

На правах рукописи



**Кутени Джад Аль Карим Хамад**

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ НЕФТЕДОБЫЧЕ  
НА ТЕРРИТОРИИ СИРИЙСКОЙ АРАБСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

Специальность 25.00.32 – «Геодезия»

**АВТОРЕФЕРАТ**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата  
технических наук

Москва 2020

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Государственный университет по землеустройству» (ФГБОУ ВО ГУЗ).

**Научный руководитель:** доктор технических наук, профессор,

**Баранов Владимир Николаевич**

**Официальные оппоненты:** **Стеблов Григорий Михайлович**, доктор физико-математических наук, Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, главный научный сотрудник

**Гайрабеков Ибрагим Гиланиевич**, доктор технических наук, доцент, Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М. Д. Миллионщикова, проректор по учебной работе

**Ведущая организация:** ФГБУ «Центр геодезии, картографии и Инфраструктуры пространственных данных»

Защита состоится 09 апреля 2020 г. в 14.00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.143.03 при Московском государственном университете геодезии и картографии, расположенном по адресу: 105064, Москва, Гороховский пер., 4, МИИГАиК, зал заседаний Учёного совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Московского государственного университета геодезии и картографии и на сайте: [www.miiгаik.ru/science/councils/dissertation/](http://www.miiгаik.ru/science/councils/dissertation/)

Автореферат разослан « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета



Вшивкова Ольга Владимировна

## **Общая характеристика работы**

**Актуальность работы.** Деформации земной поверхности, возникающие при добыче углеводородов, связаны с нарушением геологической структуры участка земной коры. В ряде случаев они могут приводить к катастрофам.

Для разных типов месторождений, как показывает опыт, деформации существенно различны. Исходя из этого, для месторождений резервуарного типа, которые актуальны для САР, появляется возможность построения модели оседания на начальном этапе разработки месторождений нефти и газа.

Построение модели обеспечивает проведение геодезической работы с более надёжными результатами измерений и позволяет повысить точность, экономя время и средства.

**Степень разработанности темы.** В работе проанализированы труды российских и зарубежных ученых, таких как Ямбаев Х.К., Ященко В.Р., Кузьмин Ю.О., Кафтан В.И, Стеблов Г.М, Соловицкий А.Н., Саймон Маккласки, Пол Трегонинг и многих других, проведенные при геодинимических изучениях движений земной коры, а также в районах месторождений нефти и газа. Следует отметить, что типы эксплуатируемых месторождений нефти в Российской Федерации (РФ) и Сирийской Арабской Республике (САР) существенно различаются, что не позволяет механически переносить применяемую в Российской Федерации методику создания деформационной сети на территорию САР, однако методы наблюдений в вышеупомянутых трудах были использованы в работе.

Исследование деформационных процессов при эксплуатации таких месторождений заключается в реализации практической возможности построения теоретической модели оседания, которую ранее использовали для предрасчёта значения оседания. В этом случае задача геодезических измерений будет сведена к определению или уточнению параметров модели оседания.

**Целью работы** является разработка методики геодезического обеспечения исследования деформации земной поверхности при нефтедобычи месторождениях резервуарного типа на основе геодезических данных, с использованием геолого-механической модели и искусственной нейронной сети для представления и обработки геодезических данных.

**Основные задачи работы.** Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

— анализ традиционных геодезических методов при исследовании просадок применительно к различным типам залежей месторождения нефти и газа, позволяющий выбрать и разработать модельный метод;

— разработка методики построения оптимальной геодезической высотной сети для месторождения резервуарного типа;

— построение модели оседания, возникающего при добыче нефти и газа на месторождении резервуарного типа, и исследование степени влияния различных параметров резервуара на характер оседания;

— выполнение высокоточного нивелирования на специально созданном полигоне, результаты которого представлены в двухслойной искусственной нейронной сети;

— разработка блочного метода анализа и обработки результатов геодезических измерений;

— построение искусственной нейронной сети и определение её параметров;

— разработка цифровой методики обработки, анализа и представления результатов геодезических измерений на основе искусственной нейронной сети.

#### **Научная новизна работы.**

Оригинальность научных результатов состоит в следующем:

— разработанная методика построения геодезической сети с использованием геолого-механической модели оседания для месторождения

резервуарного типа позволяет определить оседание земной поверхности при минимальном количестве геодезических деформационных пунктов;

— выполненная обработка и интерпретация результатов геодезических измерений с применением предложенного блочного метода, позволяющего детализировать общую картину оседания и устанавливать количественное соотношение между значениями оседания в различных блоках, даёт возможность получать достоверную информацию недоступную для непосредственных измерений;

впервые разработанная методика, геодезического сопровождения мониторинга процесса оседания, по построению нейронной сети, включающая определение вероятнейшего значения параметров модели оседания и выполняющая функцию оценки и прогноза оседания.

