



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра геоэкологии, природопользования и экологической безопасности

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(Магистерская диссертация)

На тему «Проблемы опустынивания юго-восточных областей Сирии»

Исполнитель _____ Эсмаил Раби _____

Руководитель _____ кандидат биологических наук, доцент _____
(ученая степень, ученое звание)
Рижия Елена Яновна _____
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой _____ (подпись)
_____ кандидат географических наук, доцент _____
(ученая степень, ученое звание)
Дроздов Владимир Владимирович _____
(фамилия, имя, отчество)

« ____ » _____ 2022 г.

Санкт-Петербург
2022

Оглавление

Введение	Error! Bookmark not defined.
Глава 1. Глава 1. Физико-географическая характеристика Сирийской Арабской Республики (САР)	Error! Bookmark not defined.
1.1. Природные условия САР, общая характеристика.....	8
1.2 Климат САР.....	9
1.3 Растительность и животный мир.....	19
1.4 Породы и водные ресурсы Республики.....	22
<u>1.5 Почвенный покров САР.....</u>	<u>27</u>
<u>1.6. Природные ресурсы.....</u>	<u>31</u>
Глава 2. Дистанционное зондирование восточных пустынных земель Сирии и дешифрование полученных данных.....	31
2.1 Использование спутниковых данных Landsat и системы дешифрирования ARC GIS	31
2.2 Нормализованные разностные индексы, используемые при дешифрировании снимков территории Сирии	43
2.2.1 Нормализованный разностный вегетационный индекс (NDVI) ...	43
2.2.2 Нормализованный разностный водный индекс (NDWI)	47
2.2.3 Нормализованный индекс разницы влажности (NDMI).....	50
2.2.4 Модифицированный корректировочный почвенный индекс (MSAVI).....	54
Глава 3 Расчет прогнозов климата в Сирии с помощью программы статистического анализа SPSS	56
Глава 4 Рекомендации.....	Error! Bookmark not defined.
Заключение	67

Список использованной литературы.....	69
Приложение.....	73

Введение

Опустынивание - одна из наиболее важных проблем планеты Земля, наравне с такими опасными для всего человечества, как глобальное изменение климата, истощение озонового слоя, уменьшение биоразнообразия, накопление отходов производства и потребления и т.д. [1]. С одной стороны, пустыни относятся к естественным экосистемам, играющим определённую роль в общей экологической сбалансированности ландшафтов планеты, но с другой стороны, результате деятельности человека к началу XXI века на поверхности планеты появилось свыше 9 млн. км² пустынь, охвативших уже 40% общей площади суши Азии, Африки, Америки и Австралии, в совокупности более чем 100 стран мира [2, 3].

В результате процесса опустынивания естественный растительный покров сокращается и верхний слой почвы становится подверженным эрозии. Это порождает ряд других проблем, в том числе увеличение поверхностного стока и стока рек, уменьшение инфильтрации и пополнения запасов подземных вод, изменение микроклимата поверхности и сокращение местных растений.

Климатические изменения в очень длительном масштабе времени могут сами по себе привести к постепенному истощению растительного покрова, видового разнообразия, гумуса, минерального состава и структуры почвы, что в конечном итоге приведет к образованию пустынь. Но действия и деятельность человека могут ускорить этот процесс, создавая искусственные пустыни. Чрезмерный выпас скота, чрезмерное земледелие, вырубка лесов, плохое орошение и эрозия почвы — все это приводит к образованию большего количества пустынь и полупустынь [4].

Согласно данным ООН, на засушливых землях в настоящее время проживает около 2 млрд человек нашей планеты. Опустынивание земель очень опасно и существенно снижает их качество жизни. При подтверждении сценария, предлагаемого ООН, с учетом нынешних темпов опустынивания, к 2025 году каждый пятый житель Земли будет проживать на территории,

подверженной засухе. На данный момент по всему миру деградировано более двух миллиардов гектаров продуктивных земель, ежегодно продолжает деградировать дополнительно 12 млн гектар [5]. Обширная вырубка естественной растительности, выпас скота, расширение сельскохозяйственных угодий и засоление почвы способствовали деградации земель, сокращению запасов воды и ограничению сельскохозяйственного производства в пустынных районах. Водные ресурсы становятся важнейшим природным ресурсом, от которого зависят средства к существованию [5]. Поэтому все научные исследования, посвященные изучению проблемы опустынивания являются актуальными.

Сирийская Арабская Республика (кратко это арабское государство принято называть Сирией) относится к числу классических стран с аридным климатом, для которых проблема опустынивания является наиважнейшей. Сирийская степь занимает 55% территории страны. Вместе с участками Ирака, Саудовской Аравии и Иордании веками данная территория устойчиво использовалась кочевыми местными скотоводами (бедуинам) под пастбища. Начало экологической деградации сирийских степей связывают с установлением в 1958 году системы открытого доступа к степным ресурсам, когда пастбища начали чрезмерно выпасаться скотоводами-вольниками и переводится под пашни для выращивания сельхозпродукции [6].

Формы опустынивания в Сирии различаются в зависимости от географического района. Так, например, в горных хребтах признаются признаки эрозии почвы. Во многих местах почвы полностью вымыты, а нижележащие породы выходят на поверхность. Деградация земель на плодородных равнинах и низкое плодородие почв являются результатом интенсификации агротехники как на богарных, так и на орошаемых землях. Соленость воды является серьезной проблемой ее использования в долине реки Евфрат и других орошаемых районах в засушливых районах Сирии. Неправильное использование поливной воды и недостаток или отсутствие дренажных систем являются причиной накопления солей натрия в верхнем слое почвы и корневой зоне. Заболачивание также имеет

место в этих районах из-за чрезмерного орошения и растраты большого количества этих ценных водных ресурсов. На всей территории степи практикуется чрезмерный выпас скудной естественной растительности. Вкусовые виды растений исчезают, а другие виды также используются в качестве топливной древесины.

Актуальность выбранной темы обусловлена тем, что с конца XX века в Сирии площадь опустынивания стала значительно расширяться из-за антропогенного влияния, в том числе из-за геополитической обстановки (общественно-политического кризиса в стране с 2015 года) и продолжающихся социальных экологических проблем, связанных с переводом пастбищ в пахотные земли, нерациональным выпасом скота, чрезмерным отбором грунтовых вод, наравне с постоянно наблюдаемыми изменениями климата (высокими температурами окружающей среды и низкого уровня выпадения осадков). Количество осадков на юго-западе и востоке страны колеблется до менее 100 мм в год. Эти осадки нерегулярны, неравномерны по распределению. Температура летом довольно высока на большей части территории, за исключением горных районов. На большей части территории страны летняя температура составляет 44°C. Весной и летом большая часть восточных районов подвержена жаркому и сухому ветру. Это также вызывает перенос пыли с места на место и способствует процессу опустынивания. Все перечисленные явления угрожают условиям существования большей части населения страны, проживающего в сельской местности, и перспективам решения продовольственной проблемы [7].

Деграция аридных ландшафтов требует системного подхода к изучению процессов опустынивания и решения проблемы борьбы с ними. Важным звеном в подобных исследованиях является выявление, имеющих ясную тенденцию к изменениям со сменой ландшафтно-экологических условий, критериев опустынивания и установление их количественных характеристик, а также углубленное изучение динамики процессов опустынивания. Для дальнейшего развития хозяйственного комплекса Сирии следует изучить развитие на ее территории процессы опустынивания, выявить конкретные причины деградации

земельных ресурсов, разработать прогноз их развития на ближайшие десятилетия для предоставления научно-обоснованных мер по предотвращению дальнейшего развития негативного процесса.

В связи с вышеизложенным, цель данной диссертационной работы - исследовать динамику и закономерности изменения современных ландшафтов восточных земель Сирии в условиях опустынивания.

Достижение данной цели представляется возможным при решении следующих задач:

1. Провести анализ физико-географических и антропогенных факторов, влияющих на опустынивание восточной части Сирии.
2. Изучить изменение площади пустынных земель территории по изменению растительного покрова с 2012 года при помощи данных аэрокосмических съемок и программы ARC GIS
3. Предложить рекомендации и методы минимизации расширения опустынивания в восточных районах земель сельскохозяйственного назначения Сирии

Глава 1. Физико-географическая характеристика Сирийской Арабской Республики (САР)

1.1. Природные условия САР, общая характеристика

Сирия Расположена между 36° и 42° восточной долготы и 32° и 37° северной широты. Занимает территорию около 18,5 млн га, расположенную в Азиатской части континента (так называемый Ближний Восток) к востоку от Средиземного моря (рисунок 1), и занимает центральное положение, что определяет ее важнейшее геополитическое значение в огромном историческом регионе, называемом Ближний Восток [8].

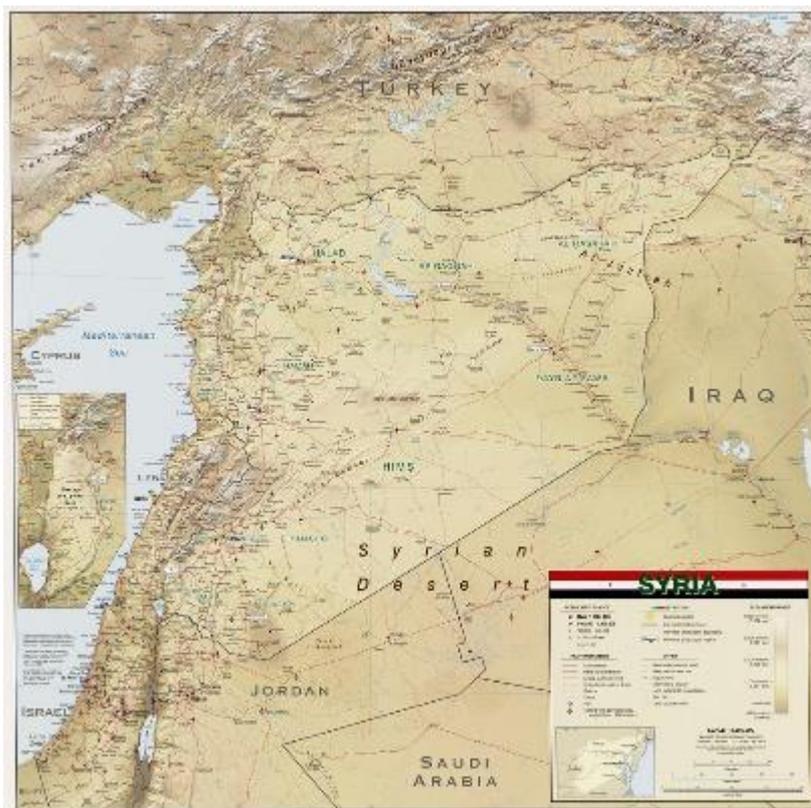


Рисунок 1- Карта Сирии

На юго-западе она граничит с Ливаном и Израилем, на севере, юге и востоке — соответственно с Турцией, Иорданией и Ираком.

Её территория чётко делится на четыре природные зоны. Три из них — плодородная прибрежная равнина, горный массив на западе — хребет Антиливан с вершинами Таляат Муса (2629 м) и Эш-Шейх (2814 м) и внутренние засушливые районы, включающими и Голанские высоты, а также Джехель-эль-Араб в Южном нагорье. Четвёртая зона занимает почти половину территории страны — это Сирийская пустыня. Она покрыта сетью мелких долин-вади, в период дождей служащих руслами для потоков воды. У северной оконечности Сирии расположен живописный оазис Тадмор (Пальмира). Пустыни и полупустыни располагаются в юго-восточной части Сирии, занимая обширное Восточное плато, северная часть которого ниже южной на 300 м. К востоку высота плато становится ниже от 750 м до 300 м в пойме Евфрата. Большая часть плато покрыта лавовым крупнообломочным материалом.

Сухие сельскохозяйственные равнины во внутренней части страны простираются от Хорна до Алеппо на севере и граничат с турецкой территорией с запада на восток, где они называются равнинами Джебзир. К югу от Дамаска и до границы с Иорданией равнины называются Хауран. Эти равнины также называют плодородным полумесяцем. Центральной частью этого полумесяца является Бадиат, плоская и очень засушливая область, представляющая около 50% общей площади Сирии и используемая в основном для сезонного выпаса скота. Реки Евфрат и Оронт образуют плодородные долины, имеющие некоторые сельскохозяйственные проблемы, заболачивание в долине Оронта и засоление и загипсование в Евфрате [9].

1.2. Климат САР

Основными факторами, влияющими на климат Сирии, являются: широта, высота над уровнем моря (топография) и расстояние от моря. Существуют четыре основных климатических режима: влажный, субгумидный, полусухой и засушливый. Влажные и субгумидные регионы

присутствуют на северо-западе над высокими горами. Полузасушливые и засушливые районы занимают более 65% общей площади страны.

Количество осадков колеблется от более чем 1800 мм/год в горах на крайнем севере и падает до менее 100 мм в юго-западных районах. Эти осадки непостоянны, неравномерны по распределению и интенсивны. Интенсивность обильных осадков на большей части территории страны рассматривается как одна из климатоопасных ситуаций. Соответственно водная эрозия почвы считается серьезной проблемой.

Летом температура довольно высока в большинстве районов, за исключением гор Джегионы. На большей части территории страны (юг-юго-восток-восток) наблюдается температура 41°C. Зимой в горах отмечаются температуры от 4 до -15°C. Для внутренних районов Сирии характерен сухой континентальный климат. Большая часть находится в пустынном и полупустынном климате. Характерны высокие температуры, которые в последние годы увеличились до 50 °С, отсутствие дождей, усиление засухи и пыльные бури. В зимний период ночная температура опускается ниже нулевой отметки и в северной части степной зоны часты заморозки и осадки в виде снега. Средние температуры июля — 32–35 °С, максимальные — 40–43 °С, минимальные — 25–28 °С, абсолютный максимум — 57 °С. Средние температуры января 10–13 °С, средний январский максимум — 16–18 °С, минимум — 4–7 °С.

Среднегодовые значения температуры воздуха, наблюдаемые на территории Сирии представлены на рисунке 2.

При представлении климатических данных за предыдущие сорок лет средняя температура в период с 1980 по 2020 год колебалась от 23,3 как самое низкое значение до 25,7 как самое высокое среднее значение температуры. Отмечается, что до 2000 года значения для среднего температуры были зарегистрированы ниже 24 градусов, в то время как значения, зарегистрированные после 2000 года, все они были выше 24, что означает явное увеличение средних зарегистрированных температур.



Рисунок 2 – Среднегодовые значения температуры воздуха в Сирии

То есть скорость повышения температуры в целом за последние двадцать лет увеличилась в среднем на полградуса, и это рассматривается как результат изменения климата во всем мире и следа глобального потепления, которое мы наблюдаем с волны тепла, которые обрушиваются на регион

Это соответствует тому, что предупредила Всемирная метеорологическая организация, которая заявила, что существует 50-процентная вероятность глобального потепления на 1,5 градуса по Цельсию выше доиндустриального уровня, даже на короткий период, к 2026 году.

Это не означает, что мир превысит долгосрочный уровень глобального потепления в 1,5 градуса Цельсия, который ученые установили в качестве предела во избежание катастрофических изменений климата.

Однако глобальное потепление на 0,5 градуса по Цельсию за последние годы может указывать на то, что в долгосрочной перспективе оно превысило этот уровень.

Годичная сумма осадков непостоянна и подвержена значительным колебаниям. Количество осадков в юго-восточной части страны уменьшается до 100 мм в год. Самое засушливое время - период с июня по сентябрь,. В это время на побережье может выпасть до 30 мм осадков, тогда как во внутренних районах

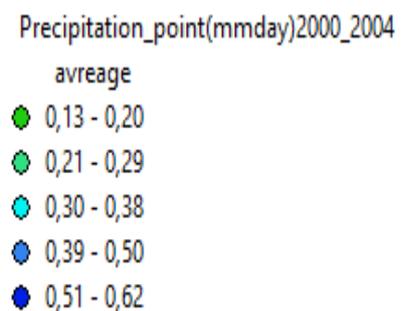
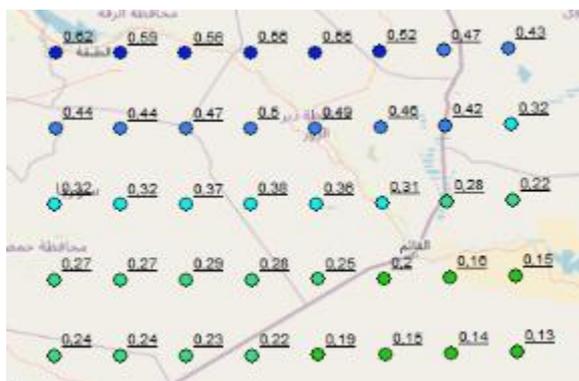
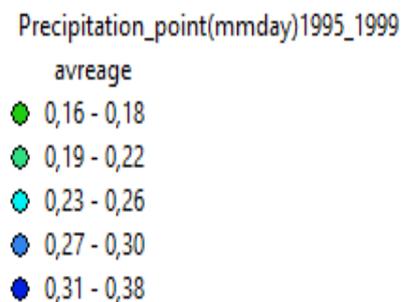
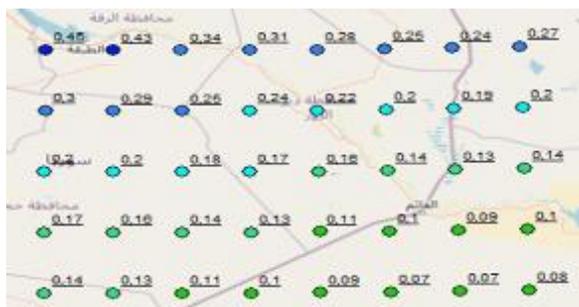
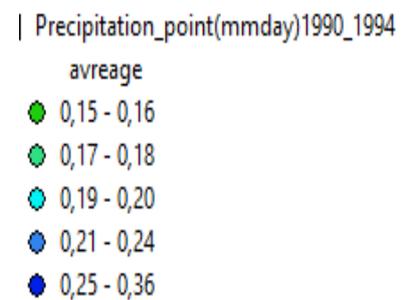
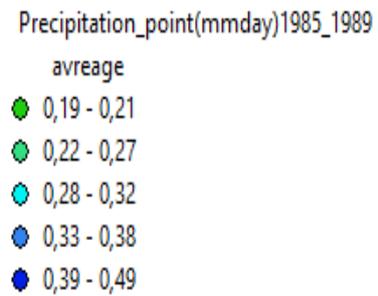
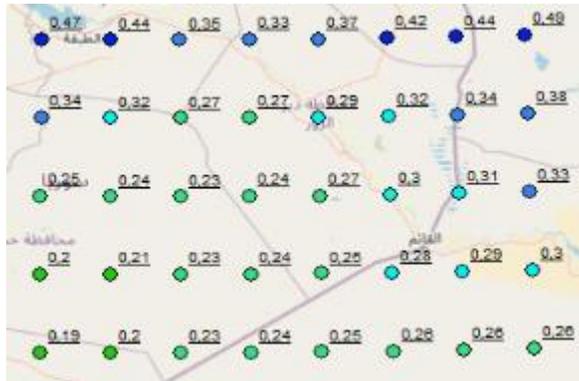
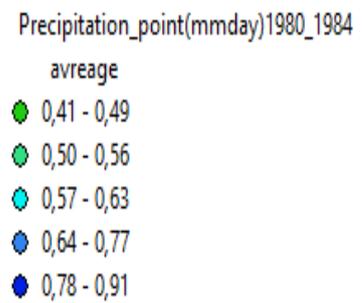
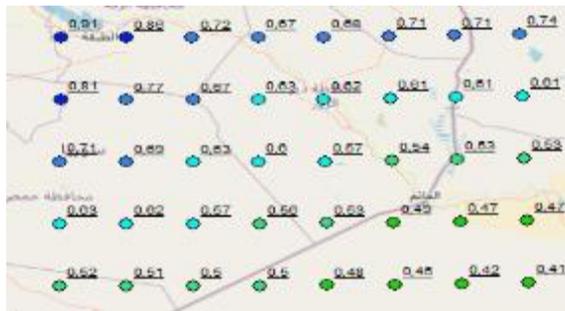
страны их и вовсе не бывает. Зимой и ранней весной из-за прохождения циклонов вторгаются холодные воздушные массы из Восточной Европы. Иногда в это время может выпасть снег и установится холодная и ясная погода [10]. Летние дожди в Сирии очень редки, хотя иногда они выпадают на крайнем северо-западе. Годовое количество осадков на побережье и западном горном массиве составляет от 762 до 1020 миллиметров. По направлению к восточным регионам количество осадков уменьшается; Количество осадков на равнине между Алеппо и Дамаском колеблется от 255 до 510 мм в год. Осадки в пустыне постепенно уменьшаются от 127 мм до менее 25 мм в юго-восточном районе. В то время как дождь меняется из года в год, особенно в весенние и осенние месяцы.

Снег зимой выпадает вдали от прибрежных мест, его больше в высоких влажных местах и сухих низинах. Обычны морозы, особенно в горах.

Весной и летом большая часть восточных районов подвержена жаркому и сухому ветру. Это также вызывает перенос пыли с места на место и способствует процессу опустынивания.

Особенности дождя: разница в количестве, время выпадения и его нестабильность. Он имеет влияние на деятельность человека и его воздействие на окружающую среду. Эти качества определяют характеристику климата, с точки зрения влажности и засухи, особенно если есть сельскохозяйственные районы, зависящие от дождя. В Сирии дожди выпадают в зимний период. Отсутствие летних дождей и сопутствующее повышение температуры увеличивает процесс испарения.

На следующих рисунках представлено среднее за год количество осадков, которое выпадает в изучаемой зоне опустынивания за период с 1980 по 2020 годы. Значительная изменчивость в величинах эффективных температур, количестве осадков по годам исследований и даже за отдельные месяцы налагает особый отпечаток на формирование растительного покрова Сирии.



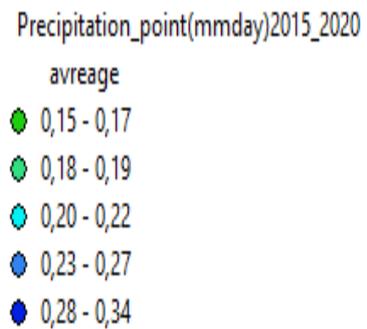
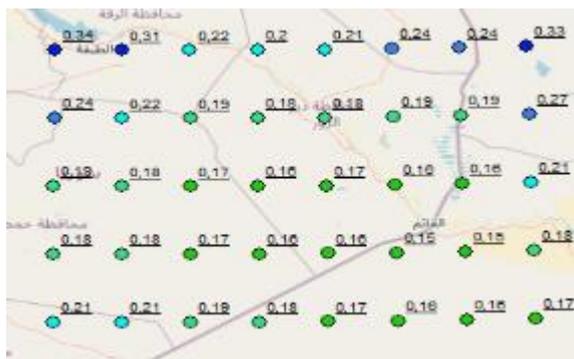
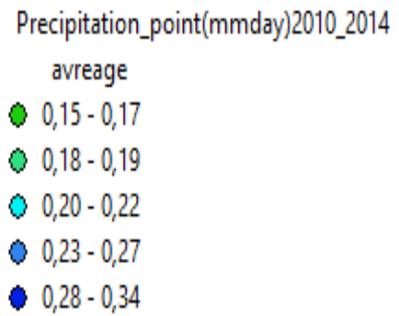
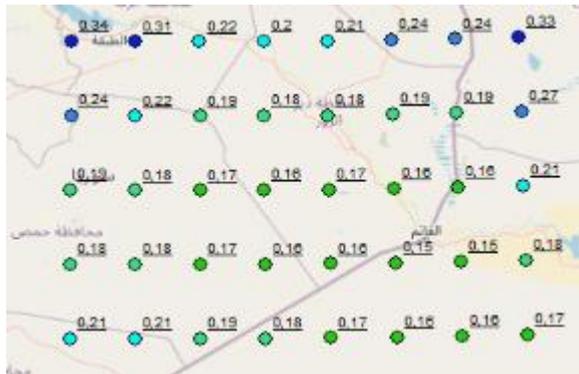
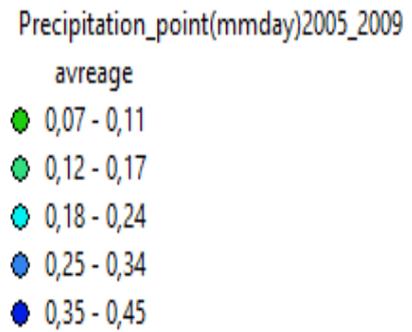
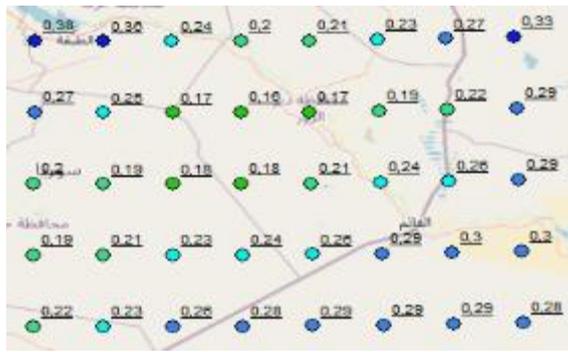
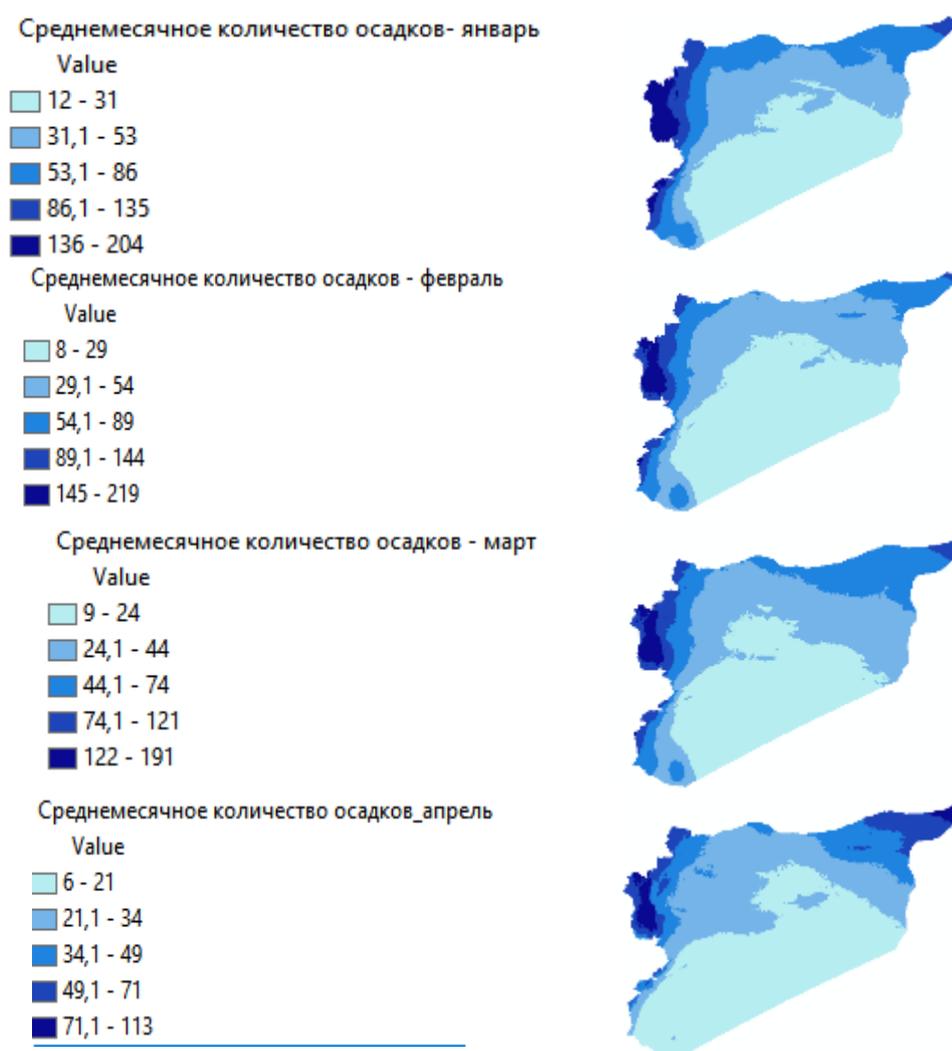


Рисунок 3 - Среднесуточное количество осадков для каждой точки исследования пустынного района Сирии

Из рисунка 3 мы замечаем, что величина осадков для пунктов юго-восточного региона в последние двадцать лет постепенно снижается и не превышает 0,54 в сутки в исследуемых пунктах. И это было после 2010 года до 2020 года, пока среднее количество осадков в день для пунктов было более 0,5 мм в начале восьмидесятых годов. В восьмидесятые годы среднее количество осадков в юго-восточных пунктах составляло (15) мм в месяц.

