. Тенгелиди, Д.Б. Дискретное преобразование Фурье для автоматической интерпретации фаций, 2014

19. Хобдэй, Г. Терригенные обстановки осадконакопления, Изд-во Спрингер – 1983. – 423 с.

20. Холл, Б.С. Автоматическая классификация фаций с

использованием машинного обучения, 2016

21. Чернова, О.С. Седиментология резервуара – Томск: Изд-во ТПУ, 2004. – 454 с.

22. Чернова, О.С. Нефтегазоносные провинции России и сопредельных территорий / О.С. Чернова. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 256 с.

23. Чернышев Н.И. Построение палеогеографических карт по данным электрокаротажа – В кн.: Вопросы обработки и интерпретации геофизических наблюдений, Пермь

24. Электронный ресурс Википедия, «Machine Learning» // https://en.wikipedia.org/wiki/Machine_learning

25. Электронный ресурс Хабр, «Первичный анализ данных с Pandas»

26. Электронный ресурс Хабр, «Нестандартная кластеризация, часть 3: приёмы и метрики для кластеризации временных рядов»

27. Электронный ресурс, The Way Ahead, Transforming Academic Research: Solving Previously Complex Oil and Gas Problems Using Machine Learning // <https://www.spe.org/en/twa/twa-article-detail/?art=4842>

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Machine Learning algorithms - modern technic to solving problems. Nevertheless, a few decades ago was unreal due to the capacity and power of computers. However, development in this sphere was started a long time ago. Marvin Minsky and Dean Edmonds build the first neural network machine, able to learn in 1951, Frank Rosenblatt invents the perceptron while working at the Cornell Aeronautical Laboratory in 1957. The invention of the perceptron generated a great deal of excitement and was widely covered in the media. 1995, Tin Kam Ho publishes a paper describing random decision forests. And in 1997 IBM's Deep Blue beats Kasparov - the world champion in chess.

Nowadays, ML is a huge instrument that helps peoples in different spheres of life. ML has been applied in medicine and health care, for example, image analysis is time-consuming, so ML conduct image analyses a thousand time faster. Furthermore, such power ideas as facial and voice recognition, financial services (identifying a risk score of a customer on the basis of his credit history, salary range, experience, etc.).

In addition to ML application, it was found in the oil and gas industry. Chiranth Hegde' research introduces a method which creates a model, that can be used as a real-time drilling advisory system (Chiranth M. Hegde, The University of Texas at Austin, 2015). Hao Li used deep learning to Improve subsurface characterization (SEG Technical Program Expanded Abstracts, 2017). Azor Nwachuckwu determines a better solution to well placement with the help of gradient boosting algorithms (Journal of Petroleum Science and Engineering, 2018) and etc.

Exploration of new fields started from well logging. Through this method, full descriptions of rock formation may be obtained. In addition, rock properties and depth are obtained too.

For the above-mentioned reason, a formation may be classified with facies – sequences with specific properties such as colour, composition, texture, structure and etc. The facies is a subjective concept, depending on the objectives of the

research in each specific task. Facies can be determined by a set of logging curves. Different facies have different saturation and permeability for a given porosity. Thus, according to log curve behaviour facies can be determined at a given depth.

The main aim of this work is the development of a methodology for spatial zonation of oil Field C based on well-logging data. It can be accomplished by determination of facies using the facies recognition process based on Fourier spectrum clustering. A related subject is covered in the research of Dmitriy Tengeli, 2013. In this research, the author describes automated facies recognition by decomposition of logging curve via Fourier spectrum parameters. According to clustering, the field was separated into three groups, each has its own facies. It should be noted, that comparison of logging curve conducted only within production interval. Tengeli used normalized SP logs, Fourier decomposition and EM-clustering algorithm. Finally, the author compared automated facies recognition with manually determined facies and achieved 84% reliability.