**Объект исследования** – методы проведения геодезических измерений при явлениях, возникающих на земной поверхности при разработке месторождений резервуарного типа.

**Предмет исследования** – технологии геодезических работ для оценки деформаций участка земной поверхности при нефтедобыче на месторождениях резервуарного типа в САР.

**Область исследования** соответствует паспорту специальности 25.00.32 «Геодезия», в части п.4; п.7; п.8; п.11 и п.12.

#### **Теоретическая и практическая значимость работы:**

1 Разработанная новая методика в геодезической области открывает переход к изучению и прогнозированию оседания ЗП с применением модельного метода, блочного метода и искусственной нейронной сети.

2 Позволяет повысить точность результатов измерений и уменьшить трудозатраты на создание деформационной сети.

#### **Методология и методы исследования.**

В диссертационной работе использованы методы построения

деформационной сети для территории нефтедобычи и геолого-механические методы построения модели оседания, и их математические выражения. Кроме того, были использованы современные методы анализа и обработки геодезических измерений, в том числе искусственная нейронная сеть.

**Положения, выносимые на защиту:**

Создана оптимальна геодезическая сеть наблюдения оседания на нефтяных месторождениях резервуарного типа на основании предварительно построенной геолого-механической модели оседания для объекта исследования.

1 Разработана методики определения интервала наблюдения между циклами наблюдения и определения оседания в тех участках, где СКО метода измерения не позволяет его измерить за малый отрезок времени с необходимой точностью на основе предложенного блочного метода.

2 По данным геодезических измерений построена искусственная нейронная сеть, обеспечивающая вычисление и прогнозирование оседания в любой точке модели оседания.

**Степень достоверности полученных результатов.** Разработана методика оптимального проектирования деформационной сети, основанная на известных методах построения геодезической деформационной сети при нефтедобыче и известных методах построения геолого-механической модели оседания для месторождений резервуарного типа и современной методике анализа и обработки геодезических измерений.

**Апробация результатов.** Основные положения работы были представлены и обсуждены на:

- LX научно-практической конференции студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов «Научные исследования и разработки молодых ученых для развития АПК» (ГУЗ, Москва, апрель 2017 г.)

- LXI научно-практической конференции студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов «Научные исследования и разработки молодых ученых для развития АПК» (ГУЗ, Москва, апрель 2018 г.);

- Международной научно-технической конференции «Геодезия, картография и кадастр» (МИИГАиК, Москва, май 2018 г.);
- Международном научно-промышленном форуме «Великие реки 2018» (ННГАСУ, Нижний Новгород, май 2018 г.).
- Научном семинаре кафедры Геодезии и геоинформатики Государственного университета по землеустройству (Москва, февраль 2018 г.);
- Двух научных трудах государственного университета по землеустройству, посвященных 240-летию юбилею университета (Москва, май 2019 г.).

### **Публикации.**

По материалам диссертации опубликовано шесть работ, в том числе две в рецензируемых журналах из перечня ВАК: «Геодезия и картография»; «Землеустройство кадастр и мониторинг земель» и «Вестник СГУГиТ». Одна работа опубликована в трудах научного конгресса международного научно – промышленного форма «Великие реки 2018», две опубликованы в Сборнике научных трудов государственного университета по землеустройству, посвящённом 240-летию юбилею (том 2), и одна в Сборнике научных трудов государственного университета по землеустройству «Научные исследования и разработки молодых учёных для развития АПК» (том 1).

### **Структура и объем диссертации.**

Диссертация изложена на 136 страницах и состоит из введения, четырёх глав, заключения и списка литературы, содержит 74 рисунка и 32 таблицы. Список литературы включает в себя 64 источника.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Во введении показана актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, отмечены научная и практическая значимость работы.

**В главе I** для решения общей проблемы оседания с использованием специальной геодезической сети были рассмотрены общие сведения о геодезической изученности территории САР, а именно, государственная

нивелирная сеть 1 и 2 класса и спутниковая геодезическая Сеть GPS, а также геологические характеристики объекта исследования, определяющие особенности выполненной работы. Объект исследования является крупнейшим нефтяным месторождением резервуарного типа на северо-востоке САР и называется Суэдия.

Месторождение **Суэдия** имеет резервуар (массив А), который простирается примерно на 22 км с запада на восток, достигая максимальной ширины около 10 км. В целом имеет среднюю толщину около 100-120 м и увеличивается к востоку.