Среднее количество осадков по месяцам года за каждый из месяцев в Сирии представлено на рисунке 4. Годовые осадки — это среднее общее

количество осадков, которое место получает в целом ежегодно, но процесс измерения годовой нормы осадков — непростой процесс, поскольку для этого процесса требуются данные как минимум за 30 лет, чтобы узнать годовую норму осадков в определенной местности. области, и причина, по которой выбрано число 30. Общей ссылкой для измерения годового количества осадков является то, что, когда эти рекомендации были впервые сделаны, данные, доступные для обобщения, были только за 30 лет, а климатические данные, используемые для расчета годового количества осадков, обновляются каждые десять лет, поскольку все страны должны рассчитать климатические стандарты как можно скорее по истечении десяти лет; Это должно обеспечить единую основу для международного сравнения



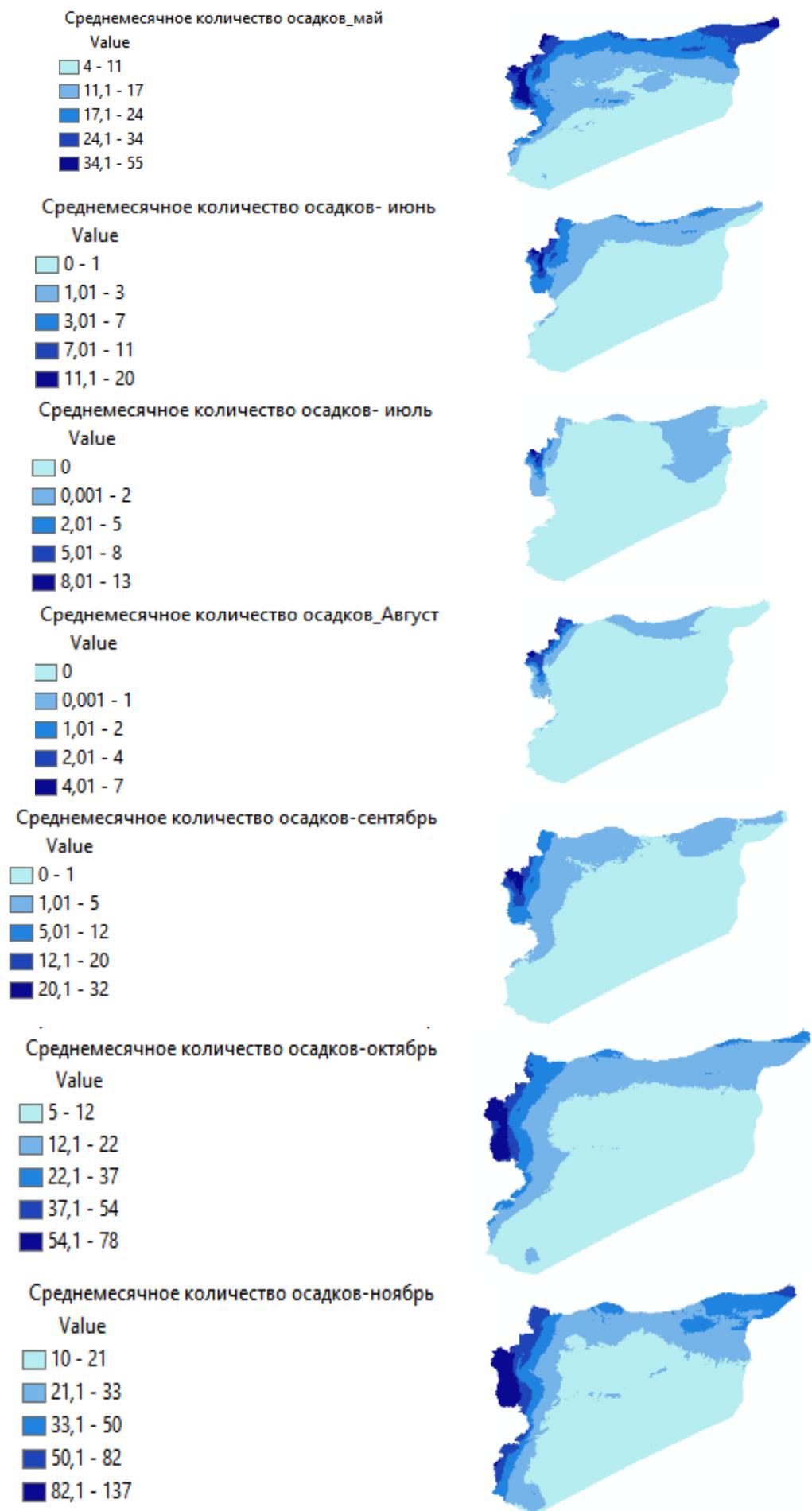




Рисунок 4 – Распределение осадков в Сирии по месяцам (средние данные с 1980-по 2020 гг)

Засушливый период начался в начале 2000 г., когда среднемесячное количество осадков уменьшилось до (5-6) мм в течение месяца, и это снижение продолжалось в течение последних двадцати лет, несмотря на наблюдавшееся улучшение осадков в отдельные годы. (2004-2003 гг.) и два года (2019-2020 гг.). На изучаемой территории годовая норма осадков колебалась в пределах (175-300) в начале 80-х годов с началом засушливого периода в 1990 г. Среднее количество осадков в наиболее высоких точках осадков не превышало 130 мм в год, а снижение в норме осадков продолжалось, особенно в юго-восточных точках, где не было зафиксировано увеличения более чем на 70 мм в период с 2005 по 2015 г. За эти десять лет засухи и засухи усилились

В то время как в последние два года, 2021-2022 гг., наблюдалось увеличение среднего количества осадков, где количество осадков, зарегистрированное в некоторых точках, составило 150-160 мм в месяц.

Месяцы с наибольшим количеством осадков - Январь, Декабрь, Февраль, когда выпадает 366 мм осадков. Большинство осадков выпадает в январе, при среднем количестве осадков 142 мм. Годовая сумма осадков в Сирия - 557 мм. Средняя годовая температура — 22°C в Сирия. Самый теплый месяц в году август со средней температурой: 32°C. Обычно январь - самый холодный месяц в Сирии со средней температурой 10°C. Разница между самым жарким месяцем:

август и самым холодным месяцем: январь: 22°C. Разница между наибольшим количеством осадков (январь) и наименьшим количеством осадков (август) составляет 142 мм

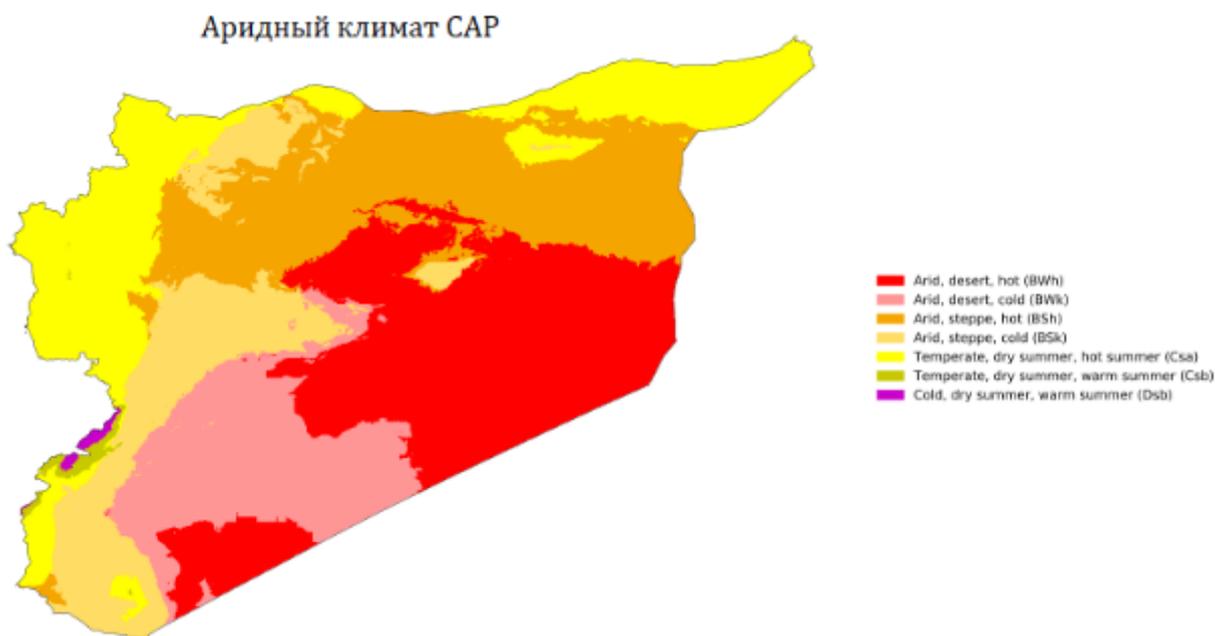


Рисунок 5 – Аридный климат САР

Общепринятого определения засушливости не существует, но одна из самых простых классификаций гласит, что 250 мм осадков являются границей между засушливым и полузасушливым климатом, а 500 мм — между полузасушливым и влажным. Эти пределы количества осадков подходят для района Средиземноморья, однако для тропических окраин пустынь требуется большее количество осадков, чтобы сделать район влажным.

По засушливости регионы можно разделить на:

- полузасушливые 250-300 мм до 500 мм осадков
- засушливые от 50 до 300 мм осадков
- крайне засушливые менее 50 мм осадков

В полузасушливых районах воды не хватает для нормального роста сельскохозяйственных культур, но они имеют большое значение как естественные пастбища.

Для Сирии обычным явлением являются ежегодные, в течение 20-50 дней песчаные бури. Пыль может сохраняться в течение нескольких дней, однако, поскольку воздух очень сухой, существует широкий диапазон суточных перепадов температур, который оказывает влияние на пыльные и песчаные бури (особенно в летние месяцы). Другими словами, быстрая потеря тепла ночью снижает инверсию температуры, помогая остановить пыль и песок. Поэтому пылевые и песчаные бури стихают у источника возникновения вскоре после захода солнца и усиливаются поздним утром и днём.

Причиной возникновения песчаных бурь является в основном штормовой ветер, который несет песок с собой, образуя относительно низкое облако вблизи земли. Типичные песчаные бури достигают высоты 15 м, содержат частицы песка со средними размерами между 0,15-0,30 мм, имеют скорость ветра более 14 км/ч (слабый ветер, см. табл. 4.1) и длятся до тех пор, пока скорость ветра сохраняется. Так как почва в этом регионе разрыхляется эрозией, она легко поднимается в воздух и движется быстрее, чем указано в таблице. Плотность подвижной пыли зависит от скорости и способности ветра переносить частицы пыли. Направление пыльных бурь совпадает с направлением ветра.

Одним словом, климатические условия Сирии благоприятствуют и усиливают процесс опустынивания. Скорость отличается от места к месту в зависимости от почвы, растительности и преобладающих климатических условий (рисунок 2) [11].

1.3. Растительность и животный мир

Естественная растительность Сирии различается в зависимости от климата, физико-географических особенностей, типа почвы и землепользования. Однако прибрежная влажная зона (> 600 мм осадков в год) характеризуется различными стадиями деградации средиземноморских лесов, которые занимают около 450 тысяч гектаров, расположенных в основном в горных районах Латакии, Тартуса, Идлеба, Алеппо, Хомса и Хайны. Характерными видами

влажной зоны являются: *Pinus brutia*, *Quercus caliprinos*, *Pistacia* spp., *Juniperus* spp., *Abies silicica*, *Cedrus lebanii* и другие.

Растительность полугумидной зоны (300 - 600 мм/год) была почти уничтожена и удалена из-за непрерывной вспашки и интенсивного использования с древних времен. Индикаторными видами субгумидной зоны являются реликты *Poterium spinosum*, *Asphodelus microcarpos*, *amygdalus* - *Rhamnus palestina*, *Pyrus syriaca*, *Ballota undulata* и *Phomis damascena*.

В засушливой и полузасушливой зоне (130-250 мм/год) преобладает ксерофитная разреженная растительность. Характерными видами являются: *Arternisia herba-alba*, *Noaea micronata*, *Haloxylon articulatum*, *Haloxylon salicornicum*, *Achillea* spp., ковыль, *Poa sinaica* и *Carex stenophylla*.

Животный мир Сирии не очень разнообразен. Здесь встречаются дикая кошка, рысь, шакал, лисица, полосатая гиена, каракал, антилопа, газель и дикий осёл, иногда можно увидеть дикобразов, ежей, белок и зайцев. В степях и полупустынях много грызунов и пресмыкающихся. Из пернатых на территории Сирии обитают жаворонки, рябки и дрофы. Из хищных птиц можно увидеть орлов, соколов, ястребов и сов. В долине Евфрата водятся фламинго, аисты, чайки, цапли, гуси и пеликаны. Контрольный список видов насекомых включает 1434 вида в Сирии. В его состав входят такие полезные насекомые, как медоносная пчела и шелкопряд [12]. Наиболее очевидную потерю биоразнообразия можно увидеть в исчезновении крупных млекопитающих. Этот регион на протяжении сотен лет был самой богатой территорией арабского региона с его газелями, онаграми, волками и другими млекопитающими. Некоторые из этих диких животных сохранялись до середины начала 1950-х годов, когда неконтролируемая механизированная охота и чрезмерный выпас уничтожили их всех за несколько коротких десятилетий.

Овцы являются наиболее важными домашними животными в Сирии, они пасутся на плохо освоенных полях пшеницы и ячменя, а также на остатках таких культур, как пшеница и кукуруза. Производство баранины в 2011 г. оценивалось в 169 000 тонн; производство овечьего молока - 483 000 тонн. В 2011 г.

насчитывалось также 1 979 000 коз, 837 000 голов крупного рогатого скота, 13 500 верблюдов, 2 500 буйволов и 21 200 000 кур. Животные и продукты животноводства составляют 40% всей сельскохозяйственной продукции в стоимостном выражении. Производство коровьего молока в 2011 году составило 1 032 000 тонн; сыр, 91 900 тонн; сливочное масло и топленое масло - 15 200 тонн; и яйца, 133 500 тонн [13]. Распределение классов домашнего скота различается в зависимости от различных экологических зон. Большинство верблюдов обитают на пастбищах, в то время как распределение групп коз и лошадей (лошадей, мулов и ослов) аналогично распределению коров. Средняя плотность поголовья составляет примерно 19,6 коров на каждый квадратный километр сирийской поверхности; значительно-высокая в первой и второй земледельческих зонах (31,4, 28,3 голов коров/кв. км) и умеренно высокая в окраинно-пастбищной зоне (14,3 голов коров/кв. км). Если учитывать доступные пастбища, плотность населения возрастает до 84,4, 67,3 и 19,2 для бывших соответствующих зон. Местные кормовые ресурсы составляют 93,6, 85,2 и 70,9% сухого вещества.

Пастбища Сирии занимают около 10 миллионов гектаров, большая часть которых находится в районах, где выпадает менее 200 мм осадков в год. В последние десятилетия пастбищные угодья Сирии подвергались чрезмерному использованию, что нашло отражение в очевидной деградации растительного покрова и ухудшении пастбищных ресурсов (рисунок 3).

Это было результатом ряда сопутствующих факторов. Быстрое увеличение народонаселения и популяции животных, расширение земледелия на засушливых землях вади, выкорчевывание пастбищной растительности для топлива, строительство глубоких колодцев для водоснабжения без соответствующего развития рационального управления пастбищами и схемы контроля выпаса скота, а также увеличение использование моторизованного транспорта для перевозки воды и перемещения скота.



Рисунок 6 - Край экспериментальной запретной зоны выпаса овец (справа) в заповеднике Аль-Талила, Пальмира, сфотографирован в марте 2008 года в разгар периода сильной засухи. Слева от забора разрешался квазибесконтрольный выпас овец. Фото: Джанлука Серра.

Следовательно, многие из ценных пастбищных кустарников и многолетних трав были уничтожены или прорежены и заменены менее ценными видами или однолетней растительностью, которая обеспечивает корм только в ограниченные сезонные периоды. Ветровая и водная эрозия постепенно усиливалась, и конечным результатом стало опустынивание обширных пастбищных угодий [14].

1.4. Породы и водные ресурсы САР

Сирия представляет собой северную часть аравийского шельфа. Он сложен в основном различными типами осадочных пород, слоистость которых очевидна по профилям обнаженных пород. Обширная серия разломов и складок, возникших в результате тектонических движений. Явные признаки вторжения и отступления моря прослеживаются также на различных обнаженных породах,

последовательность этих пород начинается от юрского до новейшего четвертичного периода.

Вулканические породы выходят на поверхность в Дж. Эль-Араб, на Голанских плато, на равнинах Хорнс и Хама. В прибрежной зоне выходят на поверхность зеленые породы, такие как габро, диоритовый серпентин.

Страна разделена на семь основных бассейнов, а именно: Дамаск, Оронт, побережье, Алеппо, Ярмук, Евфрат и Бадия. На западе Сирии протекает река Эль-Аси, начало которой находится в горах Ливана. Вдоль границы с Ираком, на северо-востоке, протекает Тигр. На западе есть крупные озера.

Осадки выпадают осенью и зимой. Обычно он характеризуется неравномерностью и неравномерностью, особенно внутри страны. Годовое количество осадков менее 300 мм на 75% территории страны, прибрежная полоса и возвышенности, составляющие около 2,7% площади, имеют обычно более 1000 мм осадков в год.

Поверхностные воды составляют основной водный ресурс. Он составляет $33,7 \times 10^6$ м³ в год, из которых $4,76 \times 10^6$ м³ приходится на весенний сток, а $26,7 \times 10^6$ м³ приходится на годовой сток реки Евфрат на северной границе с Турцией. Поверхностные воды используются для строительства крупных плотин на крупных реках для ирригационных систем и небольших плотин на сезонных ручьях (вади). В настоящее время существует 84 таких небольших плотины. Важность подземных вод меньше, чем поверхностных вод. Ежегодно смешивается $3,8 \times 10^6$ м³ воды из различных еще недостаточно изученных водоносных систем [15].

1.5 Почвенный покров САР

Карта сирийской земли была выпущена в 1993 году в масштабе 1/500 000 и считается современной версией. С начала восьмидесятых годов Арабский центр (ACSAD) начал подготовку почвенной карты Сирии масштаба 1/500 000, на основе более ранних почвенных карт Сирии 1981, 1983 и 1985 годов по

американской системе классификации, с использованием утвержденных спутниковых снимков.

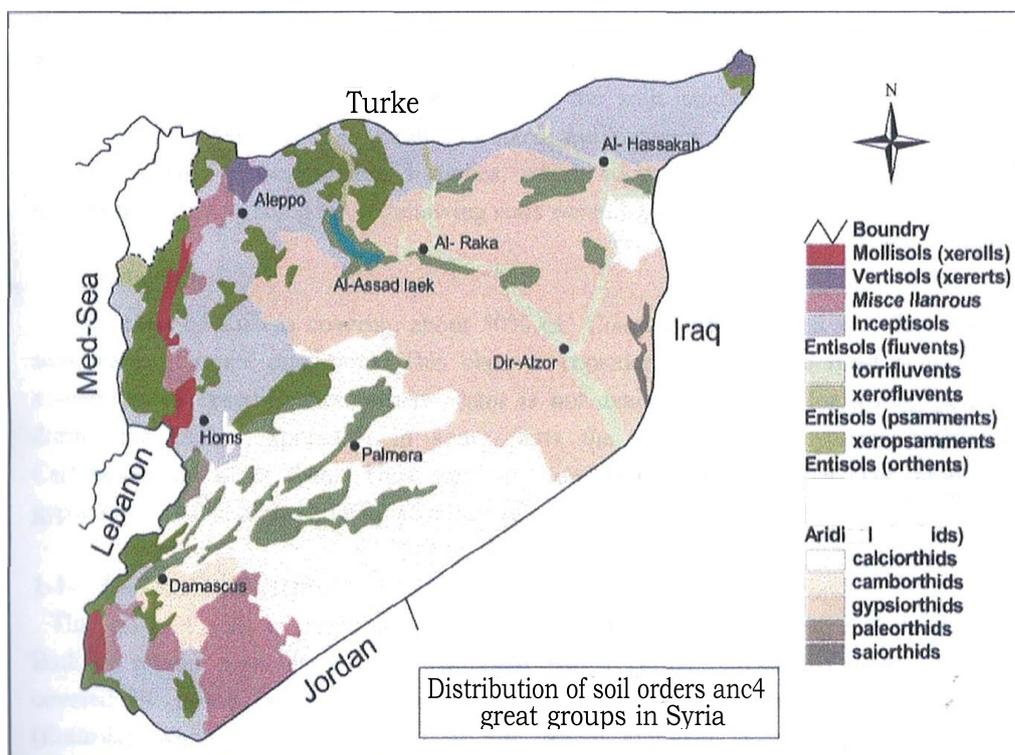


Рисунок 7 - Распределение почвенного покрова на территории САР

Выделены основные группы почв, подтвержденные различными исследованиями, охватывающими несколько направлений, наиболее важными из которых являются почвенные исследования водохранилищ, Бадии и орошаемых земель Евфрата, Оронта и Вадии Ярмука. Основными почвами являются сероземы, ими занята большая часть страны. Каштановые почвы имеют место на севере и западе. Наиболее плодородными являются коричневые почвы, встречающиеся на нижних склонах хребта Ансария и приморской низменности. Почвы засоленные и загипсованные. На рисунке 4 представлен почвенный покров САР. В основе представленная американская классификация почв. Американская классификация почв Сирии была принята в соответствии со следующими почвами, где они были классифицированы на:

1. Ардисоли - тип почв, на долю которого приходится около 50% территории страны, формируется в условиях пустынного и полупустынного климата. Этот класс считается одним из наиболее подверженных опустыниванию типов почв, где вода недоступна для растений в течение длительного периода в течение сезона, распространяя в некоторых частях растворимые соли, гипс, карбонаты кальция или все вместе. Они могут иметь на своем поперечном сечении слои глины, извести или гипса, которые поглощаются щелочным насыщением. Внутри данного типа выделяют подтипы:

Calciorthids - почвы охватывающие около 23% территории страны, включая пастбищные угодья, особенно в ее южной части (называемой Аль-Хамад), где почва покрыта базальтом или кремневыми камнями, связанными с примитивными почвами грубой глубины (Entisols), в то время как северная часть этого региона, включая пустынные долины и менее поверхностные камни с некоторыми гипсовыми почвами, такими как (к северу от села Кариатаин и юг от Пальмиры), механический состав этих почв суглинистый (аллювиальный).

Gypsiorthids – почвы, покрывающие около 20% территории страны, включая район Аль-Джазира, террасы Евфрата и Хабур, простираясь в сторону северной части региона (А-Шам Бадия), Аль-Расафа и большей части горы Бчирри. По механическому составу эти почвы крупнопесчаные аллювиальные или песчаные.

Camborthids – почвы, занимающие только 3% территории страны, обычно расположен в южном регионе, где он распространяется в некоторых долинах и впадинах рядом с горами, механический состав этих почв обычно от аллювиального до илистого.

Paleorthids – почвы, на долю которых приходится около 1,5% территории страны, включая твердую известковую корку (камень) на глубину менее одного метра от поверхности почвы, распространяющуюся в юго-западном регионе страны, где среднее количество осадков превышает пустынные районы.

Salorthids – почвы, которые покрывают около 1,5% территории страны, распространяясь в долине Евфрата и некоторых пустынных впадинах,

образующих так называемые болота, такие как Аль-Мут возле Пальмиры и к северу от Абу-Камаль параллельно иракским границам.

2 Инцептисоли. Занимают второй порядок по площади, составляющей 25% территории Сирии, включает два подтипа:

Xerochrepts - можно было найти во всех влажных регионах вдоль северных границ с Турцией и на средних равнинах, а также на западе и юго-западе Сирии. Почвы этого подтипа характеризуются временным горизонтом в районе Аль-Джазира, а иногда и твердой известковой коркой. Когда она содержит высокое содержание глины (смектит), почва становится подверженной растрескиванию в периоды засухи, как это наблюдается на равнинах Хоран, где их текстура обычно представляет собой гладкую известь.

Andepts - распространяясь в очень ограниченных местах, они развиваются над вулканическим пеплом в районах Шахба и Ракка. В новой классификации этот тип вышел из указанного класса в новый класс Andosols, этот класс почв считается наиболее устойчивым к эрозии

3. Энтисоли:

Эти почвы занимают 14% площади страны, распространены в разных местах. Рассматриваются как одни из почв, наиболее подверженных опустыниванию. Делится на два подотряда Fluvents и Orthents, глубина которых обычно не превышает 25 см; они также включают следующие группы:

4. Вертисоли. Почвы содержат большое количество глинистых металлов, таких как (смектит), которые подвержены набуханию во влажной атмосфере, что делает его подверженным растрескиванию в сухих условиях. Для этого грунта характерно самоперемешивание, поверхностные материалы которого могли смешиваться с более глубокими за счет растрескивания, что затрудняет выделение его признаков, так как времени на определение диагноза линеаментов на крайнем их сечении не так много.

Распространение этих почв в Сирии ограничено, они могут быть обнаружены в районах, расположенных на северо-востоке страны вблизи иракско-турецкой границы, а также в северо-западном районе, где годовая

норма осадков превышает 500 мм. Есть вклад во многих местах, разбросанных на северных границах, в Среднем регионе, на равнинах Хуран и в некоторых конфигурациях Джебель-эль-Араб. Непроницаемость этих почв делает их подверженными дрейфу воды во влажных условиях.

5. Мюллисоли. Очень ограниченное распространение, около 2% только территории страны, линеаменты поверхности этих почв относительно высокие, поэтому их цвет становится темным или черноватым, их можно найти на участках, расположенных в прибрежной и западной горной серии, Габ, некоторые пятна в Голанское нагорье и гора Джебель-эль-Араб.

1.6 Природные ресурсы Сирии

Сирия не особенно богата полезными ископаемыми, по сравнению со странами Саудовской Аравии. До сегодняшних событий в стране шла добыча нефти, крупные месторождения которой находятся на крайнем северо-востоке. Была активизирована деятельность по добыче газа. Извлекаемые запасы этого топлива оценены в 11 млрд. куб. м.

В хозяйстве страны большую роль играла добыча фосфатов, разведанные запасы которых оценены в 1,5 млрд. тонн – это месторождения «Хнейфнс» и «Шаркыйя». Железорудные запасы оценены в 400-500 млн. тонн, а его главные районы Забадани, Блудан, Раджу.

Также страна добывала каменную соль, строительный камень, гипс, мрамор, асфальт, гравий. Водные ресурсы представлены реками, протекающими по территории Сирии транзитом – на востоке полноводный Евфрат с притоками, берущими начало в горах Турции.

Антропогенное воздействие на окружающую среду велико, особенно сейчас. Из-за гражданской войны в Сирии нет достоверных данных по ВВП после 2012 года, но, например, сельское хозяйство всегда составляло четверть дохода всей страны. Тем не менее, по предварительным данным Центрального статистического бюро, сложные климатические условия и сильные засухи

последних лет сильно повлияли на сельскохозяйственный сектор, что привело к снижению его доли в экономике примерно до 17 % от ВВП 2008 года.

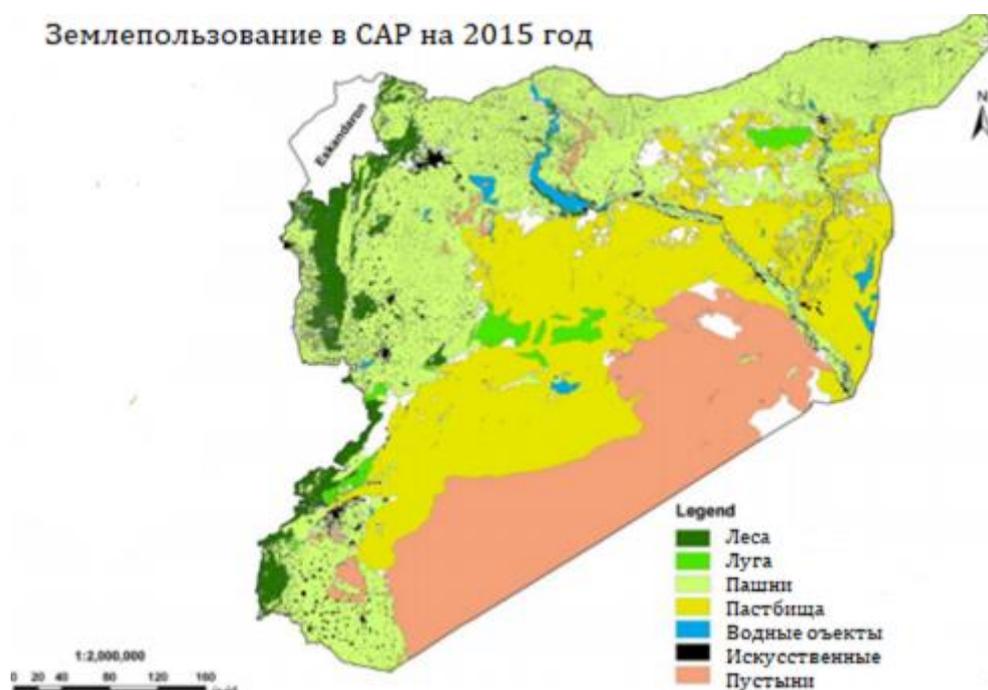


Рисунок 8 - Виды землепользования в Сирийской Арабской Республике на 2015 год.