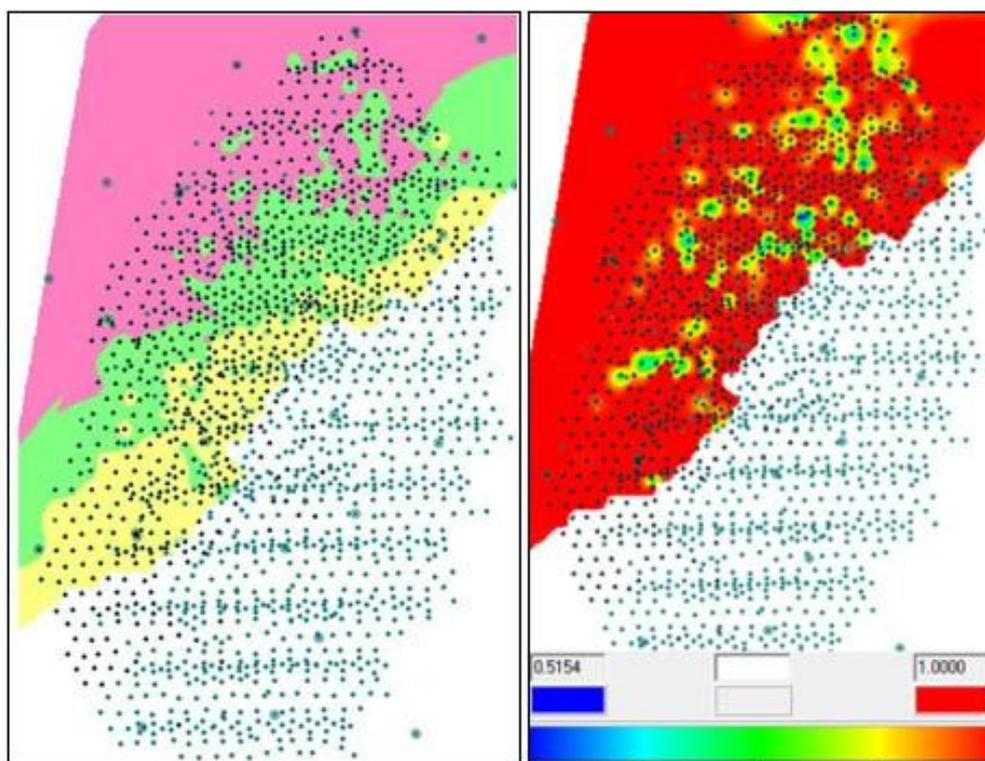


Figure 1 - a) Automated facies distribution and b) Probability map for detected facies;

Figure 1 showed a comparison of automated facies distribution versus manually determined, and probability map proves 84% of convergence. Thus, the decomposition of logs data into a Fourier series is a forward-looking approach in the ML tasks.

Brendon Hall in his work demonstrates how to use different tools in Python, how to work with big data. Explain different analysis methods, such as regression, classification and clustering algorithms. Teach with steps using the algorithm for lithofacies identifying based on well-log measurements using a support vector machine (SVM), type of supervised-learning method. In other words, we need a training set for the program, to learn the difference between features and classes. In research, the author has the same data as in Dubois et al. 2007 article.

Article of Paolo Bestagini et al. describe ML application to facies classification based on measurements of wireline logging. The algorithm, used in this work is random forest classifier. A key moment of this method is feature augmentation, which significantly increase accuracy. The result obtained on a set of wells proves the positive impact of this method to generalize new data. This research has been made with the dataset of seven wireline logs of the Hugoton gas field in southwest Kansas. As in all related researches, a dataset taken from the research of Dubois et al., 2007.

In Article of A. Popa et al. 2015 clustering was used with the aim of improving perforation design and increased production. Two clustering method was described: hard clustering – divided data into a specific cluster, and fuzzy clustering – each element can belong to more than one cluster. Fuzzy C-Mean (FCM) algorithm was used to cluster well based on log data. According to results, was observed either perforation was made on sand or shale regions. This analysis helped to evaluate the performance of perforation jobs and made a conclusion to enhance future completion operations. Wireline logs, perforation depth and footage, well production performance data were used in this work.