В первой главе представлен **обзор методов** изучения техногенной геодинамики на месторождениях нефти и газа, среди которых наземные, спутниковые и космические методы. Кроме того, были рассмотрены **методы построения геодезической сети** изучения деформационных явлений на месторождениях нефти и газа, например: 1) "квадратной" геодезической сети. Схема изображена на Рисунке 1; 2) создание так называемых «геодинамических» полигонов. Схема изображена на Рисунке 2.



Рисунок 1 - Схема построения "квадратной" сети на Шебелинском газовом месторождении



Рисунок 2 - Рекомендуемая схема нивелирных ходов (в первом приближении) для наблюдений за вертикальными смещениями

При анализе традиционных геодезических методов и методики построения геодезической сети для изучения деформационных явлений на месторождениях нефти и газа выделены неэффективности их применения для



изучения оседания нефтяного месторождения резервуарного типа, которые заключаются в следующем:

1 При построении сети нет возможности выделения и использования информации об участках, на которых деформация принимает максимальное и минимальное значение.

2 При построении сетей не была учтена информация о характере изменения деформации на рассмотренной территории.

3 При разработке методики наблюдения не учитывались параметры деформационных процессов.

На основании того, что величина оседания зависит от типа месторождения, можно перейти из традиционного метода построения деформационной сети к специальному, более достоверному для месторождений резервуарного типа, с применением геолого-механической модели, обеспечивающей дополнительную необходимую информацию относительно скорости деформационных процессов при изучении оседания.

**В главе 2 обоснована возможность применения геолого-механических моделей в разработке геодезической методики исследования оседания ЗП в районе нефтедобычи.**

Выполнен анализ следующих геолого-механических методов: метод Кноте, метод ядра деформации, метод конечных элементов (FEM).

Данные методы были использованы на разных месторождениях, в том числе Лагунильяс в Венесуэле, для построения модели оседания на разведочных этапах эксплуатации в районе нефтедобычи.

В результате анализа выбрана модель Кноте, так как её параметры, полученные по геологоразведочным данным, с необходимой точностью, характеризуют геометрические параметры оседания.

С использованием модели Кноте, расчёт проседания в области изъятия жидкости находится по данной **формуле**:

$$S = -a \int_A CK_Z dA, (1)$$

где  $A$  – площадь проекции резервуара на земной поверхности;  $dA$  – элементарная площадка;  $C$  – параметр уплотнения резервуара;  $a$  – т. н. коэффициент «расширения» оседания;  $K_z$  - функция Кноте, рассчитывается по формуле:

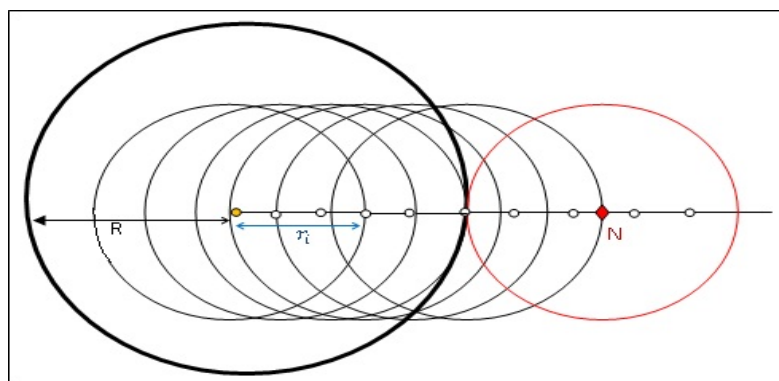
$$K_z = \frac{e^{\left(\frac{-\pi r^2}{R^2}\right)}}{R^2}, (2)$$

$R$ – радиус резервуара;

где  $r$ – радиус-вектор области интегрирования влияния резервуара на точку ЗП.

Заметим, что коэффициент влияния Кноте зависит от  $r$  (радиус-вектор области интегрирования).

Принципиальная схема интегрирования оседания в точках земной поверхности (например для  $R = 7200 \text{ m}$ ,  $r_i = 4300 \text{ m}$ .) изображена на Рисунке 3.