К популярным культурам, выращиваемым фермерами для внутреннего потребления, относятся пшеница и сахарная свекла. Кроме того, сирийские производители выращивают кукурузу, ячмень и просо. Экспортными культурами, которые поставляются на мировой рынок являются хлопок, фрукты и овощи (такие как помидоры, арбузы, лук и картофель, виноград, яблоки, цитрусовые) и табак. Фермеры также занимаются разведением животных: овец, крупного рогатого скота, птиц и верблюдов.

Расширение посевных площадей в Сирии в настоящее время является медленным и дорогостоящим процессом. После разочаровывающих результатов ирригационных проектов Евфрата (охватывающих до 16% территории) правительство начало развивать неорошаемое земледелие, чтобы компенсировать потенциальные неудачи по поддержанию культивации на

некоторых орошаемых площадях, которые в настоящее время страдают от заболачивания или чрезмерного засоления [17].

К числу негативных изменений относятся и широко распространенные на территории Сирии процессы опустынивания, обусловленные, как неблагоприятными природными предпосылками, так и, нерациональной хозяйственной деятельностью в условиях очень «хрупких» и легко «ранимых» аридных экосистем.

Деграция аридных ландшафтов требует системного подхода к изучению процессов опустынивания и решения проблемы борьбы с ними. Важным звеном в подобных исследованиях является выявление, имеющих ясную тенденцию к изменениям со сменой ландшафтно-экологических и социально-экономических условий, критериев опустынивания и установление их количественных характеристик, а также углубленное изучение динамики процессов опустынивания. Это обуславливает необходимость регионального подхода при осуществлении этих исследований.

Всего различают 4 степени опустынивания.

Слабое опустынивание. Проявляется в областях, в которых мало или относительно немного растительности и почвы, и оно не влияет на плодородность земель и природные биологические среды.

Среднее опустынивание. Крупнейшие показатели этой категории: повреждение растительности, формирование песчаных дюн и наличие небольших пятен соли. Эта стадия может привести к уменьшению производительности земель на 10 - 50%. Это критическая фаза, при которой должна начаться борьба с опустыниванием.

Сильное опустынивание. Из самых значительных показателей данного этапа является деграция производительности земель сельского хозяйства более чем на 50%, распространение сорняков и терний, эрозия почвы и увеличении концентрации солей в почве, что приводит к полному бесплодию земель и отсутствию растительности.

Очень сильное опустынивание. Эта стадия является самой опасной из всех вышеизложенных, так как ухудшение увеличивается и составляет 90%, что приводит к потере производительности сельскохозяйственных угодий, далее – к бесплодию земель. Процесс мелиорации здесь будет сложным и чаще экономически не выгодным.

Для изучения динамики опустынивания в районе исследования необходимо создать ситуационные ландшафтные карты. Это поможет определить места и причины опустынивания в каждом комплексе и следить за динамикой изменения границ комплексов в регионе [18].

Глава 2. Дистанционное зондирование восточных пустынных земель Сирии и дешифрование полученных данных

2.1. Использование спутниковых данных Landsat и системы дешифрирования ARC GIS

Процесс опустынивания начинается с аридизации почвы – это сложный и разнообразный комплекс процессов уменьшения увлажненности обширных территорий и вызванного этим сокращения биологической продуктивности экологических систем «почва – растения». Два основных фактора могут быть ответственны за опустынивание в Сирии: засуха и деятельность человека. Сельскохозяйственное производство в Сирии зависит от зимних осадков. В районе выращивания пшеницы среднегодовое количество осадков составляет от 300 до 500 мм. В последние десятилетия в республику в среднем поступало меньше воды, составляющее 60-70% от ожидаемого количества воды.

Дождь распределяется неравномерно, за один ливень в течение дня может выпасть более 50 мм осадков. В некоторые годы целый сухой месяц разделяет два ливня зимой. Еще одна причина, вызывающая пустыню в Сирии, — неправильное использование ограниченных природных ресурсов почвы, воды и растительного покрова. Фермеры обрабатывают маргинальные и пастбищные угодья, ожидая, что дождливый год увеличит их производство. Нарушенные частицы почвы подвержены ветровой эрозии и очень часты пыльные бури. На пастбищах наблюдались образования современных песчаных дюн.

Современные технологии, внедренные на пастбищах, т.е. электроэнергия автомагистралей, топливные двигатели, бурение и т. д. способствовали чрезмерному использованию природных ресурсов, особенно откачивание подземных вод, которые имеют ограниченную подпитку.

Концентрация стад животных вокруг водоемов в течение длительного времени привела к чрезмерному выпасу скота, несмотря на низкую эффективность пастбищных угодий.

Об опустынивании территории судили по выявлению изменений в растительном покрове в бассейне реки Евфрат и определение значений изменений и процента в растительном покрове, извлеченных за период (2012-2021 гг.).

Оценка спектральных индикаторов растений, используемых в исследовании, и определение лучших из них при извлечении значений растительного покрова с точки зрения их точности и простоты расчета, чтобы достичь наиболее подходящего индикатора для применения в дистанционном зондировании.

Определялись наиболее изменчивые участки растительности на исследуемой территории. Спутники предоставили возможность отслеживать растительный покров и прогнозировать точную и реальную информацию о землепользовании и растительном покрове, а также об изменениях, происходящих в нем. Использовались удаленные датчики для мониторинга изменений естественного и сельскохозяйственного растительного покрова, в период с 2012 по 2021 гг.

Сенсоры (датчики), установленные на спутниках, бывают двух типов: пассивные и активные. Поэтому различаю активное и пассивное зондирование Земли.

Принцип работы активного датчика в том, что этот тип датчика освещает свою цель сам, а потом измеряют отраженный свет.

Пассивные же датчики регистрируют отраженный свет, излучаемый уже естественным источником, солнцем. То есть, когда солнечный свет отражается от земной поверхности, пассивные датчики и улавливают в электромагнитном спектре. В отличие от спутников активного типа, качество получаемой информации от пассивного зондирования, зависит от погодных условий.

В проведенной работе по расчету площадей ледового покрова и при построении температурных карт, как раз и использовались данные, полученные со спутника пассивного дистанционного зондирования – Landsat

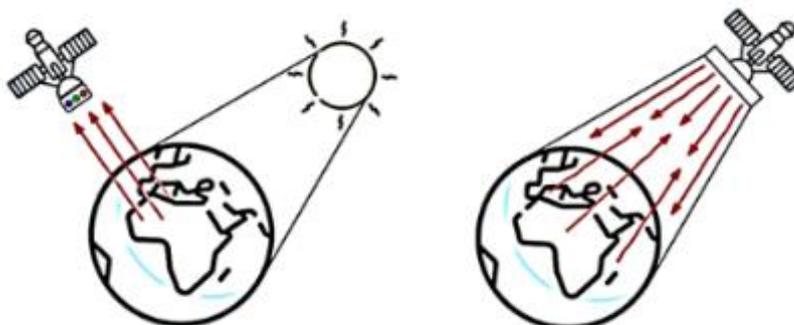


Рисунок 9 – пассивное (слева) и активное (справа) зондирование [18]

У дистанционного мониторинга выделяют две основные задачи, это:

- получение высококачественных результатов;
- дешифрирование полученных результатов;

Дешифрирование – это интерпретация полученных результатов съемки, то есть извлечение необходимой информации.

Процесс дешифрирования строится на том, что у каждого объекта или явления есть свои отличительные признаки, такие как форма и размер объекта, цвет и тон, структура или тень, они еще называются прямыми признаками. Каждый такой признак несет в себе информацию об объекте. Важнейшим принципом визуального дешифрирования является анализ дешифрируемых объектов в развитии и в контексте окружающей среды, а также - движение от общего к частному, путем последовательного изучения снимка как информационной модели местности, представляемой как единое целое [20- 24]. Основным фактором, определяющим качество визуального дешифрирования, является уровень квалификации эксперта, слагаемый из профессиональной эрудиции и его интуиции – утверждается даже, что данный вид деятельности граничит с искусством. Тем не менее, и здесь существует определенная методология, направленная на повышение достоверности и снижение числа

ошибок. Космический снимок представляет собой образную модель местности - результат генерализации, характер которой существенно отличается от модели, получаемой в процессе картографической генерализации [20]. Мелкие детали местности теряются и, наоборот, на снимке проявляются крупные структуры, не видимые на поверхности вследствие своего размера. Снимок содержит только то, что может быть зафиксировано в используемом спектральном диапазоне на данный момент времени при текущих условиях погоды и освещения. В этом смысле снимок является документом, лишенным субъективности картографического изображения, подчиняющегося правилам отбора объектов и способам их отображения.

Тон спутниковых изображений зависит от отражательной способности объекта. Поэтому для работы по определению наличия ледового покрова этот признак является наиболее важным, так как для льда разной толщины яркость зависит от альбедо территории, то есть самый яркий тон у толстого льда и темный наоборот у тонкого [19].

Для извлечения нужной территории из всего объема информации, классифицированные растры обрезаются по маске, где в роли маски был векторный слой исследуемого участка пустынных территорий Сирии. Площадь всего изначального растра, что объединил в себе 3 сцены, равна 102,5 тыс. км².

Результат извлечения конвертируется в вектор для лучшего графического отображения. Полученный векторный слой пришлось объединить по признаку (признак – поле, соответствующее пустыне), так как при векторизации получилось много маленьких полигонов. Для создания почвенных карт, нужны данные содержащиеся в Landsat Collection 2 Level-1, так как именно здесь содержатся геотермические данные.

Данные уровня 1 передаются в виде цифровых чисел (DN) и могут быть преобразованы в коэффициент отражения или излучения верхней части атмосферы (ТОА) с использованием радиометрических коэффициентов масштабирования, указанных в каждом файле метаданных сцены [20].

Датчики позволяющие получить данные о температуре, установленные для спутников позволяют получать данные в семи спектральных диапазонах с пространственным разрешением 30 метров для диапазонов 1-5 и 7. Пространственное разрешение для полосы 6 (тепловое инфракрасное излучение) составляет 120 метров, но передискретизируется до 30-метровых пикселей, разрешение раstra, полученного по данным инфракрасного датчика, составляет 30 метров, однако, разрешающая способность самого датчика – 100 метров [20].

Таблица 1 – Диапазоны данных для Landsat 4-5

Диапазон	Длина волны (микрометры)	Разрешение (метры)
Band 1	0.45-0.52	30
Band 2	0.52-0.60	30
Band 3	0.63-0.69	30
Band 4	0.76-0.90	30
Band 5	1.55-1.75	30
Band 6	10.40-12.50	120 (30)
Band 7	08-2.35	30

Изображения Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) и Thermal Infrared Sensor (TIRS) состоят уже из девяти спектральных диапазонов с пространственным разрешением 30 метров для диапазонов 1-7 и 9. Новый диапазон 1 (ultra-blue) полезна для прибрежных и аэрозольных исследований. Новый диапазон 9 полезен для обнаружения перистых облаков. Разрешение диапазона 8 (панхроматическое) составляет 15 метров [21].

Нужные для расчета температурных карт тепловые диапазоны 10 и 11 полезны для измерения более точных температур. Каналы 10 и 11 сцены Landsat

представляют инфракрасный диапазон спектра. Чем выше яркость объекта в этих каналах, тем выше температура.

Таблица 2 – Диапазоны данных для Landsat 8

Диапазон	Длина волны (микрометры)	Разрешение (метры)
Band 1 – Прибрежный аэрозоль	0.43-0.45	30
Band 2 – синий	0.45-0.51	30
Band 3 – зеленый	0.53-0.59	30
Band 4 – красный	0.64-0.67	30
Band 5 – Ближняя инфракрасная (NIR)	0.85-0.88	30
Band 6 – SWIR 1	1.57-1.65	30
Band 7 – SWIR 2	2.11-2.29	30
Band 8 – панхроматическая	0.50-0.68	15
Band 9 – Cirrus	1.36-1.38	30
Band 10 – Тепловая инфракрасная (TIRS) 1	10.6-11.19	100
Band 11 Тепловое инфракрасное излучение (TIRS) 2	11.50-12.51	100

Картографическая программа (ARC GIS), использованная при анализе

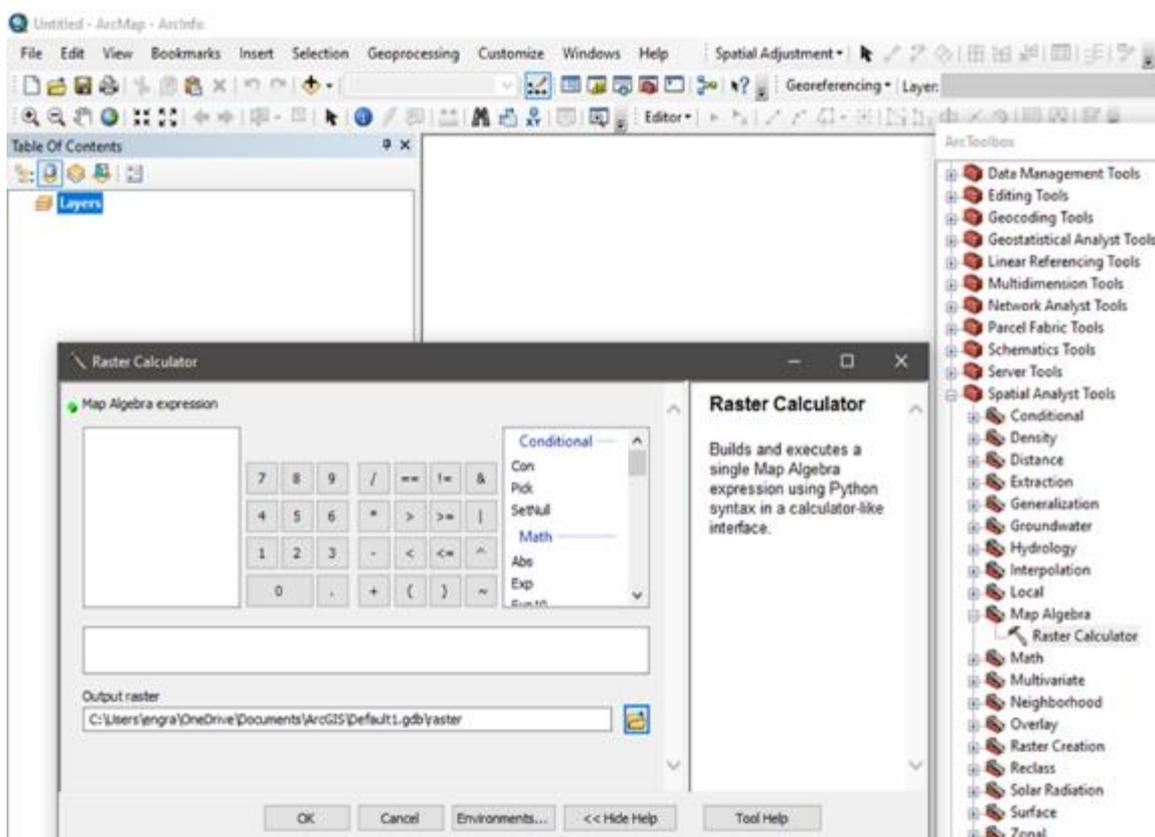


Рисунок 10 – Скрин программы ARC GIS, используемой в исследовании территории

Программное обеспечение, используемое для выполнения анализа, - ArcGIS. ArcGIS или программное обеспечение ГИС — это программная платформа, связанная с географическими информационными системами и науками, то есть это набор программ, предоставляемых ESRI, которые создают, управляют, совместно используют и собирают географические данные, а также анализируют географическую информацию и представляет его в виде точных карт.

Из объединенного растра извлекается нужная территория и раскрашивается для комфортного визуального восприятия. Модель состоит из массива квадратных или прямоугольных ячеек равной площади, каждая ячейка имеет значение средней высоты земной поверхности внутри. Способность модели отображать детали поверхности Земли по всей площади ячейки связана

с так называемым разрешением. Чем меньше площадь ячейки, тем выше дифференциальная точность модели и больше ее способность отображать детали поверхности Земли, и наоборот.

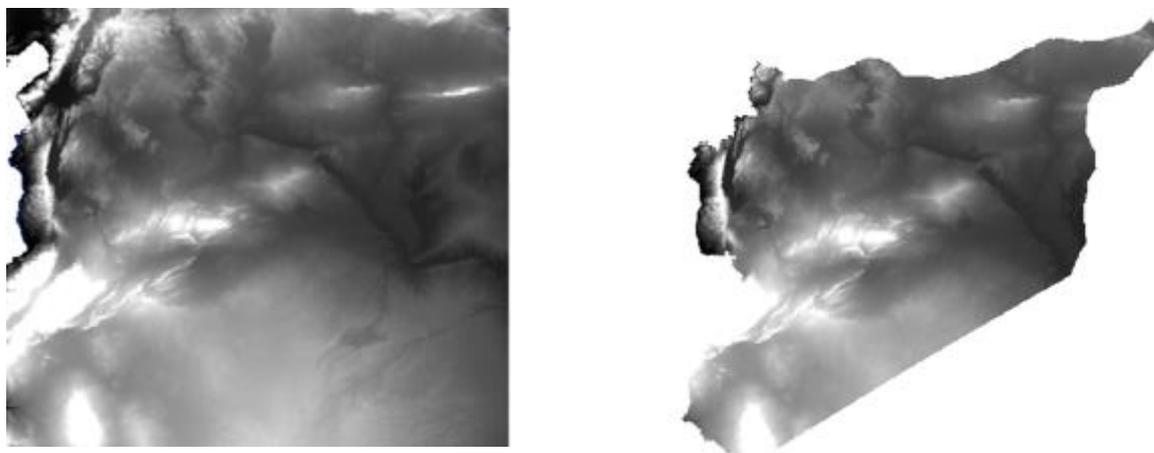


Рисунок 11 - Цифровая модель рельефа ArcGIS, покрывающая всю территорию Сирии

Необходимо при дешифрировании снимков учитывать следующие показатели. Прямые дешифровочные признаки могут быть простыми и сложными. Прямые простые признаки включают такие характеристики, как форма, размер, цвет, тон изображения (яркость, *brightness*), тень (*shadow, shade*). Прямые сложные дешифровочные признаки - структура (*structure, composition*) и текстура (*texture*), что иногда объединяют под одним названием рисунок изображения. Текстура обусловлена взаимным закономерным расположением тоновых неоднородностей изображения и может быть тонкосетчатой, полосчатой, однородной, пятнистой и т.п. Хорошим примером последней является вид возделываемых сельскохозяйственных полей, явно отличающихся от естественных природных участков с похожей или аналогичной растительностью именно за счет характерной текстуры. Прямые дешифровочные признаки и используются при прямом (непосредственном) дешифрировании

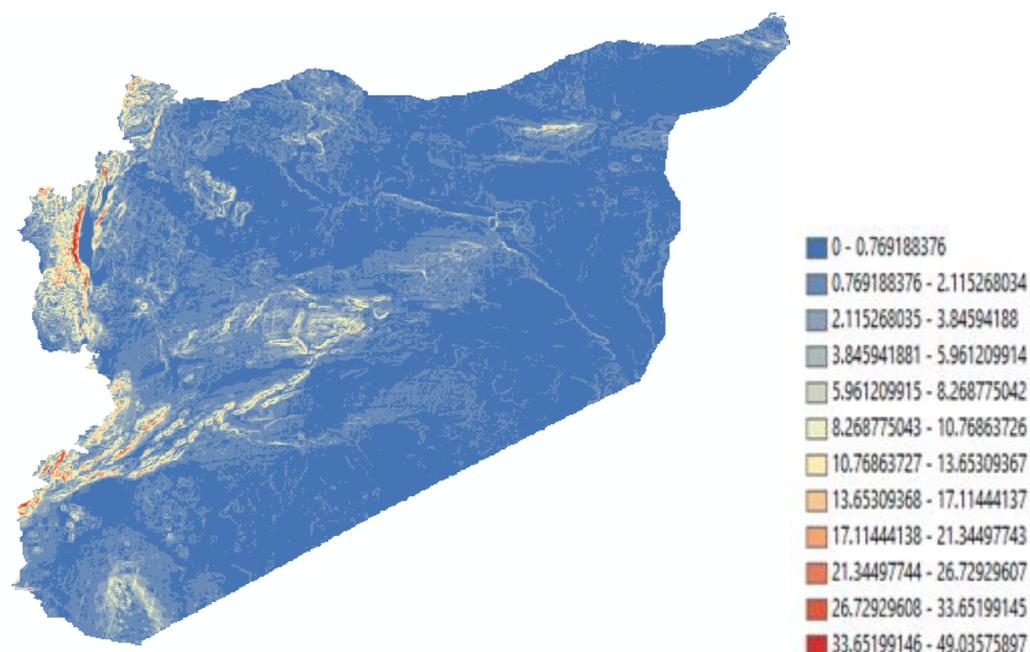


Рисунок 12 – Углы наклона при дешифровке ArcGIS территории Сирии

Наклон — это максимальная скорость изменения значения z каждой ячейки. Это мера числового предела скорости изменения высоты поверхности Земли в данном месте. Хотя она может быть выражена в градусах или процентах. Земли. Есть два способа рассчитать уклоны (в градусах и процентах).

Уклоны являются одним из наиболее важных пространственных анализов, необходимых для изучения деталей топографии и топографии поверхности. Степень наклона или уклонов на всей сирийской территории колеблется в пределах (0-49) градусов, и мы замечаем увеличение крутизны уклонов на местности по мере того, как мы направляемся в западный регион Сирии.

Что касается восточного региона, то он имеет невысокий или полупогруженный склон и не имеет топографических возвышенностей.

Карты лица или интерфейса: используются для определения ориентации уклона.

- Это один из методов картографирования для отображения топографии поверхности Земли.

- Определение лицевой или обратной стороны: сверху вниз для каждой ячейки в файле сетки относительно соседних ячеек.

Мы отмечаем из рисунка 10, что большая часть территорий в восточном регионе Сирии находится в северо-западном направлении (белый и розовый) - (315 градусов). Эти районы получают меньше пользы от солнечных лучей по утрам по сравнению с остальными регионами.

Контурные линии: это воображаемая изогнутая линия, которая имеет постоянный уровень на поверхности земли и возникает в результате пересечения воображаемой горизонтальной плоскости с поверхностью земли и соединяет все точки одной плоскости.

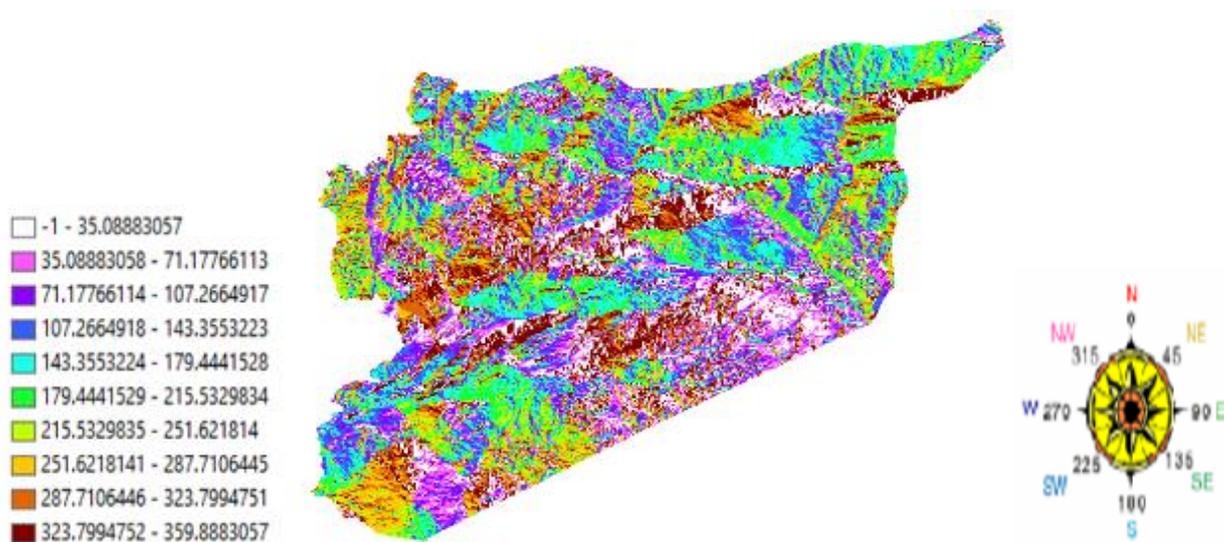
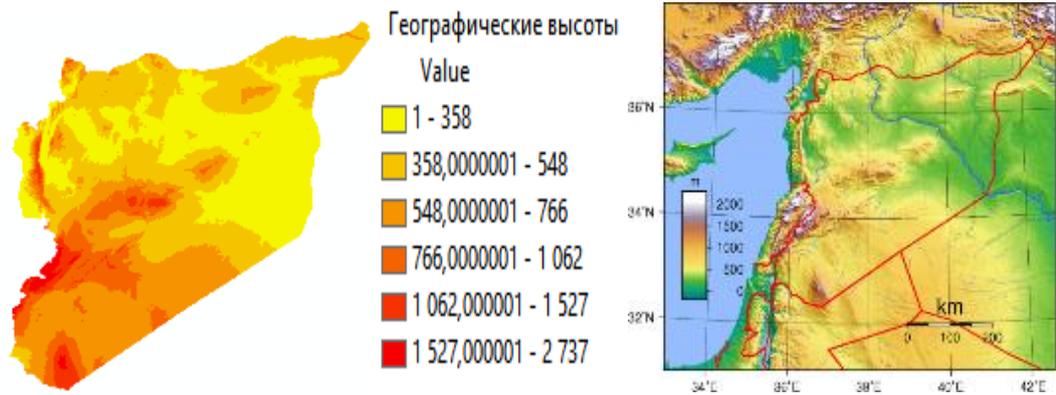


Рисунок 13 – Интерфейс карты Сирии

Инструмент «Контур» используется для создания слоя, показывающего линии одинаковой высоты; Контурные карты позволяют идентифицировать крутые участки, склоны, долины и реки, а контурные линии расположены близко в областях с крутым рельефом и далеко друг от друга в областях, окружающих воду, а линии указывают направление истока рек. Что важно при создании контурной карты, так это выбрать соответствующий разделитель контуров, который выражает расстояние между соседними линиями контура.



الخريطة الطبوغرافية في سوريا تظهر ان المنطقة الجنوبية الشرقية في سوريا تتراوح التضاريس فيها يتراوح بين 0-700 م فوق سطح البحر

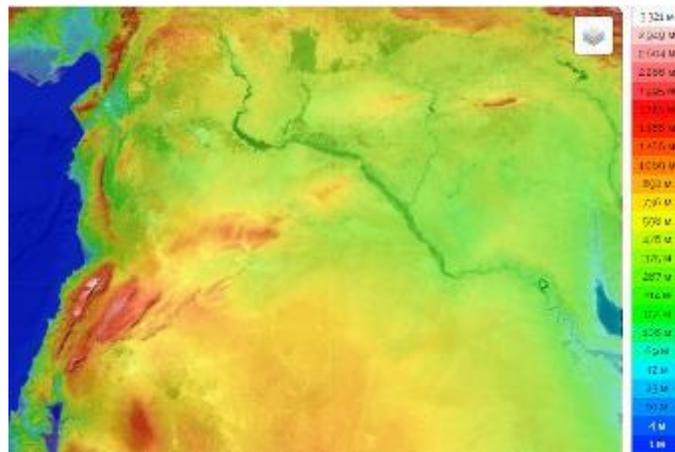


Рисунок 14 – Учет превышений над уровнем моря

Треугольная нерегулярная сеть (TIN) — это числовая структура данных, используемая в Географической информационной системе (ГИС) для представления поверхности. Неправильная треугольная сеть — это векторное представление физической поверхности Земли или морского дна, состоящее из узлов и линий с трехмерными (x-y-z) координатами, которые организованы в сеть треугольников, которые не совпадают друг с другом.

Эта модель представляет собой топологическую модель, которая управляет данными о взаимосвязях между точками или узлами, представляющими каждый треугольник, и их взаимосвязи с другими смежными треугольниками.

- С помощью этой модели мы можем рассчитать уклоны, направления лиц и дальность видимости между точками обзора.

- Модель часто используется при изучении естественной географии, особенно при изучении водосборных бассейнов и экологических и природных опасностей.

Особенностью Сирии является интенсивное солнечное излучение, которое достигает земной поверхности, что приводит к очень высоким температурам, особенно летом. Чистое и свободное от облаков небо Сирии, а также отсутствие растительности помогает солнечной радиации иметь свободный доступ к поверхности земли. Солнечные лучи падают на земную поверхность вертикально или почти вертикально в течение лета. Угол падения солнечных лучей достигает $78,5^\circ$ в июле. Осенью угол меньше, а в январе месяце максимально опускается до $32,2^\circ$. Продолжительность светового дня в июле достигает 14ч 16мин.