Plots were created to found a correlation between production and perforation. As we can see from Figure 2, the biggest part of the wells have 40 feet of

perforations, however, production varied from 200 b/d to 1600 b/d. From this plot, no correlation can be observed. However, the correlation clearly observed in Figure 3. Correlation confirms that regions, found by FCM, and perforated according to received data increase well production.

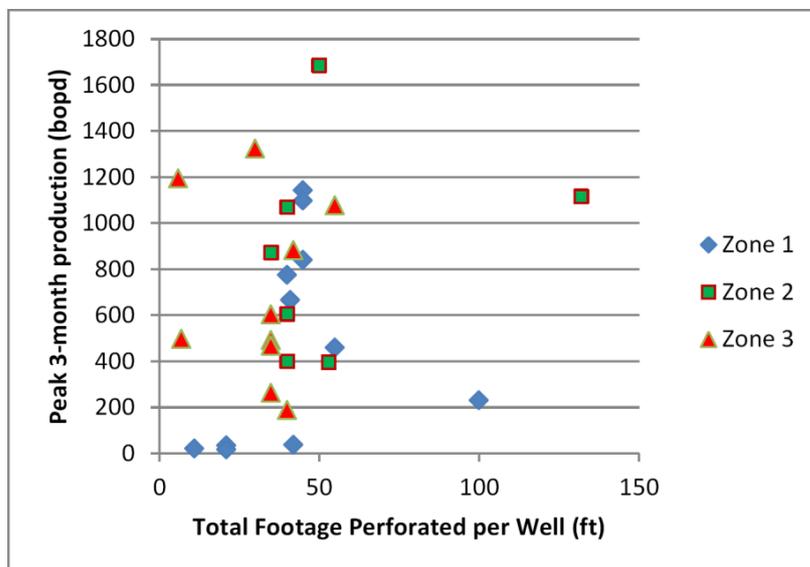


Figure 2 - Production versus total footage perforation

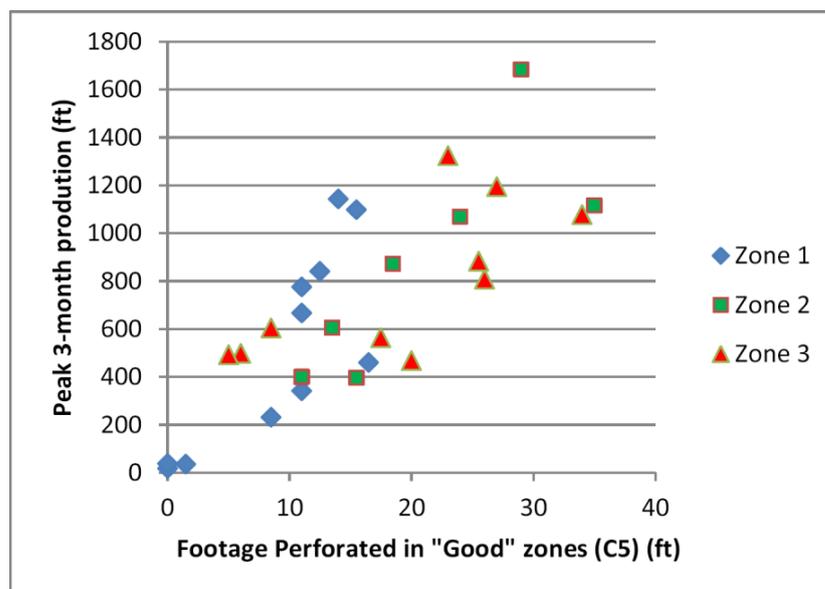


Figure 3 - Production versus footage perforation in "good" zones

To sum up, all mentioned above researches were used in this work. Most parts of contribution took work of Dmitry Tengelidi with automatic facies determination by decomposition of SP log into Fourier series. Also tutorial of Brendon Hall with different approaches to classification algorithms. These ideas have gained great contributions in actual work and gave an understanding of the way to achieve my main goal.