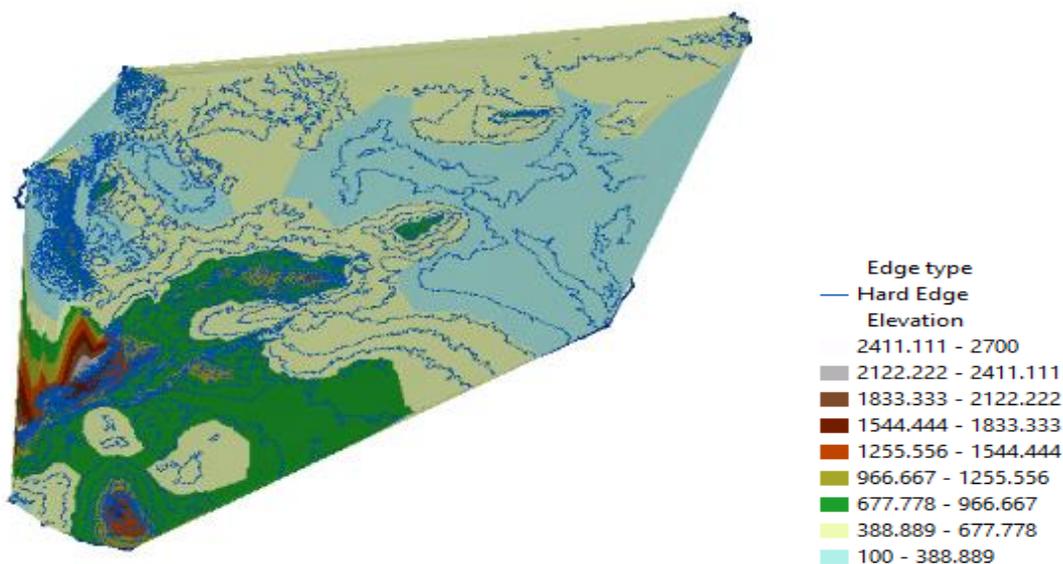


Рисунок 15 – учет падения тени

Для создания класса объединены четыре фактора

- Направление солнца: направление падающего света измеряется по часовой стрелке в градусах от севера (минимальный градус: 360 градусов).

- Высота солнца: угол источника света, измеренный в градусах от верхнего (нуля) градуса.
- Уклон поверхности или уклон ячеек из входных данных матрицы высот.
- Сторона поверхности

В восточном регионе Сирии мы замечаем большие области с низкой яркостью (синим или белым), и, следовательно, это районы, которые не очень подходят для создания сельскохозяйственных проектов с культурами, которые требуют высокого процента солнечного излучения для роста.

В отличие от региона (равнина Аль-Габ) или центрального региона Сирии и региона (Хоран) в городе (Дараа) на юго-западе, они являются плодородными территориями и подвержены высокой солнечной яркости.

2.2. Нормализованные разностные индексы, используемые при дешифрировании снимков территории Сирии

2.2.1 Нормализованный разностный вегетационный индекс (NDVI)

Это индикатор, который можно использовать для анализа измерений дистанционного зондирования, часто с космической платформы, и с помощью которого можно оценить, содержит ли наблюдаемый объект живые зеленые растения. Шкала NDVI варьируется в пределах от -1 до 1.

Отрицательные значения – показывают здания, сооружения, асфальтированные дорожные покрытия, водные поверхности, горы, облака и снег.

Индекс 0,1- 0,2 – обычно соответствует открытой почве.

В случае растений индекс NDVI всегда имеет положительные значения от 0,2 до 1.

0,2 до 0,4 – для слабой, разреженной растительности.

0,4 до 0,6 – для умеренной растительности.

Значение выше 0,6 – индекс для здоровой, густой растительности.

Следует отметить, что данные значения лишь приблизительны. Для точного понимания, что означают те или иные данные, следует учитывать конкретный сезон, тип культуры, ее сорт и даже региональные особенности произрастания растения.

Объект исследования - часть территория восточного плато, пронизанная рядом невысоких гор Джебель-эль-Равак, Джебель-Абу-Раджмин и Джебель-эль-Бишри и простирается на северо-восток, начиная от Джебель-эль-Араба до реки Евфрат. К югу от этих гор лежит засушливая пустынная область, известная как Хаммад. К северу от горы Ар-Равак и к востоку от города Хомс лежит засушливый регион, известный как пустыня Хомс, с твердой поверхностью коры.

К северо-востоку от реки Евфрат, которая берет начало в горах Турции или на Армянском нагорье и течет через Сирию в Ирак, находится плодородная область Джазира, орошаемая притоками реки Евфрат. В 1980-х годах в этом районе были улучшены ирригационные услуги, и здесь выращивают много зерновых и хлопка. Нефть и природный газ были обнаружены в дальней северо-восточной части острова, и это открытие значительно увеличило экономический потенциал региона.

Исследуемая территория представляет собой одну из наиболее важных природных экосистем Сирии, особенно с точки зрения биоразнообразия растений и животных, и подвергается воздействию многих факторов, влияющих на структуру и баланс растительных сообществ. В данной исследовательской работе мы представили, с одной стороны, аналитическое исследование величины изменчивости экологических характеристик растительного покрова в зависимости от рельефа и высоты над земной поверхностью, где мы обнаружили 38% вариация предыдущих характеристик, обусловленная этими двумя факторами, особенно между низкими участками (часто это сабхи, террасы, водные и орошаемые долины) и очень высокими участками (часто горные и холмистые вершины).

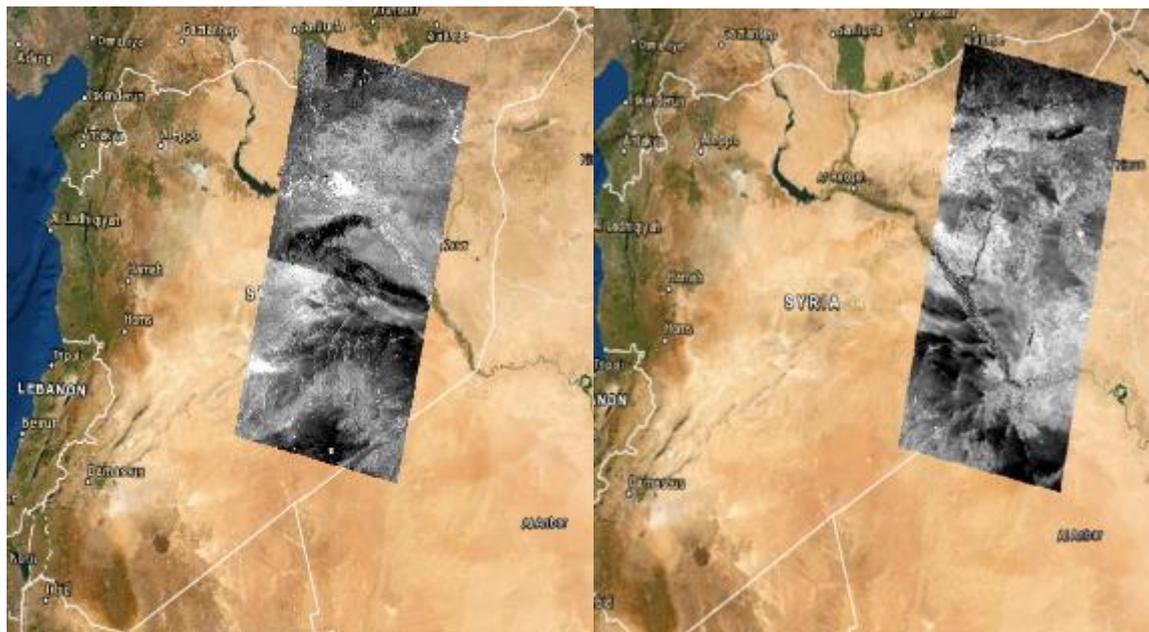
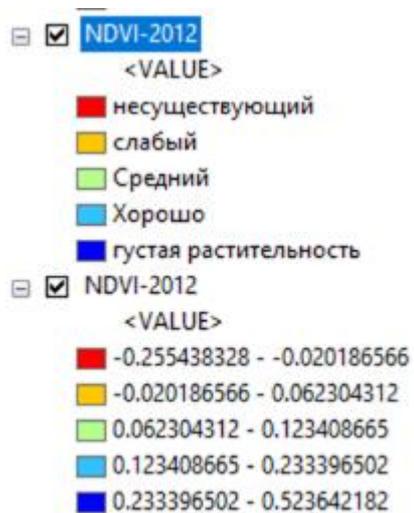
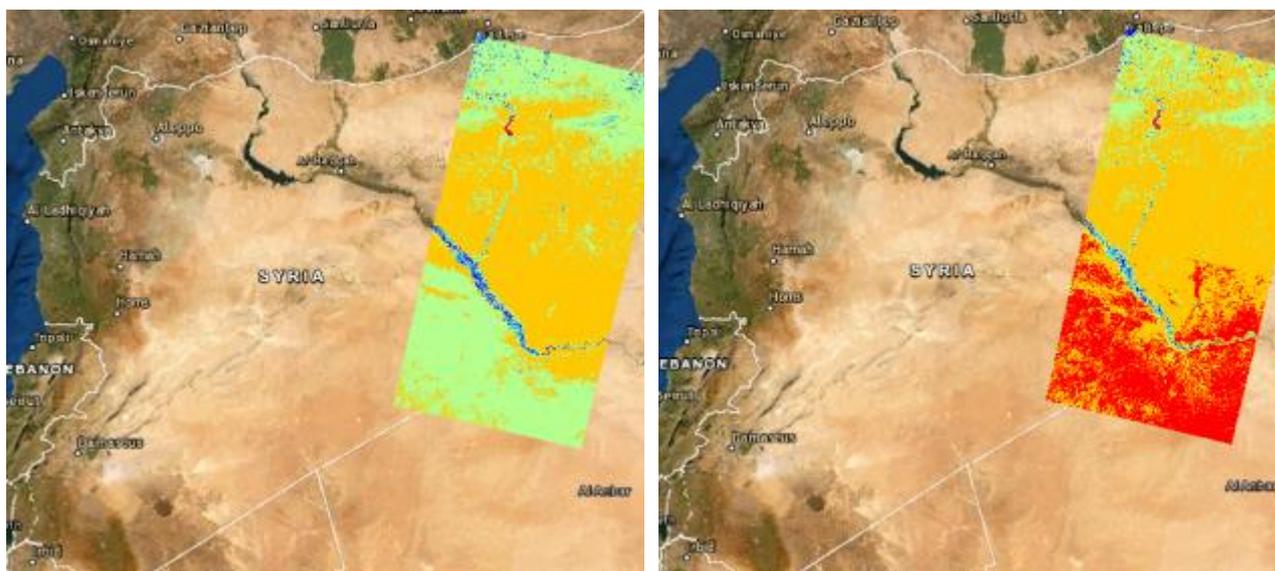
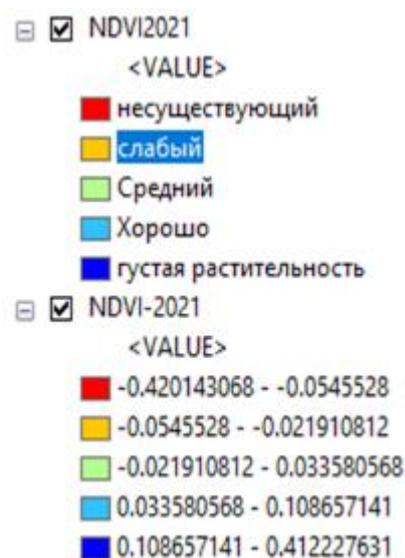


Рисунок 16 - Вид, в котором проявляются модели при их отображении в программе до выполнения какой-либо радиометрической коррекции изображения

Отрицательные значения NDVI (значения, близкие к -1) относятся к воде. Значения, близкие к нулю (от -0,1 до 0,1), обычно относятся к засушливым регионам из камней, песка или снега. Наконец, низкие положительные значения соответствуют кустарникам и пастбищам (приблизительно от 0,2 до 0,4), в то время как высокие значения указывают на тропические леса, умеренные и тропические леса (значения, близкие к 1; Landsat 8, $NDVI = (Band\ 5 - Band\ 4) / (Band\ 5 + Band\ 4)$). Полученные результаты расшифровки индекса NDVI изучаемой территории представлены на рисунке 17.



2012 год



2021 год

Рисунок 17. Различия по индексу NDVI растительного покрова изучаемой пустынной территории за 2012 и 2022 годы

Как видно из рисунка, палитра содержит желтые и зеленые оттенки. Это делает ее наиболее приближенной к реальному представлению местности, к космоснимку. На «естественной» палитре белый цвет и красные оттенки указывают на открытую почву или на погибшую/разреженную растительность, а все оттенки зеленого свидетельствуют о нормальном или плотном растительном покрове. Сравнивая индекс растительного покрова за два

исследуемых года, мы отмечаем, что большая часть территорий со средним значением индекса растительности превратилась в районы без растительного покрова и засушливые районы на юге реки, а также в районы со средним значением. с индексом растительного покрова к северу от реки превратились в 2021 г. в слабые участки с растительным покровом

Индикатор разницы в воде: для определения акваторий, отслеживания изменений содержания поверхностных вод, определения засушливых районов, подготовки уровня воды и наводнений.

2.2.2. Нормализованный разностный водный индекс (NDWI)

Гидроклиматический фактор играет основную роль в процессе опустынивания и воздействия его факторов, среди которых - солнечная радиация, температура воздуха и почвы, ветер, влажность. Как было сказано выше, в Сирии существует три типа климата: средиземноморский на севере страны, который наблюдается в горном районе; полупустынный, который преобладает в регионе возвышенностей и аллювиальных равнин; пустынный, который свойственен восточной части плато. Нормальный разностный индекс воды (NDWI) используется для выделения объектов открытой воды на спутниковом снимке, позволяя водоему «выделяться» на фоне почвы и растительности.

Поскольку NDWI эффективно измеряет содержание влаги, его часто сравнивают с NDMI, также известным как NDWI GAO. На самом деле, существует огромная разница в том, как они рассчитываются и используются. NDMI использует комбинацию NIR-SWIR (ближнего и короткого инфракрасного диапазонов) для усиления присутствия воды в листьях растений. С другой стороны, NDWI рассчитывается с использованием формулы GREEN-NIR (зеленый видимый и ближний инфракрасный диапазоны), что позволяет обнаруживать незначительные изменения содержания воды в водоемах.

Индикатор NDWI был предложен МакФитерсом в 1996 году. Сегодня его основное применение заключается в обнаружении и мониторинге незначительных изменений содержания воды в водоемах. Используя преимущества NIR (ближнего инфракрасного) и зеленого (зеленый видимый) спектральных диапазонов, NDWI может улучшить изображение водоемов на спутниковом изображении. Недостатком этого показателя является то, что он чувствителен к построенным сооружениям, что может привести к завышению оценки водных объектов.

Как рассчитать NDWI

Уравнение NDWI выглядит следующим образом:

$$NDWI = (\text{Зеленый} - NIR) / (\text{Зеленый} + NIR)$$

Для данных Landsat 7:

$$NDWI = (\text{диапазон 2} - \text{диапазон 4}) / (\text{диапазон 2} + \text{диапазон 4})$$

Для данных Landsat 8:

$$NDWI = (\text{диапазон 3} - \text{диапазон 5}) / (\text{диапазон 3} + \text{диапазон 5})$$

Для данных Sentinel 2:

$$NDWI = (\text{диапазон 3} - \text{диапазон 8}) / (\text{диапазон 3} + \text{диапазон 8})$$

Видимые зеленые длины волн увеличивают типичную отражательную способность поверхности воды. Длины волн ближнего инфракрасного диапазона увеличивают высокую отражательную способность наземной растительности и свойств почвы, уменьшая при этом низкую отражательную способность водных объектов.

Результатом уравнения NDWI являются положительные значения свойств воды и отрицательные (или нулевые) значения свойств почвы и наземной растительности. Данный индекс можно использовать для отслеживания изменений содержания воды в листьях, а также для отслеживания изменений, связанных с содержанием воды в водоемах.

NDWI тесно связан с содержанием воды в растениях и является очень хорошим показателем водного стресса растений. Это спутниковый индикатор каналов ближнего инфракрасного (NIR) и короткого инфракрасного (SWIR).

Отражение SWIR отражает изменения в обоих содержание воды в растении и губчатая структура мезофилла в растительном покрове, в то время как на коэффициент отражения в ближнем инфракрасном диапазоне влияет внутренняя структура листа и содержание сухого вещества в листе, но не содержание воды.

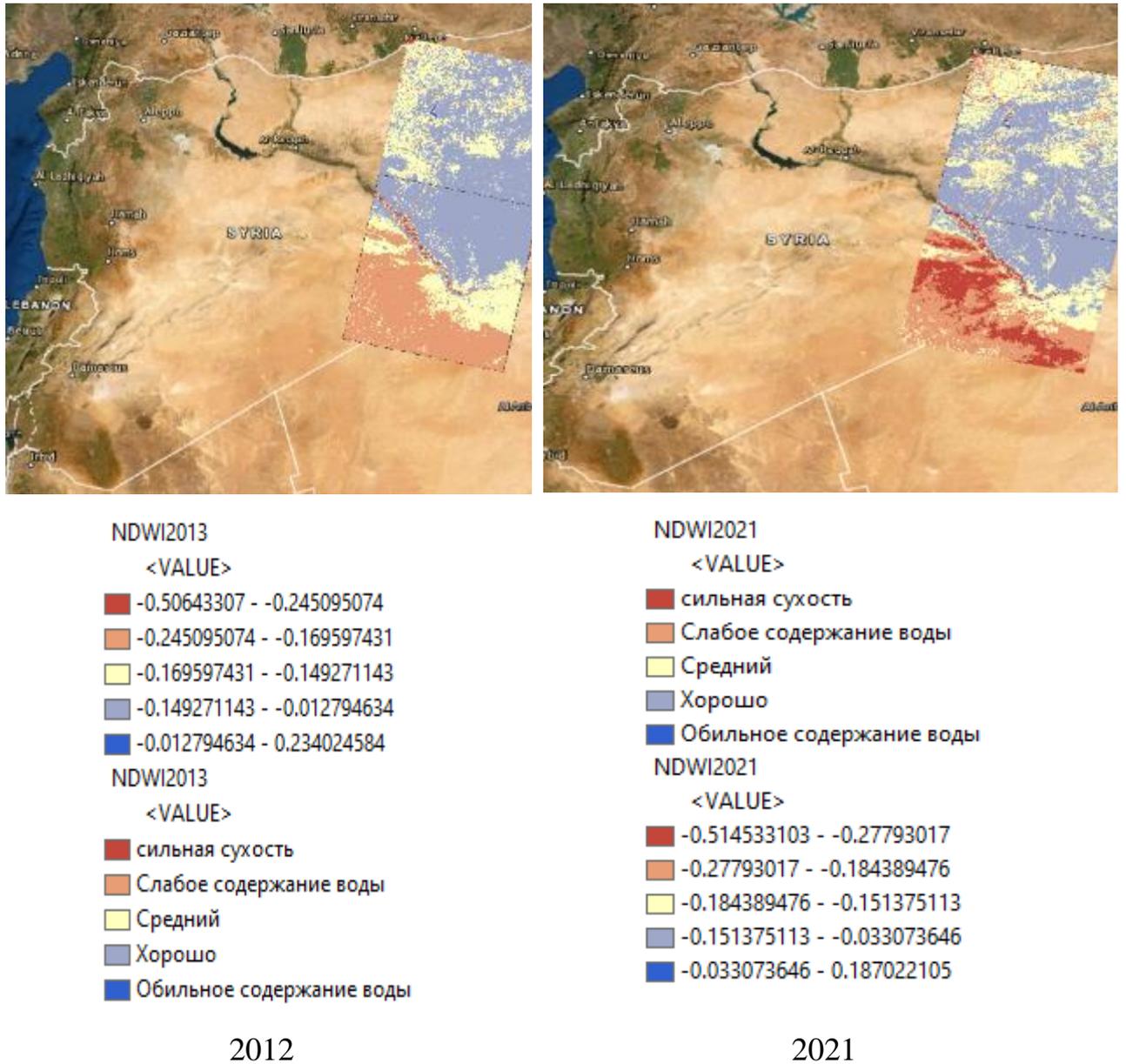


Рисунок 18 – Различия по индексу NDWI изучаемой пустынной территории за 2012 и 2022 годы ((0-1) с содержанием воды (0 - -1) очень сухое содержание)

Индикатор NDWI больше всего подходит для картирования водных объектов. Водные объекты обладают высокой поглощающей способностью и низким уровнем излучения в диапазоне от видимого до инфракрасного диапазона длин волн. Индекс использует зеленые и ближние инфракрасные диапазоны из изображений дистанционного зондирования, основанных на этом явлении. NDWI индикатор может в большинстве случаев он эффективно расширяет информацию о воде, он чувствителен к застроенным земельным участкам и часто приводит к завышенной оценке водных объектов.

Описание значений: Значения водоемов больше 0,5. Растительность имеет гораздо меньшие значения, что позволяет легче отличить растительность от водоемов. Комбинированные признаки имеют положительные значения от нуля до 0, 2. Landsat 8 NDWI = $(B03 - B05) / (B03 + B05)$

Полученные данные по расшифровке индекса NDWI представлены на рисунке 18. Сравнивая значения индекса за два изучаемых года, мы отмечаем, что значения индекса уменьшаются в 2021 году и становятся более низкими, и это заметно в районах к югу от реки Евфрат, где большая часть территорий сместилась из маловодных районов в очень засушливые и засушливые районы, а также в районы с повышенным уровнем воды к северу от реки Средняя влажность по сравнению с районами с высокой влажностью.

2.2.3. Нормализованный индекс разницы влажности (NDMI)

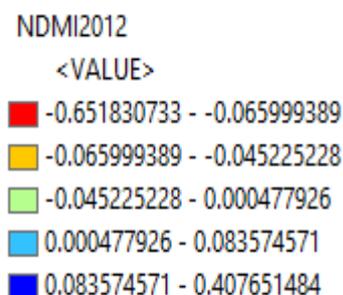
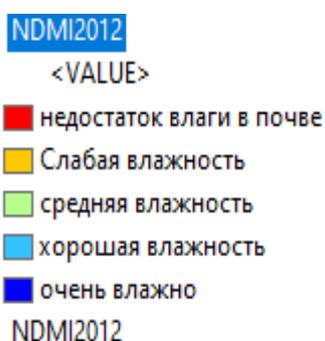
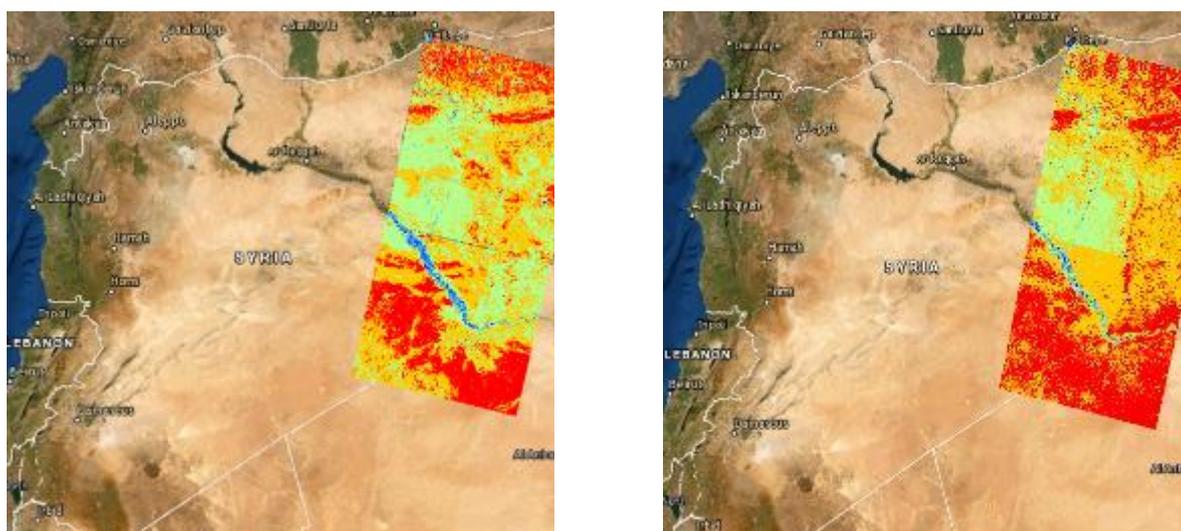
Индекс используют для определения содержания воды в растительности. NDWI вычисляется с использованием коэффициента отражения в ближнем инфракрасном (NIR) и коротковолновом инфракрасном (SWIR) диапазоне и рассчитывается как соотношение между значениями NIR и SWIR

$$\text{Landsat 8 NDMI} = (B05 - B06) / (B05 + B06)$$

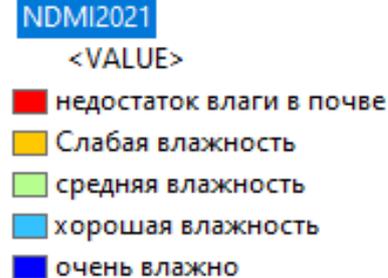
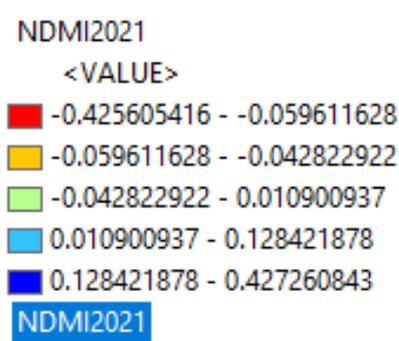
$$\text{NDMI} = (\text{NIR} - \text{SWIR1}) / (\text{NIR} + \text{SWIR1})$$

NIR = значения пикселей из ближнего инфракрасного диапазона

SWIR1 = значения пикселей из коротковолнового инфракрасного диапазона 1



2012



2021

Рисунок 19 - Различия по индексу NDMI изучаемой пустынной территории за 2012 и 2022 годы ((0-1) с содержанием воды (0 - -1) очень сухое содержание)

Сравнивая значения показателя между 2021 и 2012 годами, мы отмечаем, что в 2021 году увеличилась площадь территорий, страдающих от резкого снижения влажности и влажности, где значение показателя находилось в

пределах (-0,4-0,05), где обводненность поверхностного слоя отсутствует, а площадь пониженных участков увеличивается. Влажность к северу от Евфрата также по сравнению с 2012 г.

В целом, регион страдает от высокого процента индекса засухи и недостатка поверхностной влаги, так как большинство территорий являются зонами с низкой или средней влажностью, а влажность не концентрируется и увеличивается только на землях на берегу реки.

2.2.4. Модифицированный корректировочный почвенный индекс (Modified Soil Adjusted VI, MSAVI)

Модифицированный корректировочный почвенный индекс, разработан Qi et al. (1994) [28]. Вегетативный индекс с поправкой на почву (SAVI) был разработан для минимизации влияния почвы на спектры растительного покрова путем включения коэффициента поправки на почву L в знаменатель уравнения нормализованного разностного вегетационного индекса (NDVI). Однако для оптимальной корректировки влияния почвы коэффициент L должен изменяться обратно пропорционально количеству присутствующей растительности. SAVI

Индекс растительности с коррекцией по почве (Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI)) – это индекс растительности, который пытается минимизировать влияние яркости почвы с помощью коэффициента коррекции яркости почвы. Он часто используется в пустынных областях, где растительное покрытие незначительно, а результатами будут значения от -1.0 и 1.0.

$$SAVI = ((NIR - Red) / (NIR + Red + L)) \times (1 + L)$$

- NIR = значения пикселей из ближнего инфракрасного канала
- Red = значения пикселей из ближнего красного канала
- L = значение покрытия зеленой растительности

Функция L может быть получена по индукции или с использованием произведения NDVI и взвешенного разностного вегетационного индекса (WDVI). Как сказано выше, корректирующий фактор L для индекса SAVI зависит от наблюдаемого растительного покрова, что ведет к замкнутому кругу

– мы должны узнавать состояние вегетативного покрова перед вычислением индекса, который должен описать нам растительность. Основная идея MSAVI была в том, чтобы найти изменяющийся корректировочный фактор L. В этом индексе используется корректировочный фактор, полученный в результате вычисления NDVI и WdVI. Это приводит к тому, что изовегетационные линии не сходятся в одной точке.

Параметры индекса:

Относительный индекс;

Изовегетационные линии пересекают почвенную линию в разных точках;

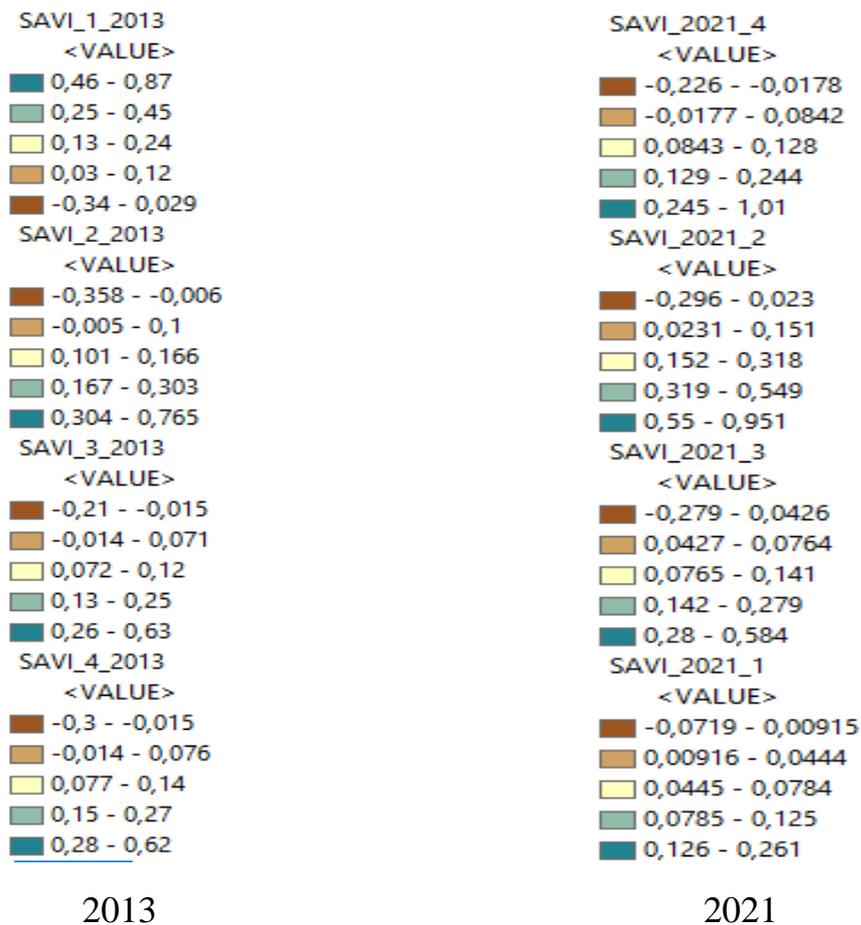
Почвенная линия может иметь произвольный наклон и проходит через точку «0»;

Возможные значения: $-1 - 1$

С помощью списка, разделенного пробелами, определяются ближний инфракрасный (NIR) и красный (red) каналы, а также значение L в следующем порядке: NIR Red L. Например, 4 3 0.5. [29]

Значения индекса SAVI представлены на рисунке 5.





Проведенное дешифрирование разновременных снимков Landsat территории за 2013 и 2021 годы показали, насколько уменьшились площади территории, покрытые зеленой растительностью (коричневые оттенки), что свидетельствует о наступлении пустыни, в среднем на 4211 км² за 8 лет, что является существенным процессом для данной территории, соответственно. Острая нехватка воды и её высокая солёность, особенно реки Евфрат оказывает негативное влияние на изменение климата, и это способствует увеличению расширения опустынивания в регионе. Угодья, прилегающие к пустыне, не выдерживают нагрузки и сами превращаются в пустыни, что приводит к ежегодной потере тысяч гектаров пригодных для сельского хозяйства земель.

Ирак считается одной из наиболее подверженных климатическим изменениям стран региона и сталкивается с уникальным комплексом деградации окружающей среды с увеличением частоты и интенсивности экстремальных

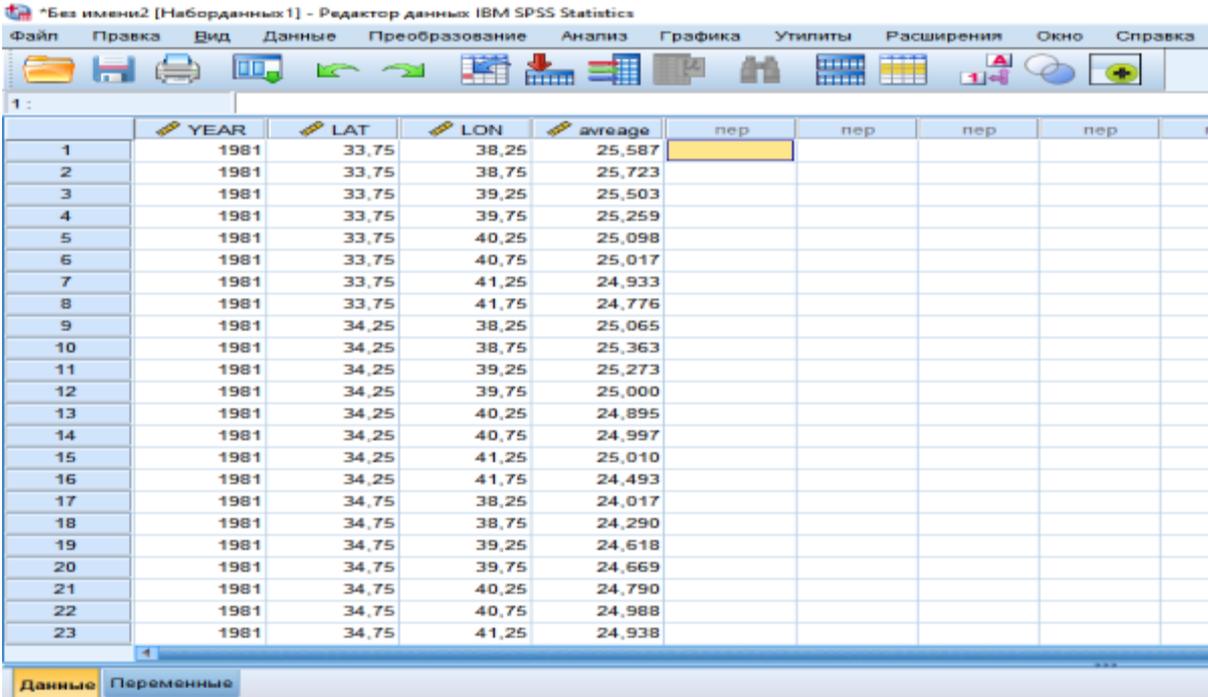
погодных явлений. Особенно это касается песчаных и пыльных бурь, это наносит огромный ущерб социально—экономической жизни и развитию человеческого потенциала в регионе. Песчаная и/или пыльная буря является метеорологическим явлением, распространенным в засушливых и полузасушливых регионах.

Пыльные бури возникают, когда порыв ветра или другой сильный ветер сдувает песок и грязь с сухой поверхности. Сухие и засоленные почвы наиболее уязвимы для ветровой эрозии, так как частицы грунта легко переносятся с места на место. Процесс усугубляют примитивное земледелие, нерациональное использование пастбищ и других сельскохозяйственных угодий, хищническая эксплуатация огромных территорий, которые возделываются без всякого севооборота или ухода за почвами. Разрушается структура почв, усиливается их насыщение минеральными солями. Несмотря на нехватку воды, чрезмерное орошение является обычной практикой в Сирии. Эта проблема особенно актуальна в тех областях, где нет или ограничено дренирование. Избыточная хозяйственная нагрузка на сельскохозяйственные земли, расположенные в речных бассейнах, способствует активизации процесса опустынивания и превращает эти земли в пустынные ландшафты.

Кроме того, деградация земель, вызванная военными действиями и не рациональным использованием сельскохозяйственных угодий, а также непрерывная деградация качественной характеристики почвы, привели к низкой производительности труда на землях, и к опустыниванию в дальнейшем. Это одна из самых серьезных проблем, угрожающих продовольственной безопасности.

3. Расчет прогнозов климата в Сирии с помощью программы статистического анализа SPSS

«Статистический пакет для общественных наук». — компьютерная программа для статистической обработки данных. Пакет SPSS создан для обработки результатов исследований в биологических науках и является одним из наиболее распространенных программных продуктов, используемым при обработке данных, полученных при дистанционных исследованиях. SPSS обладает достаточно богатым набором возможностей: в нем удобно вводить и преобразовывать данные исследования, проводить разнообразные процедуры статистической обработки данных, от элементарных расчетов среднего значения ряда данных до использования сложных многомерных методов.



The screenshot shows the IBM SPSS Statistics Data Editor window. The title bar reads '*Без имени2 [Набор данных:1] - Редактор данных IBM SPSS Statistics'. The menu bar includes 'Файл', 'Правка', 'Вид', 'Данные', 'Преобразование', 'Анализ', 'Графика', 'Утилиты', 'Расширения', 'Окно', and 'Справка'. The toolbar contains various icons for file operations, editing, and analysis. The main data grid has the following columns: 'YEAR', 'LAT', 'LON', 'average', and four columns labeled 'пер'. The data rows are numbered 1 to 23, all with the year 1981. The 'average' column contains values ranging from 24,017 to 25,587. The 'пер' columns are currently empty.

	YEAR	LAT	LON	average	пер	пер	пер	пер
1	1981	33,75	38,25	25,587				
2	1981	33,75	38,75	25,723				
3	1981	33,75	39,25	25,503				
4	1981	33,75	39,75	25,259				
5	1981	33,75	40,25	25,098				
6	1981	33,75	40,75	25,017				
7	1981	33,75	41,25	24,933				
8	1981	33,75	41,75	24,776				
9	1981	34,25	38,25	25,065				
10	1981	34,25	38,75	25,363				
11	1981	34,25	39,25	25,273				
12	1981	34,25	39,75	25,000				
13	1981	34,25	40,25	24,895				
14	1981	34,25	40,75	24,997				
15	1981	34,25	41,25	25,010				
16	1981	34,25	41,75	24,493				
17	1981	34,75	38,25	24,017				
18	1981	34,75	38,75	24,290				
19	1981	34,75	39,25	24,618				
20	1981	34,75	39,75	24,669				
21	1981	34,75	40,25	24,790				
22	1981	34,75	40,75	24,988				
23	1981	34,75	41,25	24,938				

В работу включены метеорологические данные за последние сорок лет.

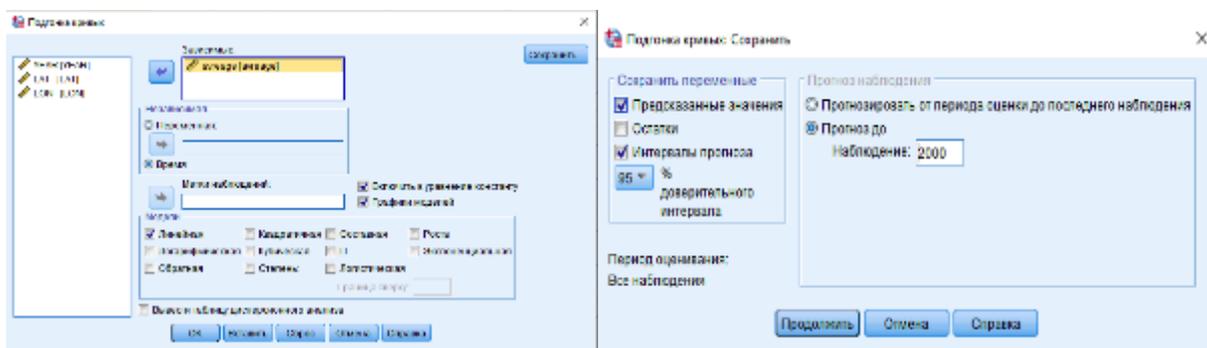
А через статистическую программу SPSS мы сделаем прогноз данных на ближайшие десять лет с учетом сезонных колебаний в регионе восточного Средиземноморья.

В работу включены метеорологические данные за последние сорок лет.

А через статистическую программу SPSS мы сделаем прогноз данных на ближайшие десять лет с учетом сезонных колебаний в регионе восточного Средиземноморья.

Введенные данные — это средняя температура над поверхностью земли в двух метрах. В период с 1981 по 2020 г.

Цель – получить прогноз температурных значений на ближайшие десять лет, чтобы показать изменение температуры за предыдущие годы и получить прогноз значений температуры на следующие десять лет.



Сводка для модели и оценки параметров

Зависимая переменная: avrage

Уравнение	R-квадрат	Сводка для модели				Оценки параметров	
		F	ст.св.1	ст.св.2	Значимость	Констант a	b1
Линейная	0,004	6,427	1	1598	0,011	24,404	0,000

Это ожидание является статистически значимым, поскольку значение (Значимость) составляет менее 5%.

 FIT_1	 LCL_1	 UCL_1
24,62036	22,79070	26,45002
24,62049	22,79082	26,45015
24,62062	22,79095	26,45029
24,62074	22,79107	26,45042
24,62087	22,79119	26,45055
24,62100	22,79132	26,45068
24,62113	22,79144	26,45082
24,62125	22,79156	26,45095
24,62138	22,79168	26,45108
24,62151	22,79181	26,45121
24,62164	22,79193	26,45135
24,62177	22,79205	26,45148
24,62189	22,79218	26,45161
24,62202	22,79230	26,45174
24,62215	22,79242	26,45188
24,62228	22,79254	26,45201
24,62240	22,79267	26,45214
24,62253	22,79279	26,45227
24,62266	22,79291	26,45241
24,62279	22,79304	26,45254
24,62292	22,79316	26,45267
24,62304	22,79328	26,45281
24,62317	22,79341	26,45294

В данном прогнозе не учитывались сезонные колебания, поэтому завершаем работу в программе Excel после сохранения результатов

Сезонные изменения

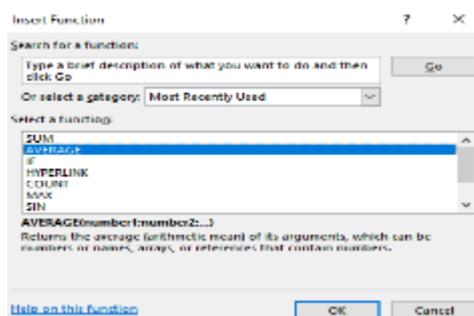
Атрибут временного ряда, в котором данные ежегодно претерпевают регулярные, предсказуемые и повторяющиеся изменения. Термин «сезонное изменение» называется флуктуацией или предсказуемой закономерностью, которая возникает или повторяется в течение определенного периода времени, т. е. периодов, специфичных для климата, когда в течение года наблюдаются частые колебания температуры и влажности.

	A	B	C	D	E	F
1	YEAR	LAT	LON	FIT_1	LCL_1	UCL_1
2	2021	33,75	38,75	24,60847	22,77924	26,43771
3	2021	33,75	39,25	24,60860	22,77936	26,43784
4	2021	33,75	39,75	24,60873	22,77948	26,43798
5	2021	33,75	40,25	24,60886	22,77961	26,43811
6	2021	33,75	40,75	24,60899	22,77973	26,43824
7	2021	33,75	41,25	24,60911	22,77985	26,43837
8	2021	33,75	41,75	24,60924	22,77998	26,43851
9	2021	34,25	38,25	24,60937	22,78010	26,43864
10	2021	34,25	38,75	24,60950	22,78022	26,43877

Значения у нас есть для среднего прогноза до 2030 года без учета сезонных колебаний, а для получения сезонного индекса, выражающего колебания климата от одного года к другому, воспользуемся программой Excel

В программе Excel мы хотим рассчитать сезонный рекорд, и у нас есть 39 баллов каждый год

Для получения сезонного числа делим среднее значение каждого года на среднее значение суммы всего изучаемого ряда за все годы, включая начальные значения ожиданий, которые мы получили из программы spss



И получаем оптимальный прогноз, умножая значение исходного прогноза, полученного нами из программы SPSS, на сезонный индекс, представляющий собой сезонные колебания температуры между годами и по прогнозным значениям с 2021 по 2030 г.

Первоначальное ожидание	Сезонный рекорд	Прогнозирование с учетом сезонных колебаний	YEAR	LAT	LON
24,608	1,033	25,424	2021	33,750	38,250
24,608	1,040	25,589	2021	33,750	38,750
24,609	1,037	25,530	2021	33,750	39,250
24,609	1,032	25,391	2021	33,750	39,750
24,609	1,026	25,238	2021	33,750	40,250
24,609	1,017	25,039	2021	33,750	40,750
24,609	1,003	24,675	2021	33,750	41,250
24,609	0,985	24,238	2021	33,750	41,750
24,609	1,016	25,000	2021	34,250	38,250
24,609	1,023	25,177	2021	34,250	38,750
24,610	1,026	25,252	2021	34,250	39,250
24,610	1,023	25,175	2021	34,250	39,750
24,610	1,021	25,124	2021	34,250	40,250
24,610	1,019	25,090	2021	34,250	40,750
24,610	1,009	24,843	2021	34,250	41,250

Из зарегистрированных данных видно, что в пунктах, расположенных на юго-востоке, наблюдается повышение температуры в среднем на (0,5-1) градуса по сравнению с остальными пунктами за последние десять лет.

Где самый высокий балл был 27,18 в 2005 году и 26,10 в 2015 году, а самый высокий балл был 24,86 в 2000 году.

При представлении климатических данных за предыдущие сорок лет средняя температура в период с 1980 по 2020 год колебалась от 23,34 как самое низкое значение до 25,7 как самое высокое среднее значение температуры. Отмечается, что до 2000 года значения для среднего температуры были зарегистрированы ниже 24 градусов, в то время как значения,

зарегистрированные после 2000 года, все они были выше 24, что означает явное увеличение средних зарегистрированных температур.

То есть скорость повышения температуры в целом за последние двадцать лет увеличилась в среднем на полградуса, и это рассматривается как результат изменения климата во всем мире и следа глобального потепления, которое мы наблюдаем с волны тепла, которые обрушиваются на регион

Это соответствует тому, что предупредила Всемирная метеорологическая организация, которая заявила, что существует 50-процентная вероятность глобального потепления на 1,5 градуса по Цельсию выше доиндустриального уровня, даже на короткий период, к 2026 году.

Это не означает, что мир превысит долгосрочный уровень глобального потепления в 1,5 градуса Цельсия, который ученые установили в качестве предела во избежание катастрофических изменений климата.

Однако глобальное потепление на 0,5 градуса по Цельсию за последние годы может указывать на то, что в долгосрочной перспективе оно превысило этот уровень.

Таблица 3 – Прогноз изменения среднегодовой температуры в восточной части Сирии

Год	Прогнозирование с учетом сезонных колебаний
2021	24,149
2022	24,196
2023	24,171
2024	24,352
2025	24,427
2026	24,535
2027	24,713
2028	24,903
2029	25,385
2030	25,781

Распределение факторов температуры и влажности в Сирии

1 - Переход температуры через 10 градусов начинается в последней декаде января на побережье, в первой декаде февраля на юго-западных участках и во второй декаде февраля на юго-восточных участках. При переходе из низких мест в высокие места, этот период начинает заканчиваться в конце первой декады декабря на восточном и южном участках, а к концу второй декады декабря на приморском и юго-западном участках, а сроки ранние на северных участках и горные высокогорья.

2 - Температуры начинают превышать 15 градусов на побережье со второй декады марта, при этом они задерживаются допоздна в восточных и южных участках, а также допоздна в более высоких местах. Жара продолжается до второй декады ноября в восточных и южных участках, при этом она задерживается до начала декабря на юго-западных участках и до конца первой декады декабря на побережье, и период меньше, чем все выше в высокогорье. Сумма аккумулярованных теплот, когда средняя температура больше 10° и $>15^{\circ}$, соответствует промежутку времени между началом и концом порога.

3 - Годовой водный баланс (разница между осадками и возможным испарением) в западном нагорье избыточный, тогда как на восточном и южном участках диаметра он проигрывает примерно на 2400 мм (из-за отсутствия дождей и повышенного испарения) и эти потери уменьшаются на возвышенностях и под влиянием горных выработок. Что касается водного баланса в период роста озимых культур, то потери уменьшаются примерно до 600 мм на восточном и южном участках, а в период роста хлопчатника достигают около 1600 мм на тех же участках. Во всех случаях потери уменьшаются в прибрежных и возвышенных местах, имея в виду, что период роста озимых культур исчисляется за период времени с первого декабря до конца мая, а период роста хлопчатника рассчитывается с весны, когда средняя температура становится 15 градусов, до тех пор, пока накопленная температура не станет 3800 градусов.

Глава 4. Рекомендации

А) Управление территориями выпаса животных

Борьба с опустыниванием пастбищных угодий может быть достигнута с помощью разумной политики управления пастбищными угодьями, основанной на следующих принципах:

- Охрана деградированных территорий за разные периоды по стадиям опустынивания

- Регулирование выпаса на основе фактического потенциала ареала. Это может быть достигнуто с помощью пастбищных кооперативов, соответствующей законодательной политики, дополнительных и образовательных программ.

- Подходящие программы развития деградированных территорий для улучшения растительного покрова, уменьшения случаев эрозии и повышения урожайности кормов. Восстановление естественной растительности на деградированных территориях с помощью методов управления должно иметь первостепенное значение. Можно добиться дальнейшего улучшения за счет искусственного восстановления растительности (пересева, междурядного посева и пересадки) подходящих видов.

- Разработка и реализация краткосрочных и долгосрочных мероприятий по установке водопоев для снижения чрезмерного выпаса скота на земли вокруг существующих или недавно построенных водопоев.

- Разработка и внедрение соответствующего регулирования, касающегося прав на выпас скота и пастбищного законодательства.

- Создание полигонных заказников на перспективных территориях для сохранения части природной ценной флоры, фауны и форм рельефа.

- Дополнительные кормовые ресурсы с сельскохозяйственных угодий, улучшенное использование нетрадиционных кормовых ресурсов, повышение питательной ценности сухих кормов и грубых кормов и повышение эффективности использования имеющихся кормовых ресурсов.

- Надлежащие программы управления пастбищными стадами
- Надлежащие программы развития для создания более адаптированной и более эффективной популяции животных

Б) Фиксация песчаных дюн

Засуха, чрезмерный выпас скота и возделывание малопродуктивных земель увеличили опасность опустынивания, ветровой эрозии и образования песчаных дюн в степных районах. В последние годы были зарегистрированы частые пыльные и песчаные бури, создающие угрозу посевным площадям в долине Евфрата и здоровью.

План действий уделяет первостепенное внимание борьбе с пыльными и песчаными бурями с помощью методов сохранения почвы и естественной растительности. Приоритет следует отдавать центральной части Бадиата, особенно районам Сохин, Кабаджеб и Шауле, где почвы сильно деградировали. Выпас скота должен быть полностью прекращен в некоторых уязвимых районах. Эти меры являются единственным возможным действием по стабилизации почвы и фиксации движущихся песчаных дюн в этом регионе.

В) Уделять внимание окраинным (маргинальным) землям.

Окраинные земли представляют собой переходную полосу между сельскохозяйственными равнинами и пастбищными угодьями. Эти земли считаются важным центром растениеводства и животноводства. Особую осторожность следует уделить этому участку, где после уборки зерновых и начала межени отмечается сезонная концентрация кочевых (отгонных) животных. Сохранение и развитие этой территории может быть обеспечено за счет сбора воды во время сезонных и важных стоков и паводковых вод и строительства небольших аккумулирующих плотин для питья и дополнительного орошения.

Г) Создание зеленых поясов

Для улучшения системы управления на маргинальной территории предлагается создать зеленый пояс путем посадки фруктовых и лесных деревьев. Необходимо выбирать засухоустойчивые сорта плодовых деревьев, таких как оливки, миндаль, инжир, виноград, фисташки. Более сухие участки могут быть зарезервированы для лесных деревьев. Текущая деятельность по облесению дорог и автомагистралей неадекватна из-за высокой стоимости создания и обслуживания. Предлагаемая программа учитывает климатические, почвенные и социально-экономические факторы.

Д) Евфрат и Оронт — главные реки Сирии. Плодородные земли расположены в долинах этих рек и подвержены нецелевому использованию оросительной воды, заболачиванию, засолению и деградации почв. Имеющуюся информацию можно использовать для определения эффективной и экономичной потребности в воде для большинства возделываемых сельскохозяйственных культур в этом регионе, таких как хлопок, пшеница, сахарная свекла и овощи. Система распределения воды должна быть изменена, чтобы контролировать потери воды через каналы, систему подачи воды и подачу воды на уровне фермы. Уровень грунтовых вод должен поддерживаться за пределами корневой зоны с помощью адекватной дренажной системы. Большинство дренажных каналов нуждаются в необходимом и постоянном обслуживании. Земли должны быть выровнены при рекультивации и периодически для регулярного водораспределения. Сбалансированная и уравновешенная влажность в почве с помощью надлежащей системы распределения воды в оптимальном количестве должна избегать создания уровня грунтовых вод и засоления почвы.

Е) Создание национальных парков

Для создания национальных парков выбраны три участка. Один в гористой местности вдоль побережья для развития лесного хозяйства (в основном *Cedress libani*) и дикая жизнь, вторая в хребтах пальмировых пальм, где *Junijerus exelsa*

была очень распространена, и еще одно место в бадии для развития дикой жизни в засушливых районах.

Природные пасторальные заповедники в Сирии, созданные в последние годы

Виды растений	Решение о регистрации	Площадь (га)	Название пастырского заповедника
-Salsola kermiculata moaea mucronat	1988/1/16	3000	Стома
-Artemissia harba-alba -peganum harmala moaea mucronat	1986/1/16	8000	Гармала
-Atriplex halimus lactusa orientalis	-1400 номер 1991/9/8	7000	Айн Зарка
- Artemissia harba-alba -carex stenophyua peganum harmala	-514 номер 1997/6/20	7500	Абайсан
-- Salsola kermiculata Atriplex halimus	1997-801 номер	5000	Делбог
-Trifolium stellatum - peganum harmala moaea mucronat	-391 номер 2002/10/20	3000	Мета
poa – Atriplex halimus sinaica	1994/1/16	3000	Экодиир
- Salsola kermiculata Atriplex halimus	2006/1/15/	/18000/	Охраняется по всей детской площадке
- moaea mucronat peganum harmala	2002/6/17	4000	Заповедник Хайель аль-Румман
- Artemissia harba-alba moaea mucronat	2006/1/16	4250	Святылище забивания камнями полыни
- Salsola kermiculata Artemissia harba-alba	2008/7/15	3000	Замла заповедник
- lactusa orientalis ¹ - Cornulaca monacantha peganum - Achillea harmala	2000/1/15	5000	Заповедник Максар Аль Фарас

- <i>Salsola kermiculata</i> - <i>moaea mucronat</i> <i>Cornulaca monacantha</i>	12004/16	2120	Харибатский заповедник
--	----------	------	---------------------------

Заключение.

1. Анализ средней годовой температуры воздуха на территории восточного плато Сирии вдоль реки Евфрат в период с 1980 по 2020 год показал, что она варьировала до 2000 года от 23,3 как самое низкое значение до 25,7 как самое высокое среднее значение температуры, в то время как значения температуры, зарегистрированные после 2000 года, все были выше 24, что означает явное увеличение средних зарегистрированных температур на изучаемой территории.
2. Засушливый период на изучаемой территории наблюдался с начала 2000 г., когда среднемесячное количество осадков уменьшилось до среднемесячных 5-6 мм, и это снижение продолжалось в течение последних двадцати лет, несмотря на наблюдавшееся улучшение осадков в отдельные годы - (2004-2003 гг.) и (2019-2020 гг.).
3. На изучаемой территории годовая норма осадков колебалась в пределах 175-300 мм в начале 80-х годов, а с началом засушливого периода с 2000 года среднее количество осадков не превышало 130 мм в год, а в восточных частях Сирии в период с 2005 по 2015 г - более чем до 70 мм.
4. С помощью спутниковых данных Landsat и системы дешифрирования ARC GIS, на основе данных нормализованного разностного вегетационного индекса (NDVI), нормализованного разностного водного индекса (NDWI), нормализованного индекса разницы влажности (NDMI) и модифицированного корректировочного почвенного индекса (MSAVI) были построены карты распространения опустынивания почвенного покрова на территории площадь покрытия

льдом всего заказника, которая в среднем с 2012 года составила 4427 км²

5. Даны общие рекомендации минимизации расширения опустынивания в восточных районах земель сельскохозяйственного назначения Сирии. Необходимы инвестиции и государственные программы, направленные на поддержку пастбищного скотоводства с многосторонней стратегией землепользования, а не только в выращивание скота для альтернативы средств к существованию.

Инвестировать в развитие национальных парков, для обеспечения устойчивого развития экосистем в долгосрочной перспективе.

Список литературы

1. Антропогенные преобразования аридных регионов / В. П. Чичагов; Российская акад. наук, Ин-т географии, Геоморфологическая комис. - Москва: Геоморфологическая комис. РАН: Ин-т географии РАН, 2011. -380 с
2. Борьба с опустыниванием приносит плоды: сб. социол. исслед.: сост. на основе материалов в рамках Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием / [сост. А. Дюпюи; пер. с англ.: Д. Воронин]. - М.: Изд. дом МАГИСТР-ПРЕСС: Изд-во ЮНЕСКО, 2004. - 87 с.
3. Всемирный день борьбы с опустыниванием и засухой, 17 июня. [Электронный ресурс]: <https://www.un.org/ru/observances/desertification-day/background>
4. World Food Programme. Global report on Food Crises 2021. Report. Rome: WFP; 2021
5. Smith D., Vivekananda J. A Climate of Conflict: The Links Between Climate Change, Peace and War. Philippine ed. London: International Alert; 2007. p. 44.
6. From Chile to China: The global battle against desertification <https://www.unep.org/news-and-stories/story/chile-china-global-battle-against-desertification>. [Электронный ресурс]: [//www.unep.org/news-and-stories/story/chile-china-global-battle-against-desertification](https://www.unep.org/news-and-stories/story/chile-china-global-battle-against-desertification).
7. Kassas M. Desertification: a general review, Journal of Arid Environments, Volume 30, Issue 2, 1995, P. 115-128.
8. Сайт «Большая Российская Энциклопедия (БСЭ). Третье издание, 1969–1978». Ближний Восток [Электронный ресурс] – URL: <https://bigenc.ru/geography/text/1873301>.
9. Сирийский рубеж: под ред. М. Ю. Шеповаленко. – М.: Центр анализа стратегий и технологий, 2016. – 206 с.
10. Salman M., Mualla W. Water demand management in Syria: centralized and decentralized views. Water Policy (2008) 10 (6): 549–562.

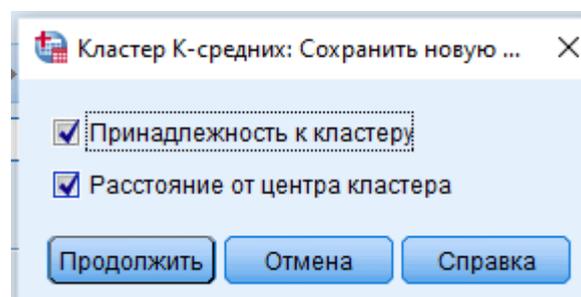
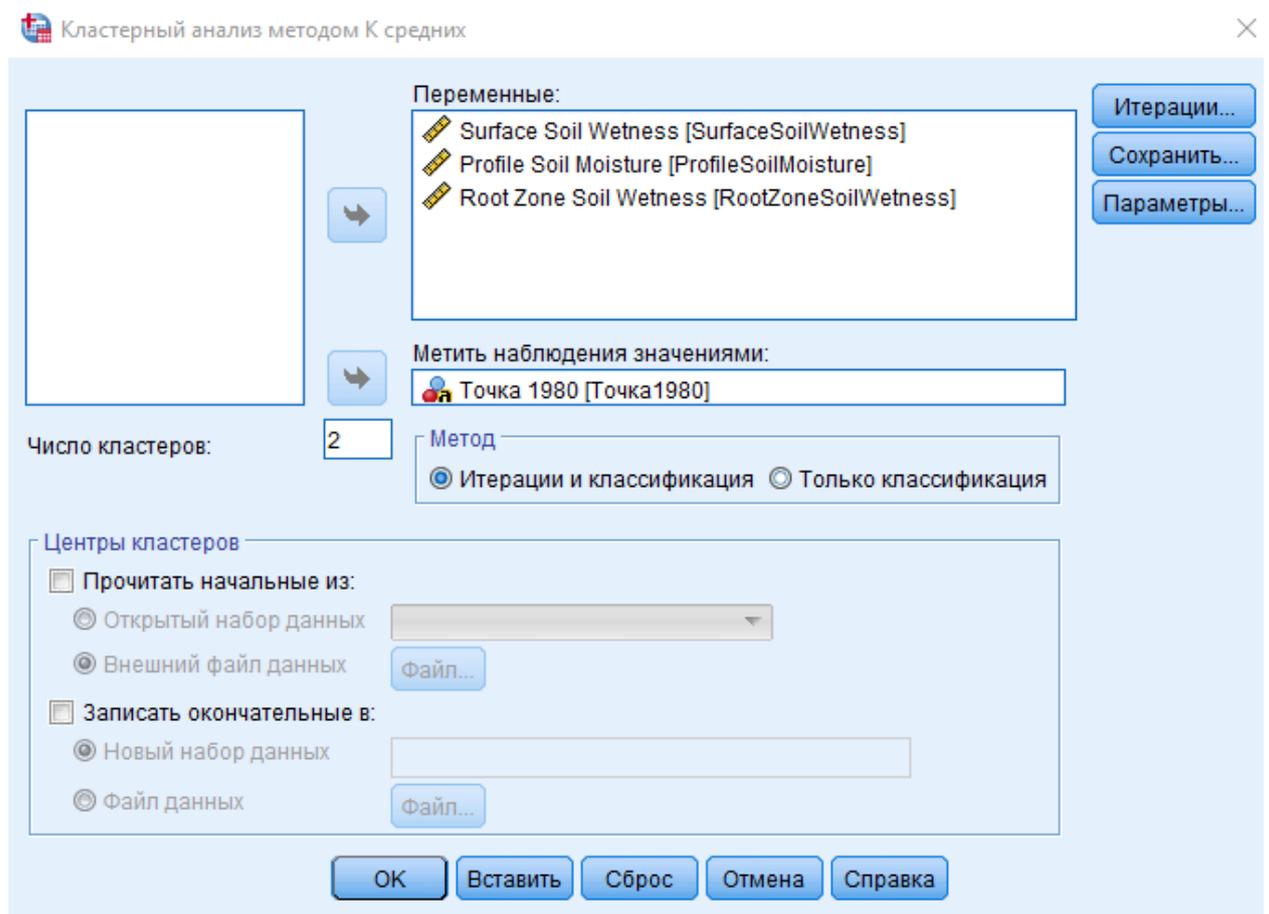
11. IUCN 2010. Supporting Adaptation to Climate Change in Africa's Livestock Sector. World Initiative for Sustainable Pastoralism. www.iucn.org/wisp/resource
12. Абрамова Н. Г., Петрова О. С. Формирование исторической географии как учебной дисциплины: учебная литература по исторической географии // Исторический журнал: научные исследования. 2013. № 2. С. 137—147.
13. Abuhassain et al. Desertification in the Arab Region: analysis of current status and trends. *Journal of Arid Environments*. 2002. 51. P. 521-545
14. Ghoniem E., Remote A. Sensing Study of Some Impacts of Global Warming on the Arab Region. *Impacts of Climate Change on the Arab Countries*. 2009. Chapter 3, 31-46
15. Albalawi Eman K. and Kumar L. 2013. Using remote sensing technology to detect, model and map desertification: A review. *Journal of Food, Agriculture & Environment* Vol.11 (2): 791-797.
16. Mohammed S., Khallouf A., Kiwan S. et al. Characterization of Major Soil Orders in Syria. *Eurasian Soil Sc.* 2020. 53, 420–429.
17. Verheye W. H., and D. de la Rosa, "Mediterranean soils," in *land use, land Cover and soil sciences*, Ed. by W. H. Verheye (UNESCO-EOLSS, Oxford, 2006).
18. Али А.А. Песчаные дюны к западу и к югу от Омана. Кувейт: Географическое Общество Кувейта, 2001. с113. (на арабском языке).
19. Североземельский государственный природный заказник — Минприроды России [Электронный ресурс] URL: https://www.mnr.gov.ru/activity/oopt/severozemelskiy_gosudarstvennyu_prirodnyu_zakaznik/(дата обращения 04.05.2022).
20. Хабаров Д. А., Адиев Т. С., Попова О. О., Чугунов В. А., Кожевников В. А. Анализ современных технологий дистанционного зондирования Земли *Analysis of modern technologies for remote sensing of the Earth* Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-sovremennyh-tehnologiy-distantcionnogo-zondirovaniya-zemli> (дата обращения 23.04.2022).

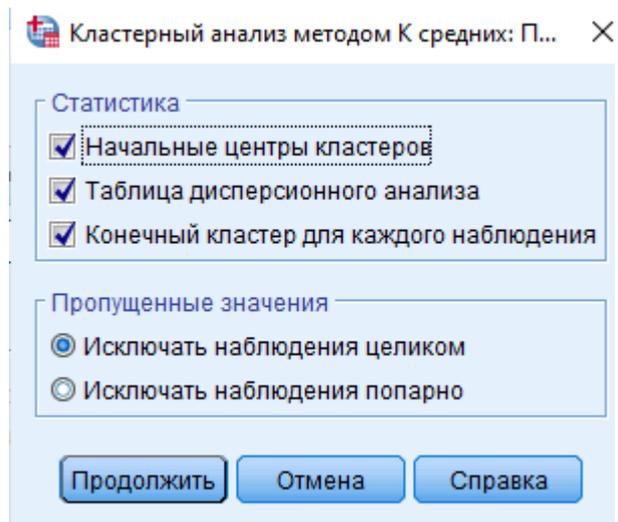
21. USGS EROS Archive - Landsat Archives - Landsat 8-9 OLI/TIRS Collection 2 Level-2 Science Products | U.S. Geological Survey [Электронный ресурс] URL: <https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-landsat-archives-landsat-8-9-olitirs-collection-2-level-2> (дата обращения 18.04.2022).
22. USGS EROS Archive - Landsat Archives - Landsat 4-5 Thematic Mapper Collection 2 Level-1 Data | U.S. Geological Survey [Электронный ресурс] URL: <https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-landsat-archives-landsat-4-5-thematic-mapper-collection-2> (дата обращения 27.04.2022).
23. USGS EROS Archive - Landsat Archives - Landsat 4-5 TM Collection 2 Level-2 Science Products | U.S. Geological Survey [Электронный ресурс] URL: <https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-landsat-archives-landsat-4-5-tm-collection-2-level-2-science> (дата обращения 27.04.2022).
24. USGS EROS Archive - Landsat Archives - Landsat 8-9 Operational Land Imager and Thermal Infrared Sensor Collection 2 Level-1 Data | U.S. Geological Survey [Электронный ресурс] URL: <https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-landsat-archives-landsat-8-9-operational-land-imager-and> (дата обращения 27.04.2022).
25. Remote Sensing from Space – Paititi Research [Электронный ресурс] URL: <https://paititi.info/research-technology/remote-sensing-from-space/> (дата обращения 23.04.2022).
26. SAGA - About [Электронный ресурс] URL: <https://saga-gis.sourceforge.io/en/about/about.html> (дата обращения 24.04.2022).
27. Sea Ice [Электронный ресурс] URL: <https://earthobservatory.nasa.gov/features/SeaIce/page1.php> (дата обращения 16.04.2022).
28. Lavender S., Lavender A. Practical handbook of remote sensing», CRC Press, 2015, p. 212 [Электронный ресурс] URL: <https://docviewer.yandex.ru/view/764652715/>(дата обращения 23.04.2022).

29. Qi J., Chehbouni A., Huete A.R., Kerr Y.H., Sorooshian S. A modified soil adjusted vegetation inde. Remote Sensing of Environment, Volume 48, Issue 2, 1994, P. 119-126.
30. Huete A. R., 1988, "A soil-adjusted vegetation index (SAVI)," Remote Sensing of Environment, Vol 25, 295–309.
31. What is Remote Sensing? The Definitive Guide - GIS Geography [Электронный ресурс] URL: <https://gisgeography.com/remote-sensing-earth-observation-guide/> (дата обращения 24.04.2022).
32. What is GIS? - GIS Lounge [Электронный ресурс] URL: <https://www.gislounge.com/what-is-gis/> (дата обращения 28.04.2022).
33. Winter Temperatures and the Arctic Oscillation [Электронный ресурс] URL: <https://earthobservatory.nasa.gov/images/42260/winter-temperatures-and-the-arctic-oscillation> (дата обращения 05.05.2022).

Приложения

Кластерный анализ





Начальные центры кластеров

	Кластер	
	1	2
Surface Soil Wetness	,245	,513
Profile Soil Moisture	,501	,585
Root Zone Soil Wetness	,373	,637

Конечные центры кластеров

	Кластер	
	1	2
Surface Soil Wetness	,343	,435
Profile Soil Moisture	,526	,578
Root Zone Soil Wetness	,490	,574

ANOVA						
	Кластер		ошибка		F	Значимость
	Средний квадрат	ст.св.	Средний квадрат	ст.св.		
Surface Soil Wetness	,082	1	,001	60	71,029	,000
Profile Soil Moisture	,025	1	,002	60	10,915	,002
Root Zone Soil Wetness	,068	1	,002	60	42,387	,000

F-критерий следует использовать только для целей описания, так как кластеры выбраны так, чтобы разница между наблюдениями в разных кластерах была максимальной. Наблюдаемые уровни значимости не скорректированы для этого, и поэтому их нельзя использовать для проверки гипотезы о равенстве средних кластеров.

Высокое значение (F) по отношению к признаку (поверхностная влажность почвы) свидетельствует о том, что это наиболее показательный признак, по которому имеются существенные различия и наиболее показательный изменения за изучаемые годы.

Высокие значения (F) для трех свойств влажности почвы указывают на то, что значения статистически значимы, а значение (значимость) составляет менее 5%, что означает наличие значительных различий. Мы отвергаем нулевую гипотезу и принимаем альтернативную гипотезу о наличии различий в свойствах почвенной влаги в течение предшествующих сорока лет.

Только по результатам анализа значения были разделены на два кластера по сходству свойств почвы.

В первом кластере было 12 точек, а во втором кластере было 50 точек.

Второй кластер представляет собой большинство точек, раскинувшихся в юго-восточном регионе и характеризующихся сходными характеристиками влажности почвы.

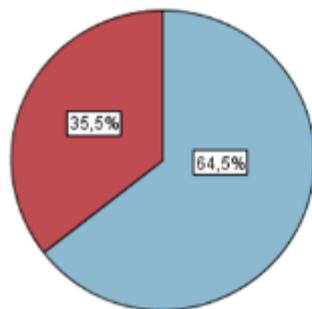
1980-1985

ANOVA

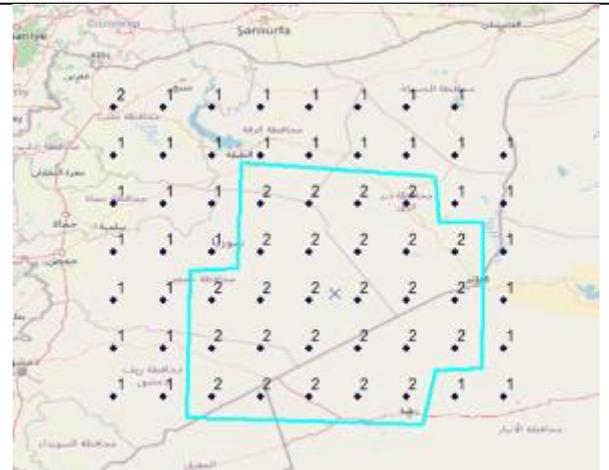
	Кластер		ошибка		F	Значимость
	Средний квадрат	ст. св.	Средний квадрат	ст. св.		
Surface Soil Wetness	0,102	1	0,001	60	30,830	0,008
Root Zone Soil Wetness	0,152	1	0,001	60	208,725	0,000
Profile Soil Moisture	0,176	1	0,001	60	227,067	0,000

Снижение значения статистической значимости менее 5% по изучаемым характеристикам и высокое значение теста (F) свидетельствует о моральном состоянии теста.

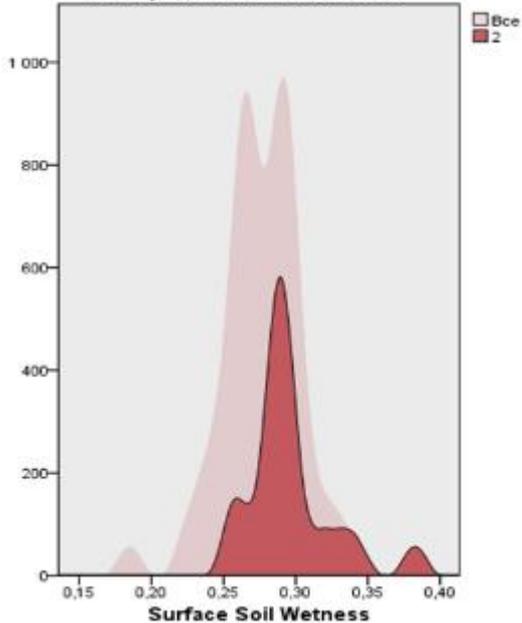
Размеры кластеров



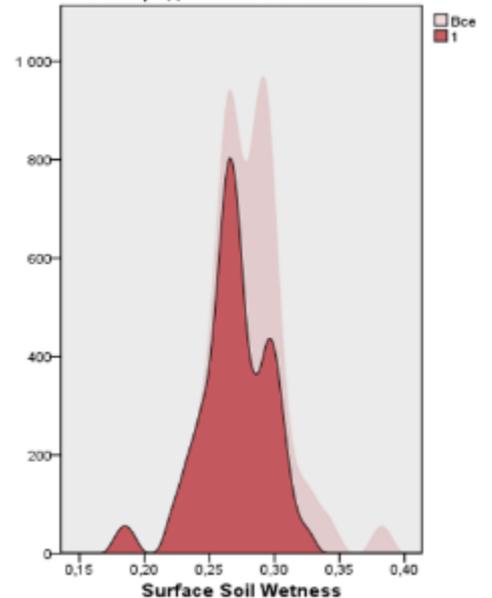
Кластер
1
2

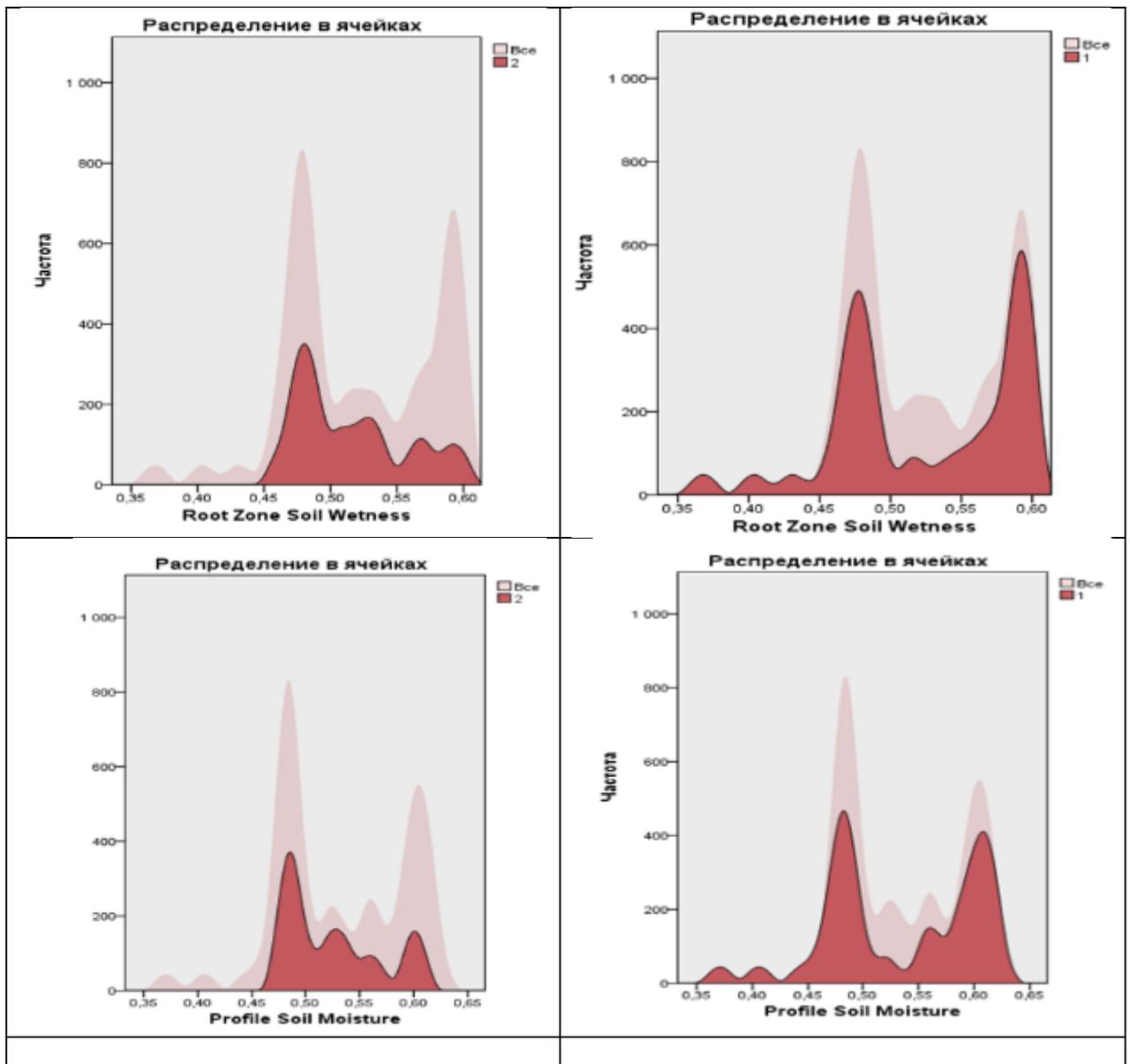


Распределение в ячейках



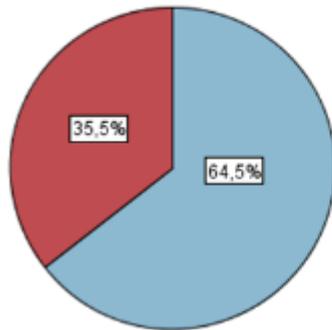
Распределение в ячейках



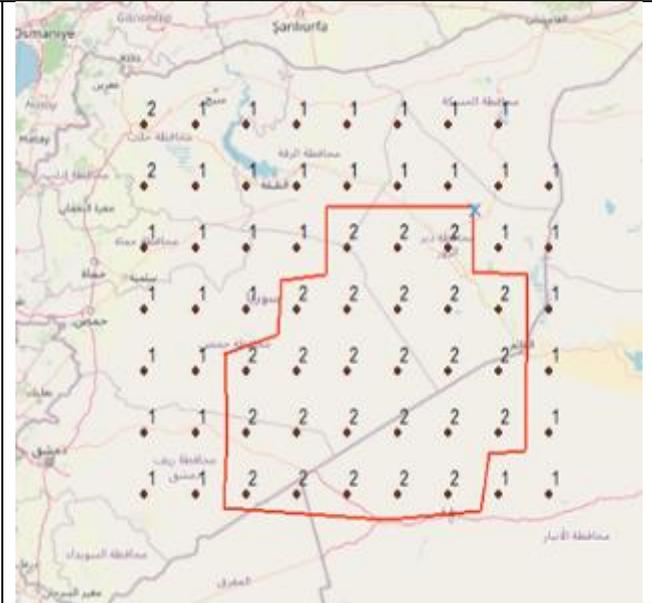


1985-1990							
ANOVA							
	Кластер		ошибка		F	Значимость	
	Средний квадрат	ст.св.	Средний квадрат	ст.св.			
Surface Soil Wetness	0,049	1	0,004	60	11,724	0,001	
Profile Soil Moisture	0,154	1	0,001	60	151,420	0,000	
Root Zone Soil Wetness	0,132	1	0,001	60	127,997	0,000	

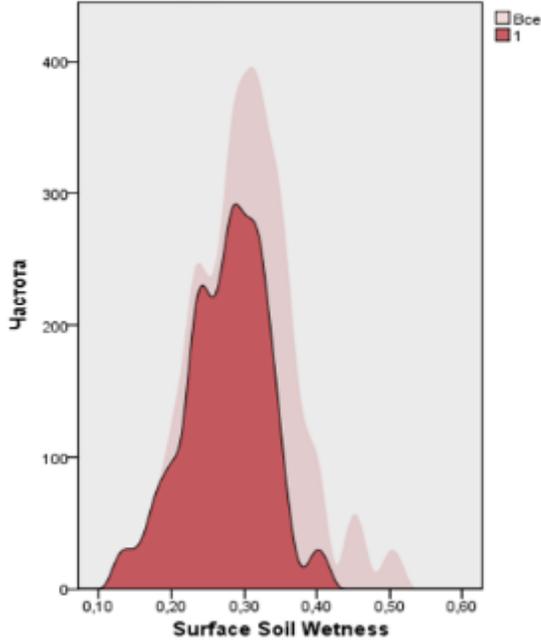
Размеры кластеров



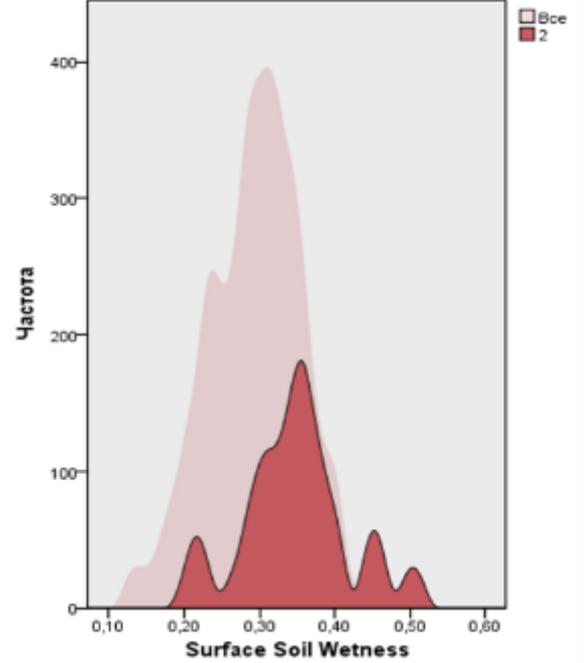
Кластер

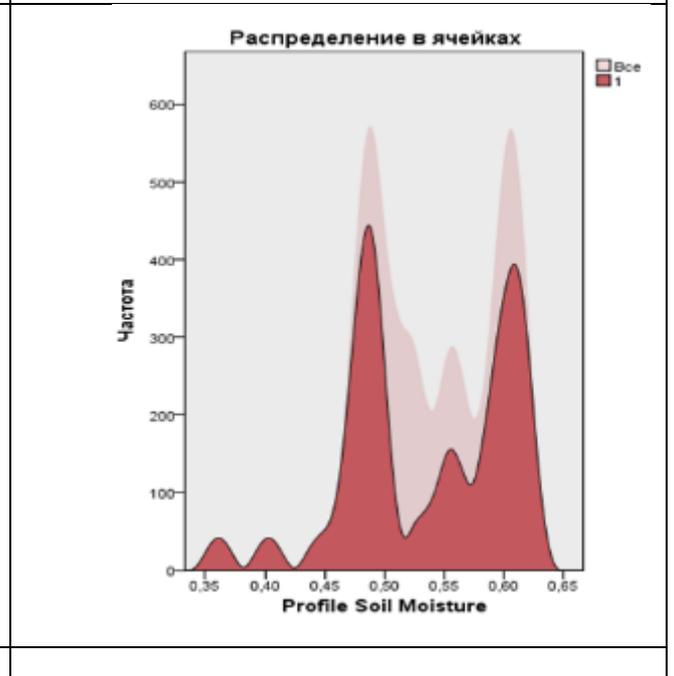
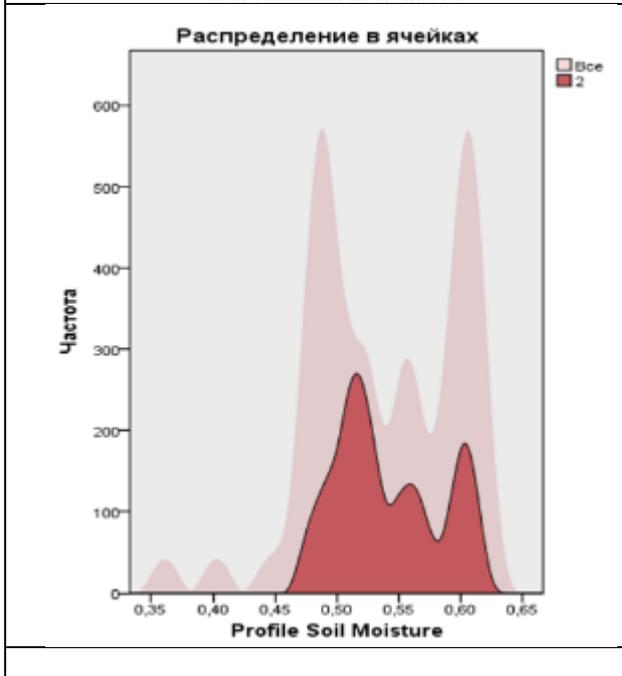
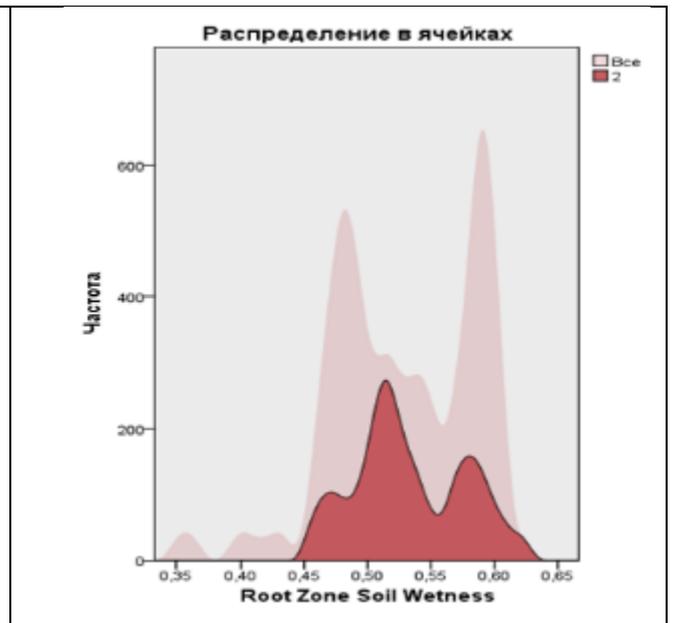
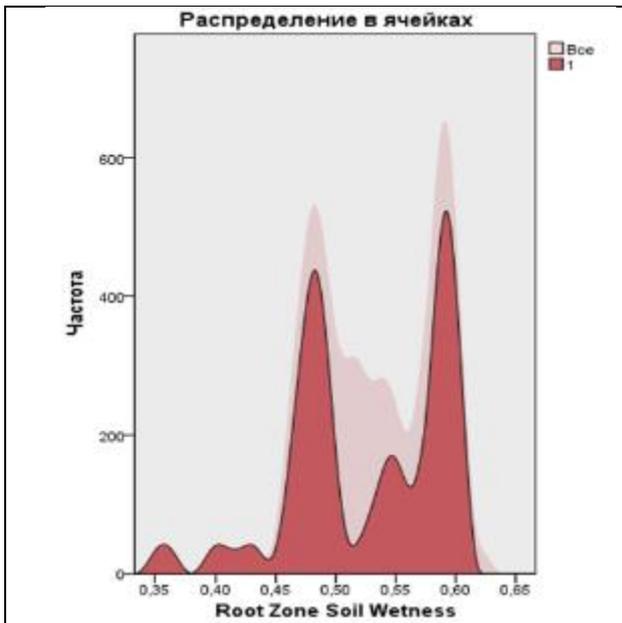


Распределение в ячейках

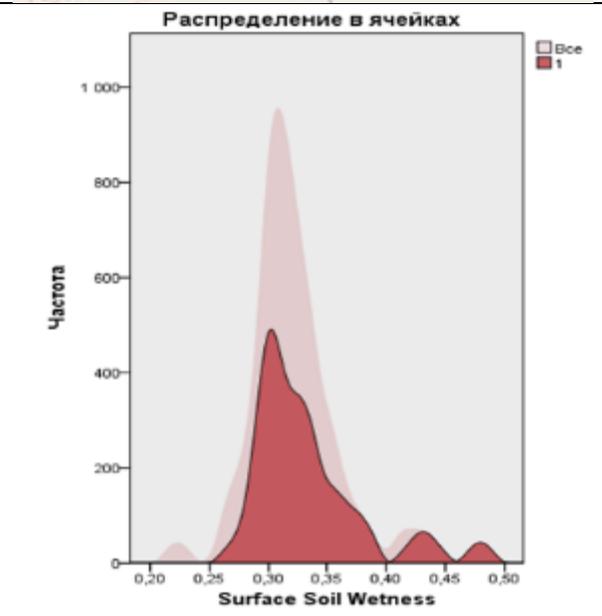
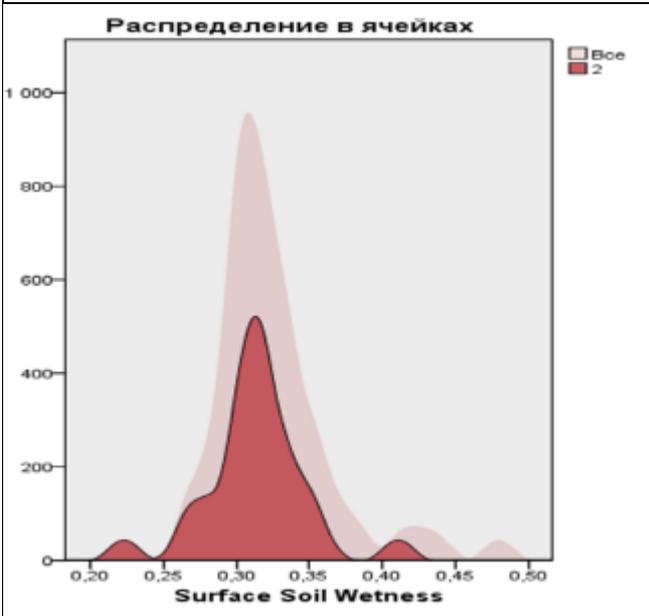
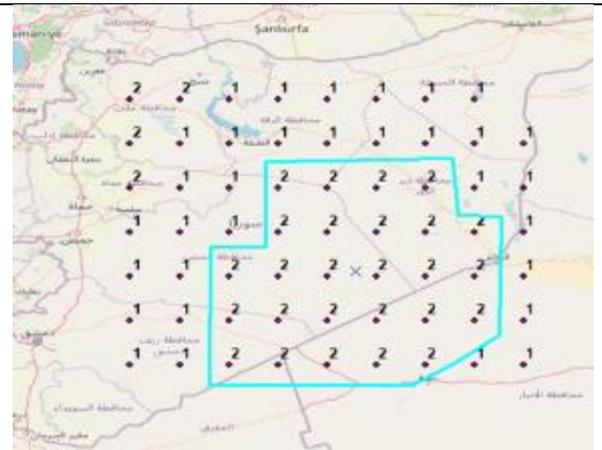
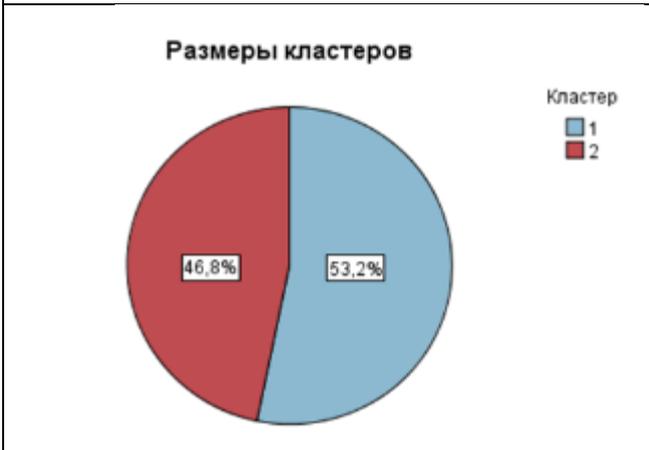


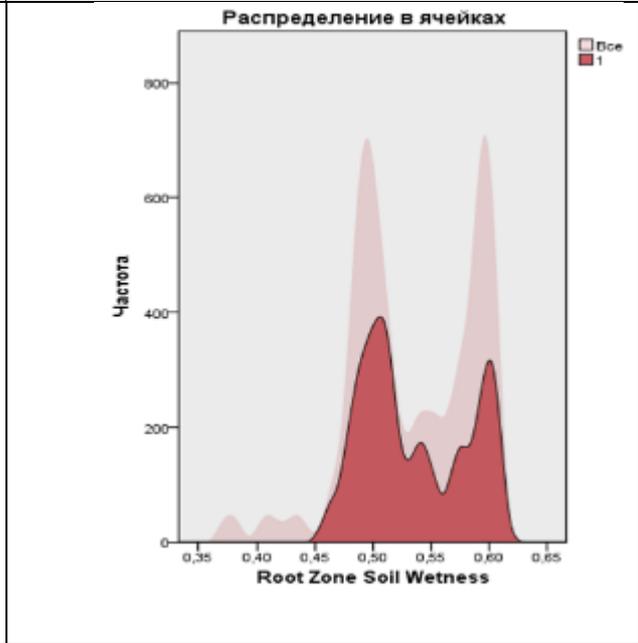
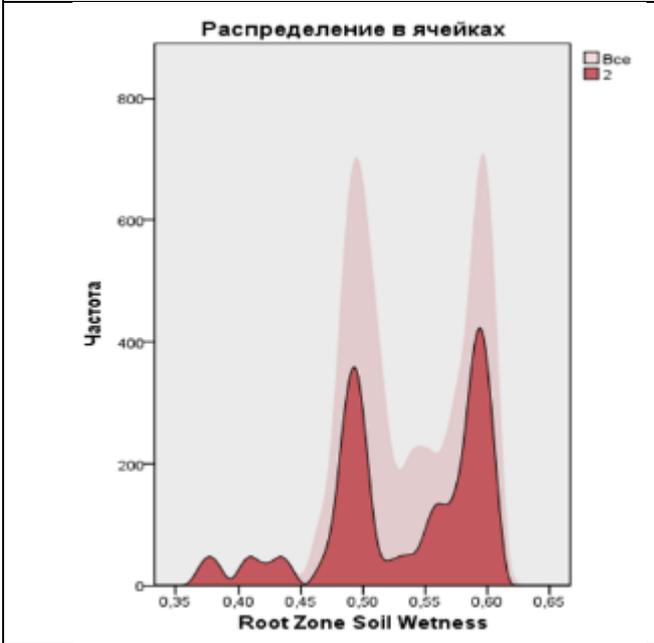
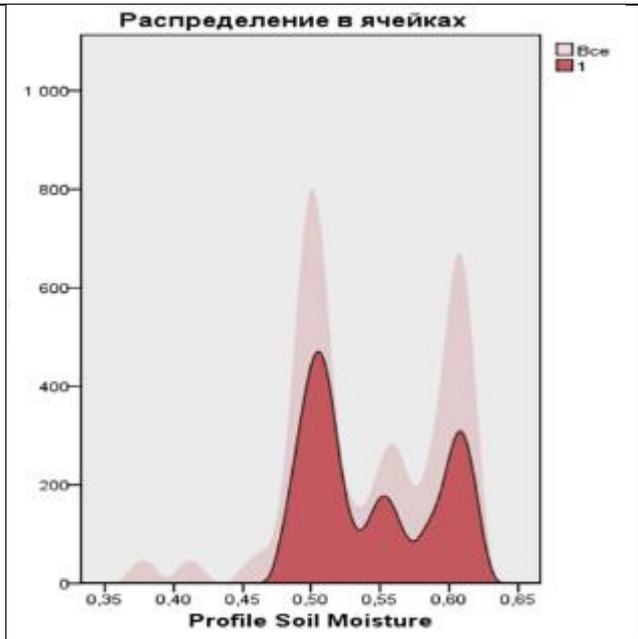
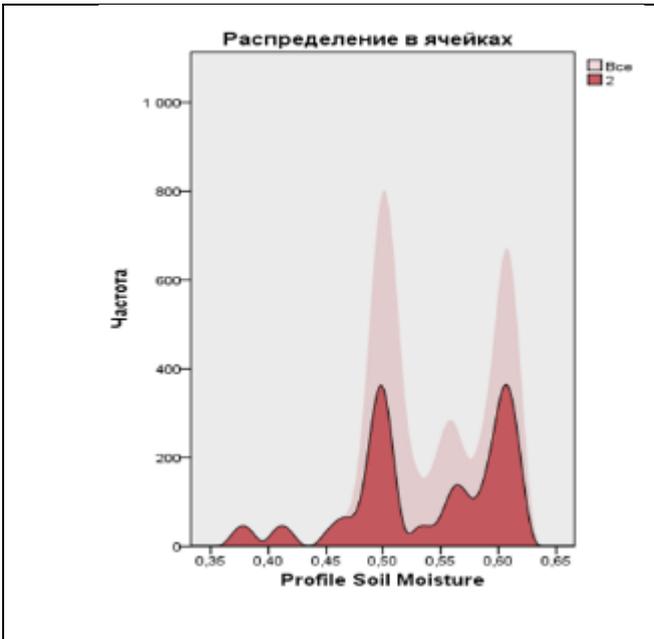
Распределение в ячейках





1990-1995						
	Кластер		ошибка	F	Значимость	
	Средний квадрат	ст.св.	Средний квадрат			ст.св.
Surface Soil Wetness	0,103	1	0,002	60	0,025	
Profile Soil Moisture	0,145	1	0,001	60	0,000	
Root Zone Soil Wetness	0,134	1	0,001	60	0,000	

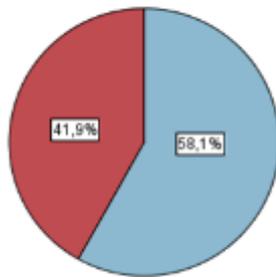




ANOVA

	Кластер		ошибка		F	Значимость
	Средний квадрат	ст.св.	Средний квадрат	ст.св.		
Surface Soil Wetness	0,054	1	0,005	60	11,293	0,001
Profile Soil Moisture	0,118	1	0,001	60	94,962	0,000
Root Zone Soil Wetness	0,106	1	0,001	60	80,036	0,000

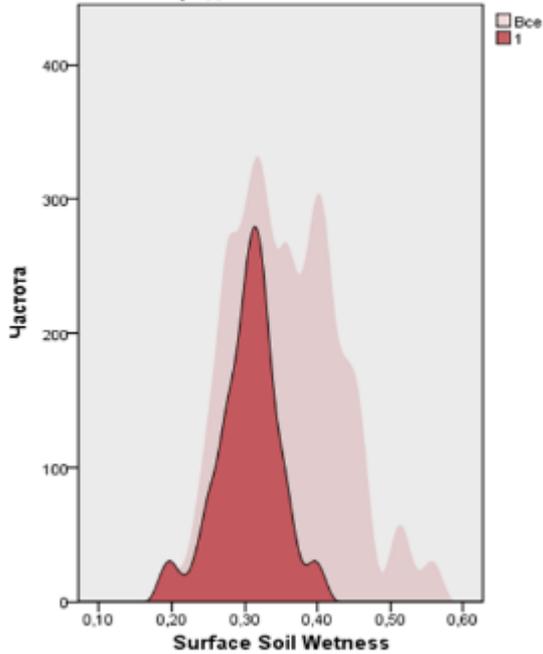
Размеры кластеров



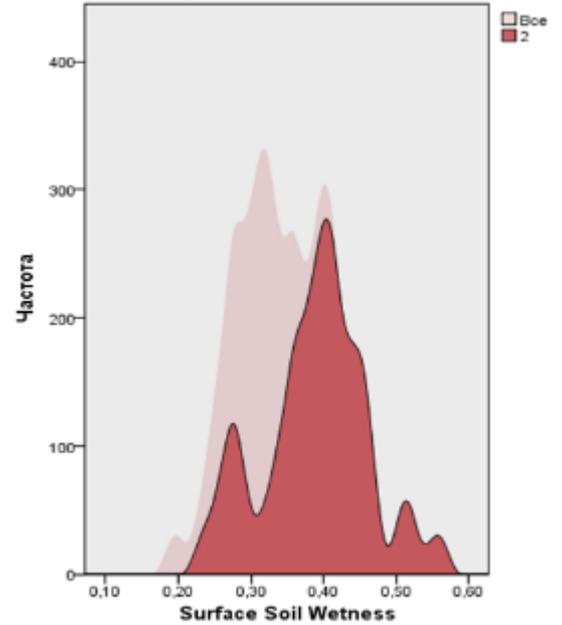
Кластер
1
2

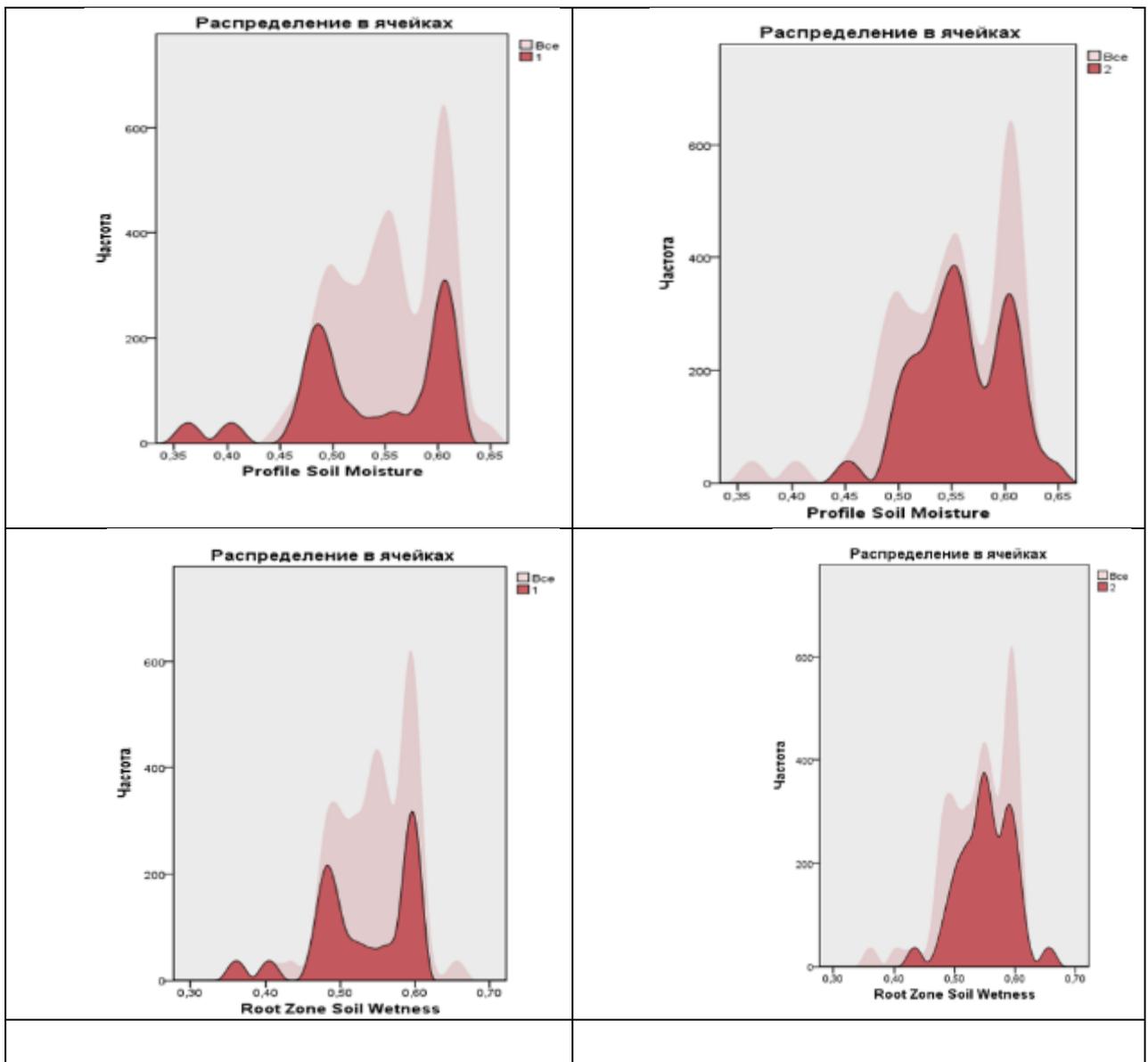


Распределение в ячейках



Распределение в ячейках

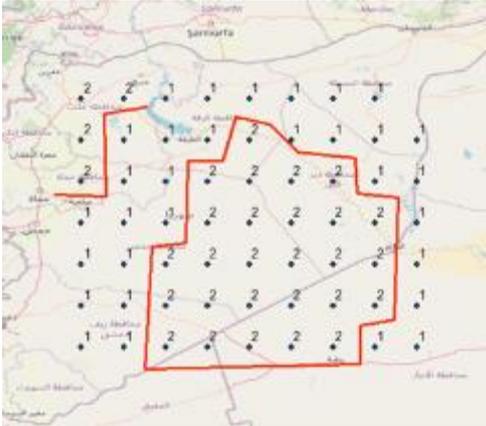
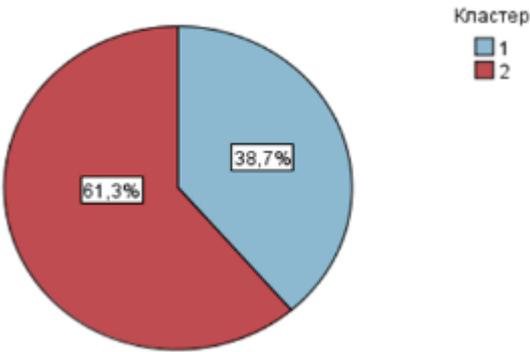




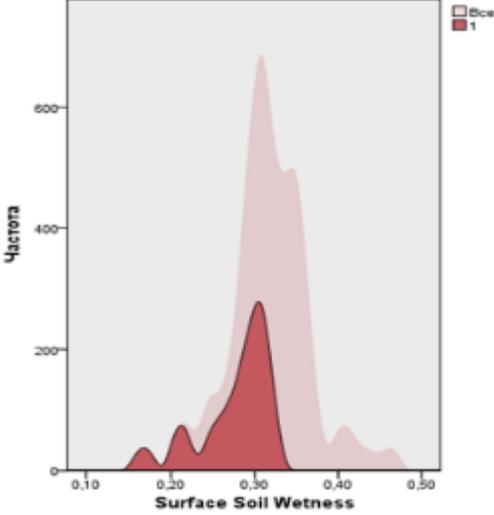
2005-5010						
ANOVA						
	Кластер		ошибка		F	Значимость
	Средний квадрат	ст.св.	Средний квадрат	ст.св.		
Surface Soil Wetness	0,101	1	0,001	60	8,578	0,050
Profile Soil Moisture	0,162	1	0,001	60	186,301	0,000

Root Zone Soil Wetness	0,146	1	0,001	60	183,493	0,000
------------------------	-------	---	-------	----	---------	-------

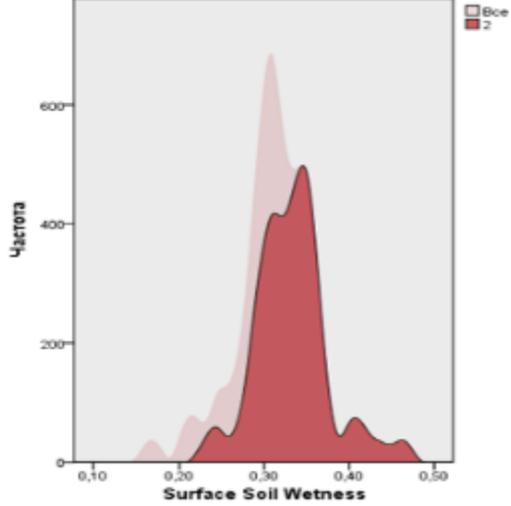
Размеры кластеров

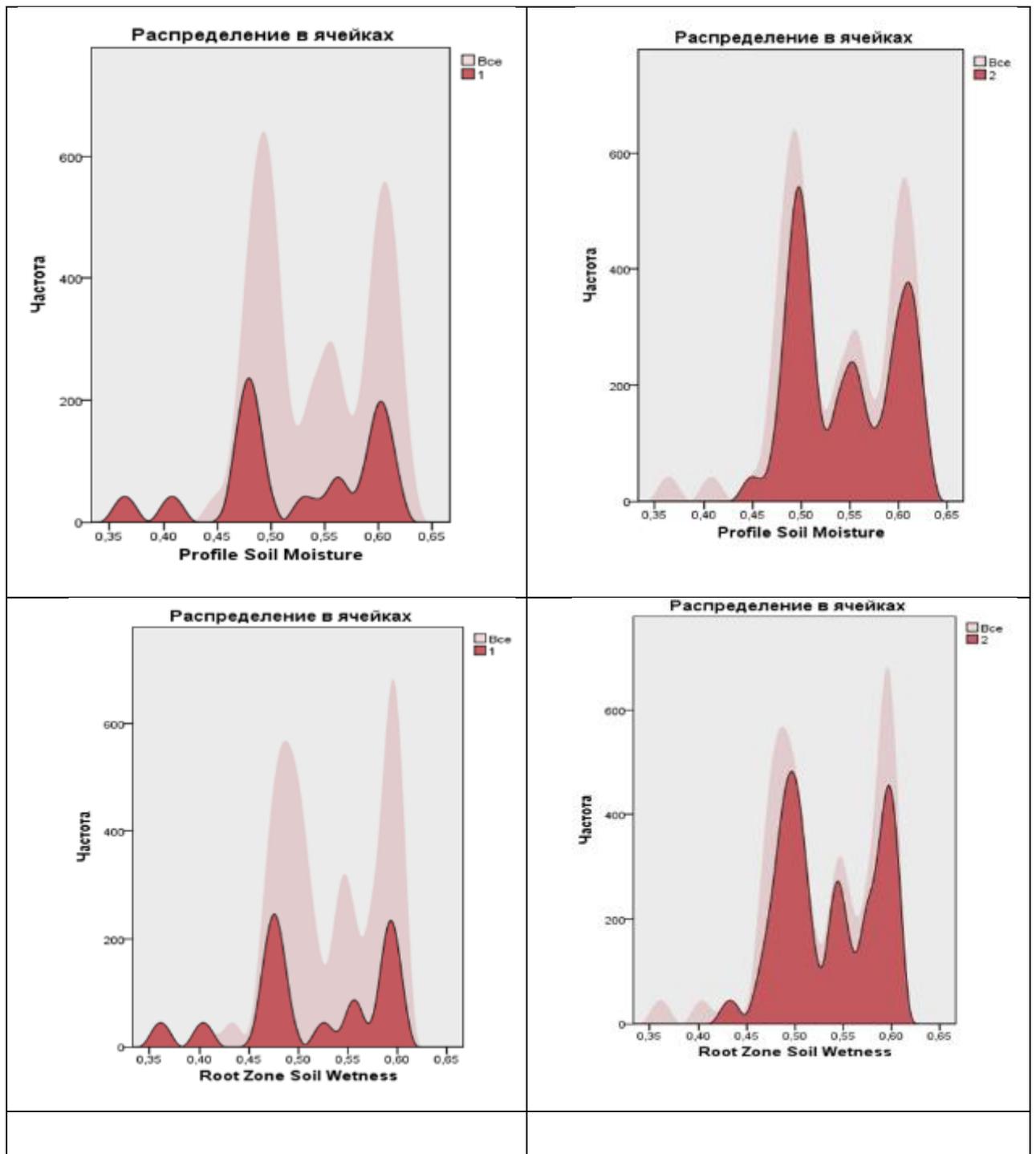


Распределение в ячейках



Распределение в ячейках

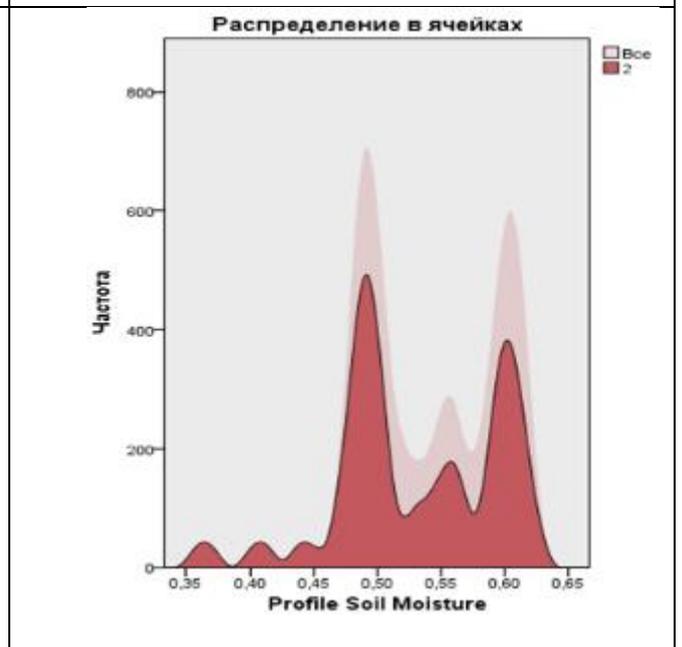
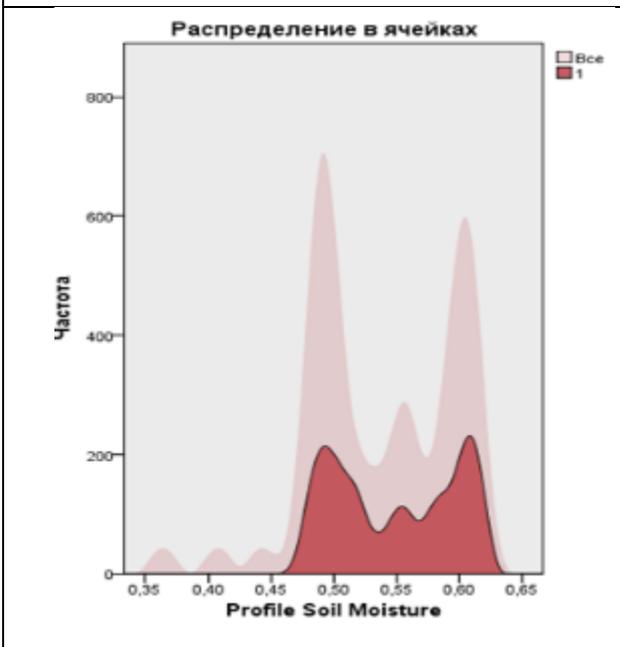
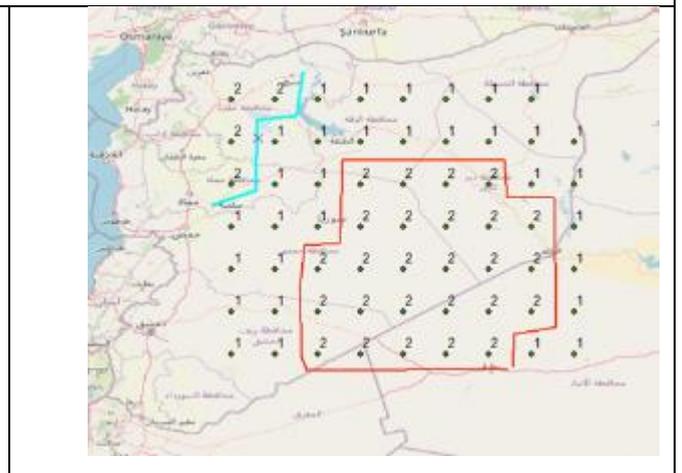
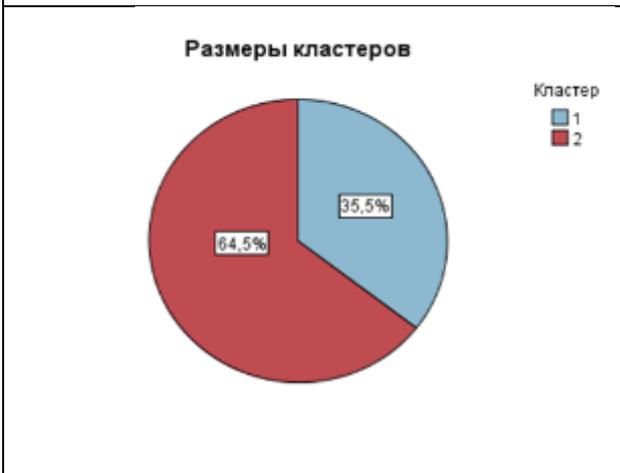


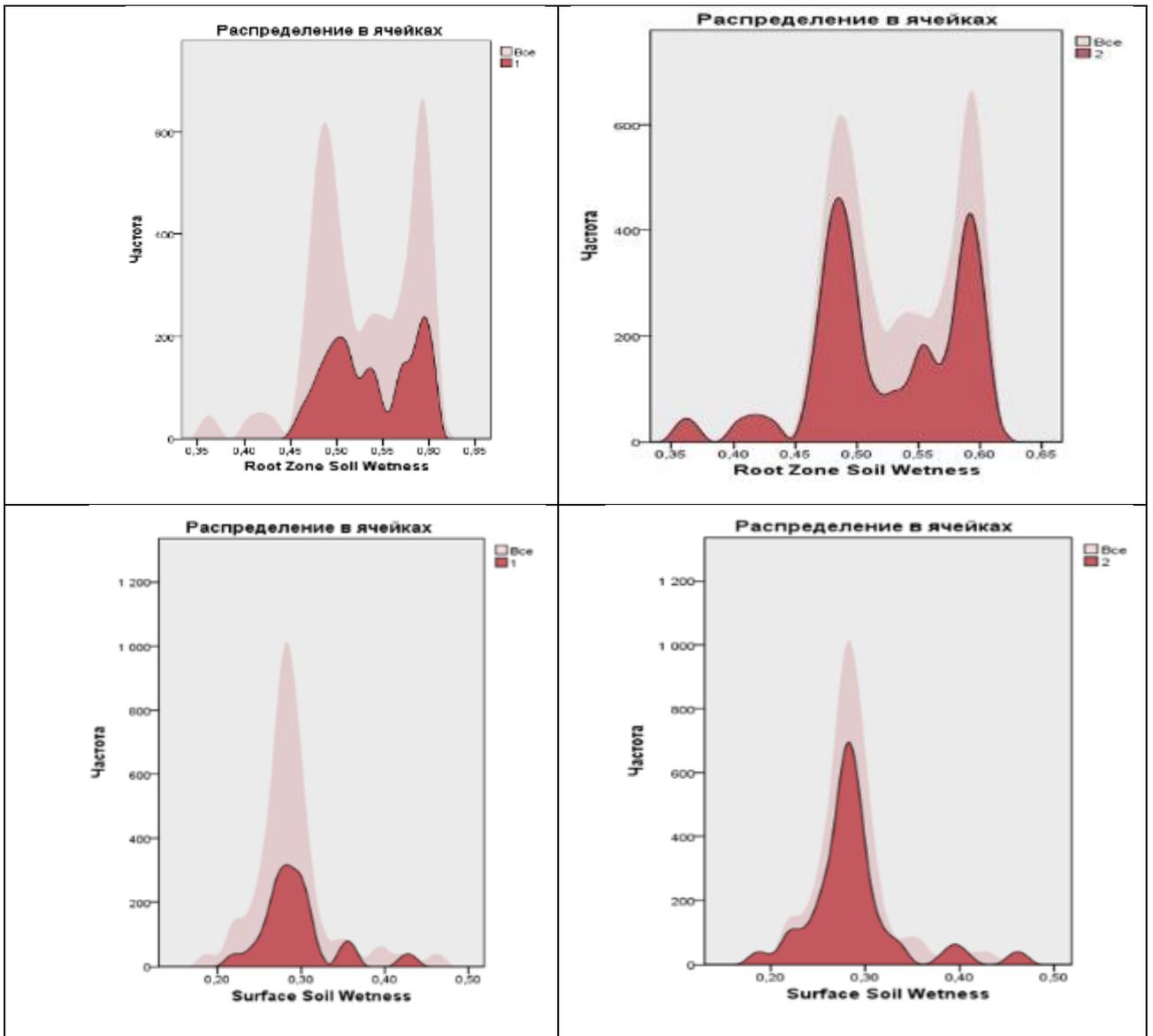


2010-2015

ANOVA

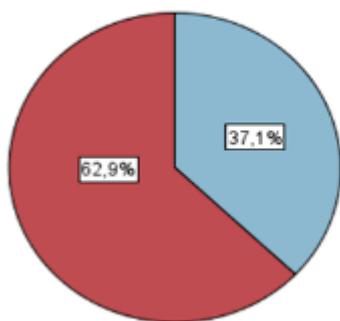
	Кластер		ошибка Средний квадрат	ст.св.	F	Значимость
	Средний квадрат	ст.св.				
Surface Soil Wetness	0,105	1	0,001	60	16,485	0,020
Profile Soil Moisture	0,157	1	0,001	60	189,345	0,000
Root Zone Soil Wetness	0,142	1	0,001	60	181,264	0,000



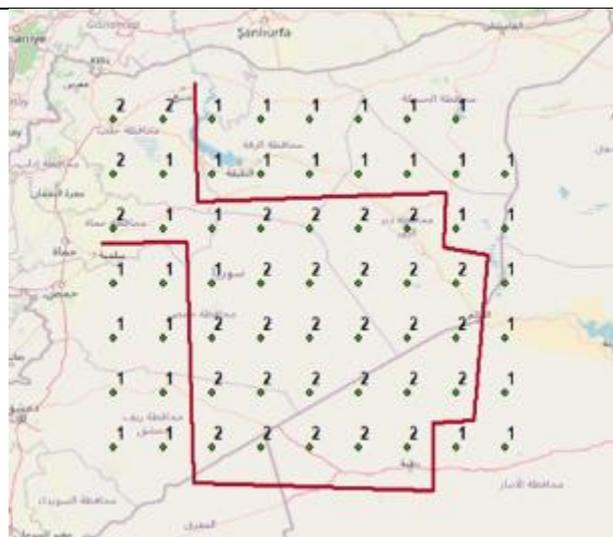


2015-2020							
	Кластер		ANOVA		F	Значимость	
	Средний квадрат	ст.св.	ошибка Средний квадрат	ст.св.			
Surface Soil Wetness	0,104	1	0,001	60	30,614	0,011	
Profile Soil Moisture	0,162	1	0,001	60	189,212	0,000	
Root Zone Soil Wetness	0,138	1	0,001	60	187,409	0,000	

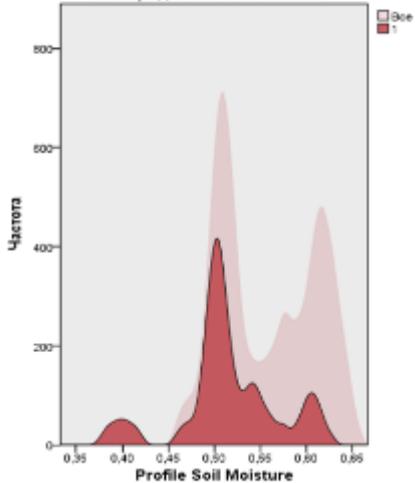
Размеры кластеров



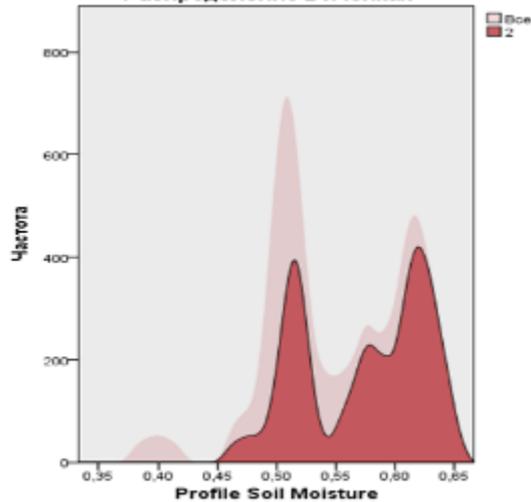
Кластер
■ 1
■ 2



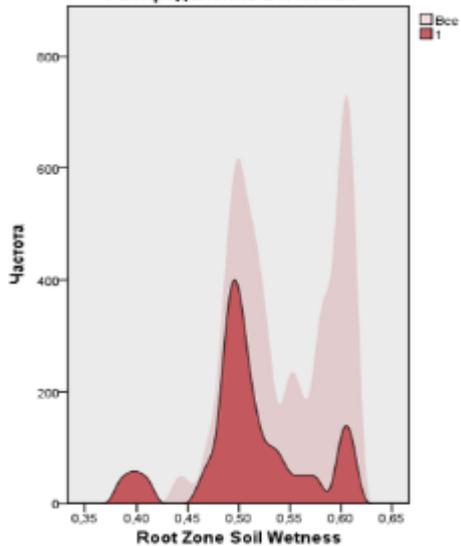
Распределение в ячейках



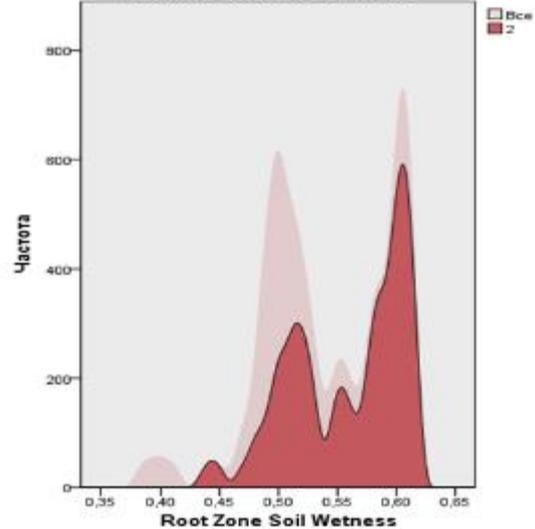
Распределение в ячейках

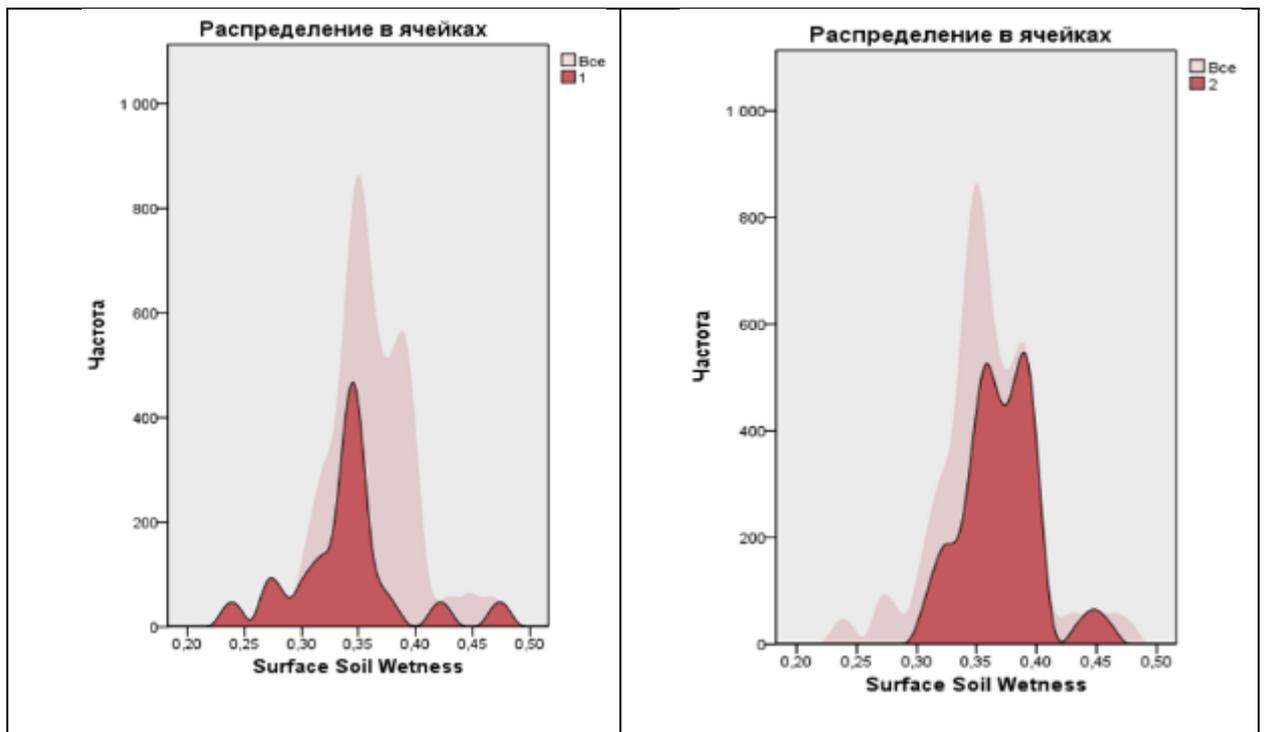


Распределение в ячейках



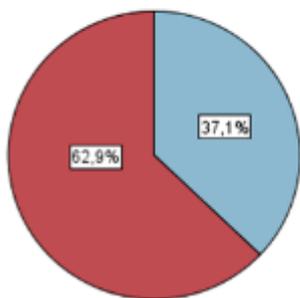
Распределение в ячейках



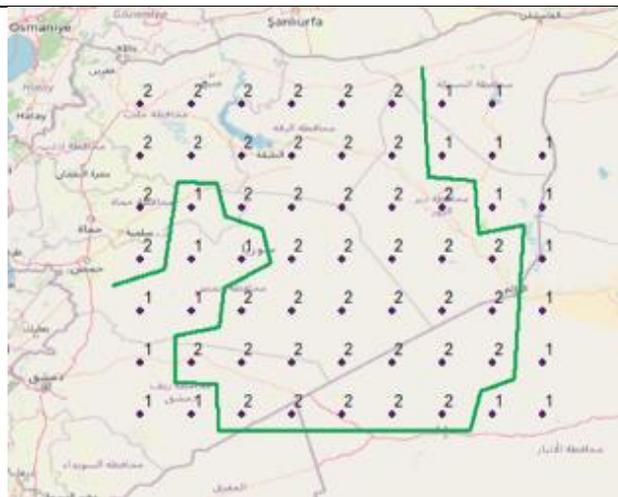


2020-2022						
ANOVA						
	Кластер		ошибка Средний квадрат	ст. св.	F	Значимость
	Средний квадрат	ст. св.				
Surface Soil Wetness	0,053	1	0,001	60	32,148	0,008
Profile Soil Moisture	0,112	1	0,001	60	94,356	0,000
Root Zone Soil Wetness	0,107	1	0,001	60	124,962	0,000

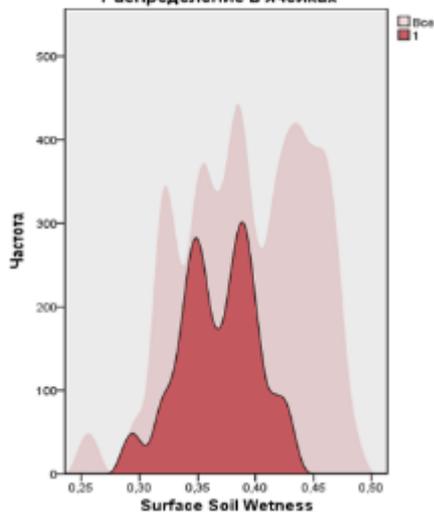
Размеры кластеров



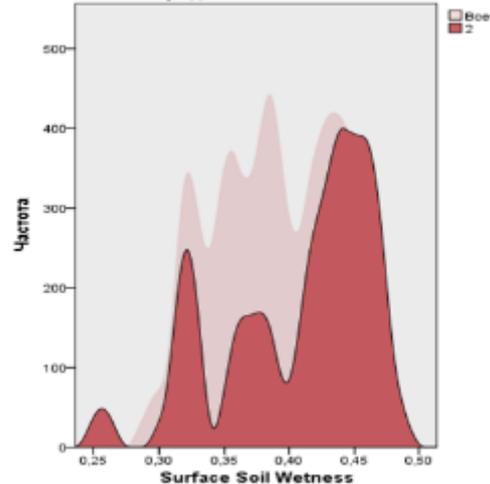
Кластер
■ 1
■ 2



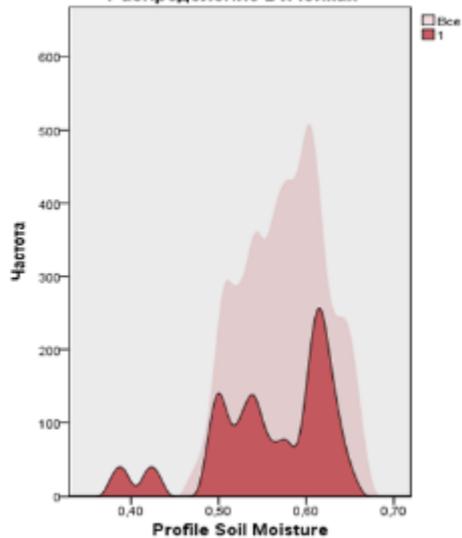
Распределение в ячейках



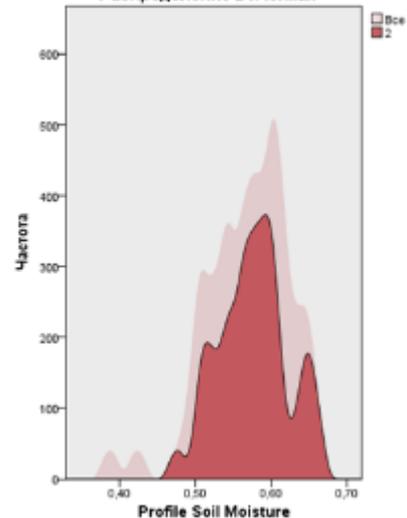
Распределение в ячейках

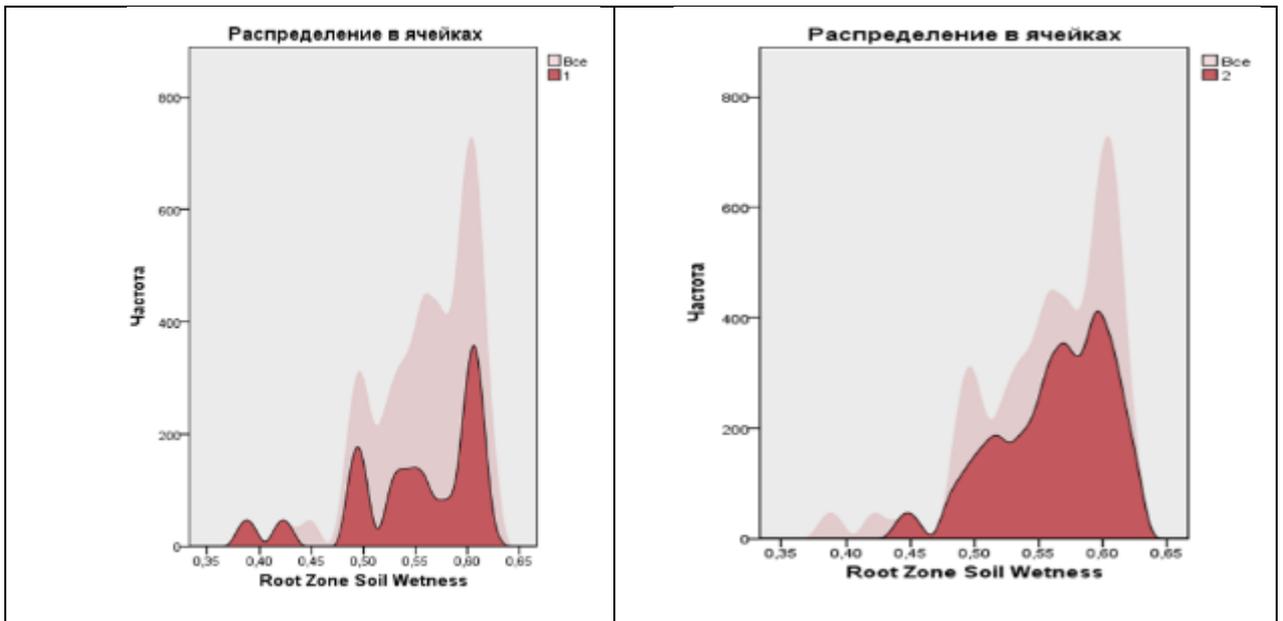


Распределение в ячейках



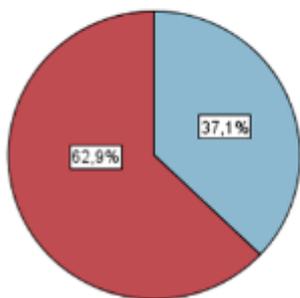
Распределение в ячейках



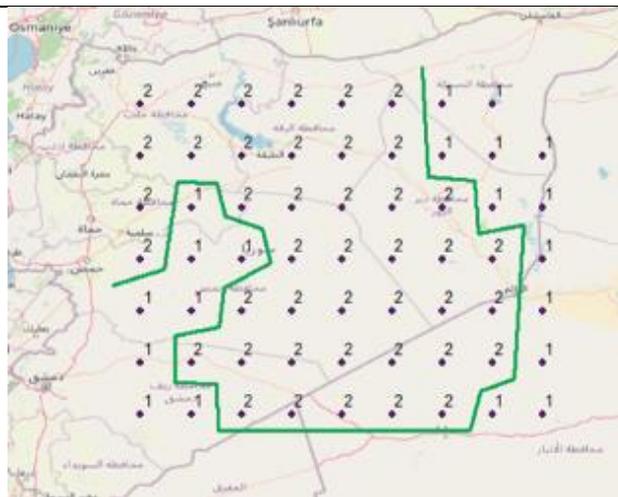


2020							
ANOVA							
	Кластер		ошибка Средний квадрат	ст. св.	F	Значимость	
	Средний квадрат	ст. св.					
Surface Soil Wetness	0,053	1	0,001	60	32,148	0,008	
Profile Soil Moisture	0,112	1	0,001	60	94,356	0,000	
Root Zone Soil Wetness	0,107	1	0,001	60	124,962	0,000	

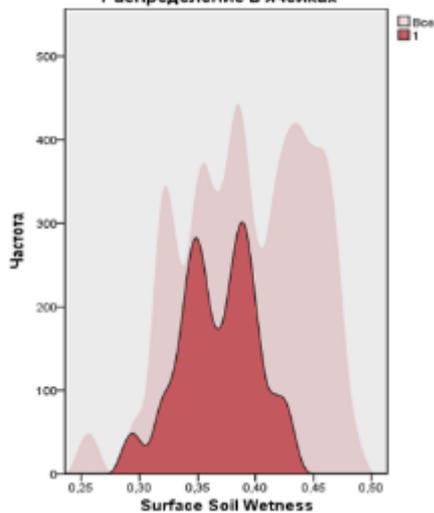
Размеры кластеров



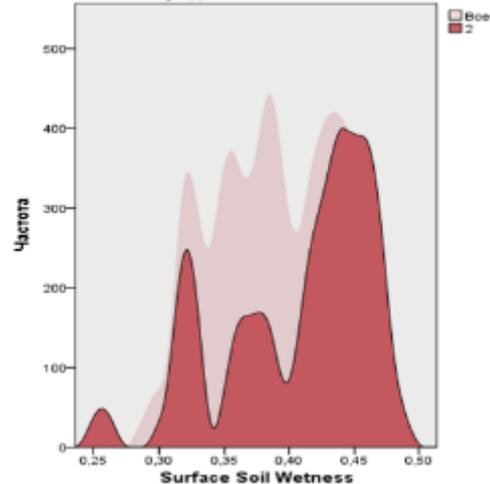
Кластер
■ 1
■ 2



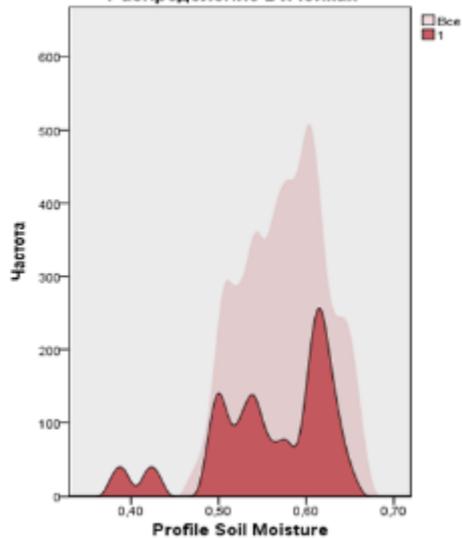
Распределение в ячейках



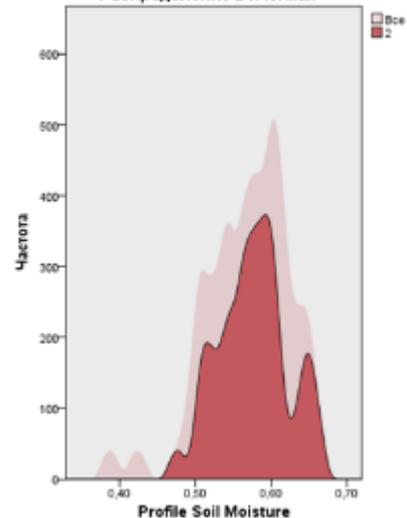
Распределение в ячейках

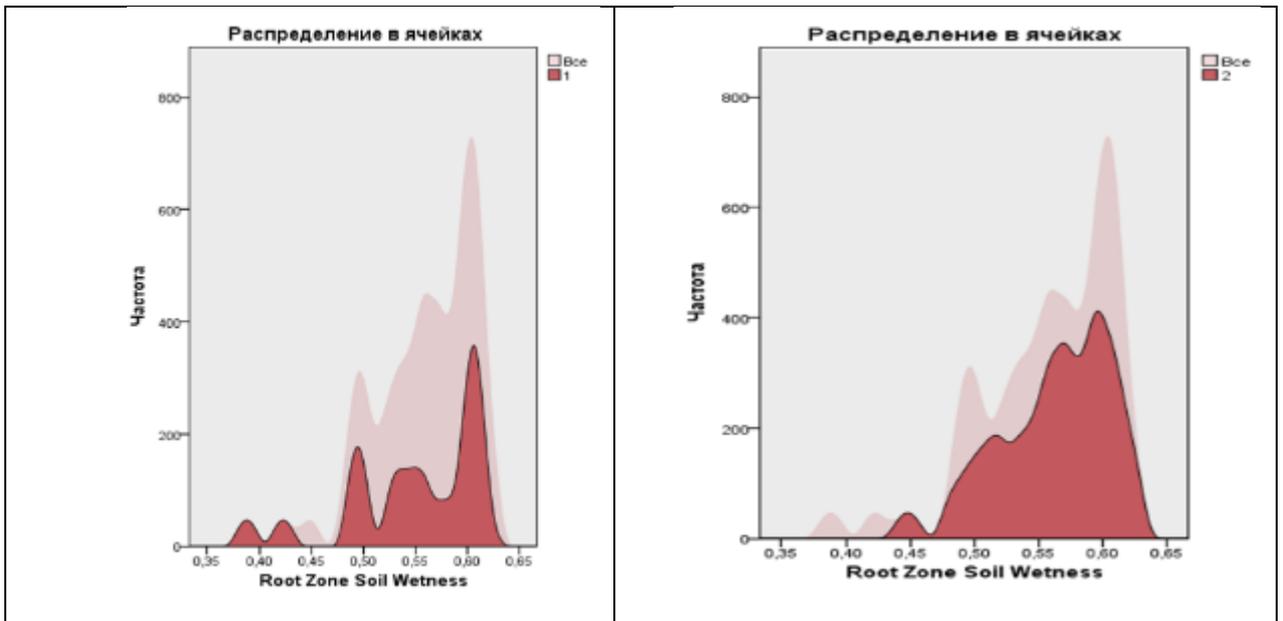


Распределение в ячейках



Распределение в ячейках





1980 cluster

ANOVA						
		Кластер	ошибка		F	Значимость
	Средний квадрат	ст.св.	Средний квадрат	ст.св.		
Surface Soil Wetness	0,082	1	0,001	60	71,029	0,000
Profile Soil Moisture	0,025	1	0,002	60	10,915	0,002
Root Zone Soil Wetness	0,068	1	0,002	60	42,387	0,000