$R$  – радиус дискового резервуара;

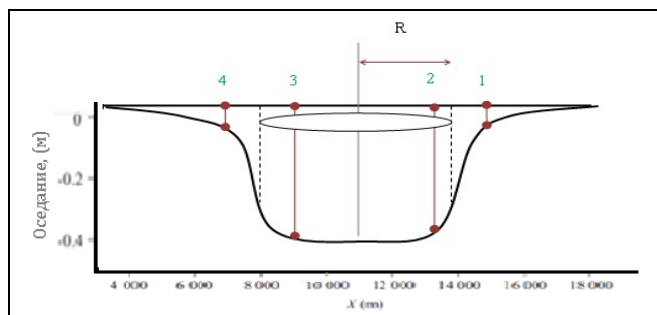
$r_i$  – радиус-вектор области интегрирования;

$N$  – точка вне диапазона действия оседания резервуара.( точка (N) находится на расстоянии 10800 m от центра)

Рисунок 3 - Схема интегрирования для дискового резервуара

В результате численного интегрирования, пользуясь формулой Гаусса и Кноте, получена кривая оседания с формированием «критических точек», т. е. точек перегиба кривой оседания, в которых характер профиля оседания меняется наиболее быстро. Критические точки играют важную роль в построении геодезической сети, что будет объяснено в дальнейших разделах.

Например, точки 1, 2, 3, 4, на Рисунке 4, если, резервуар однородный и имеет вид диска.



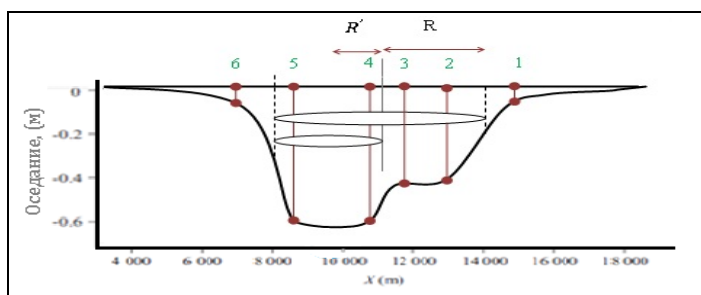
1 Критическая точка перегиба кривой оседания;



Граница дискового резервуара.

Рисунок 4 - Профиль оседания для однородного резервуара в виде диска и местоположение критических точек на земной поверхности

Если резервуар неоднородный по толщине, но имеет вид диска (увеличение толщины в одной половине резервуара), получаем кривую следующего вида, представленную на Рисунке 5.



6 Критическая точка;



5 Граница дискового резервуара на поверхности Земли;

Рисунок 5 - Профиль оседания для резервуара в виде сложного диска

В результате графического построения модели оседания получено:

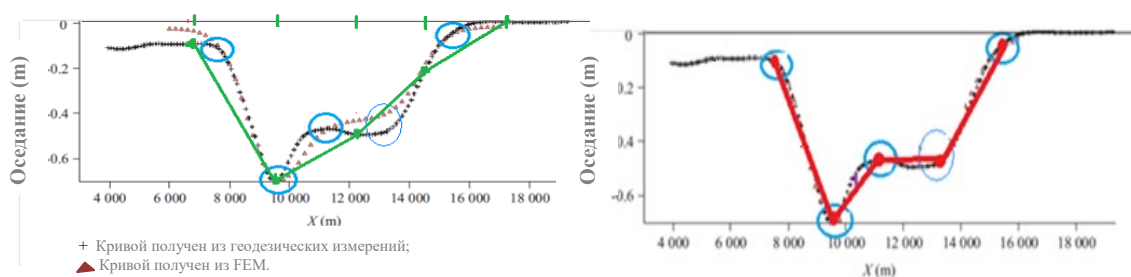
- на кривой модели оседания выделены участки с приблизительно одинаковыми характеристиками (называем их блоками);
- величина оседания имеет максимальное изменение, когда центр текущей области интегрирования лежит на границе резервуара;
- изменение других параметров резервуара ( $C_m$  - коэффициент уплотнения,  $\Delta P$  - изменение парового давления) при их интегрировании и

усреднении по площади резервуара существенно не влияет на вид профиля оседания и на местоположение «критических» точек.

**При выборе оптимального метода создания геодезической сети для оценки деформационных процессов на территории нефтедобычи** рассчитывается точность определения оседания по результатам применения разных сетей.

Выполнена оценка точности получения скорости осадок, необходимая при изучении оседания для двух методов построения геодезической сети. Первый метод является традиционной равномерной сетью и второй - построен на основании геолого-механической модели.

Полученная средняя квадратическая величина отклонения от профиля, полученного по геодезическим данным, обозначена буквой  $m$  для профиля модели, которая  $=0,0089$  условных единиц, а для профиля полученного только из геодезических измерений равномерной сети  $=0,13$  условных единиц, как показано в Рисунке 6 (например, для 5 геодезических измерений).



(а)

(б)






-  пункты геодезической деформационной равномерной пересекающей сети;
-  линейный профиль воронки оседания получен только по геодезическим измерениям по равномерной сети;
-  критические пункты получены по геолого-механическим моделям оседания;
-  реальный деформационный геодезический профиль;
-  линейный профиль, построенный по измерениям в критических точках.

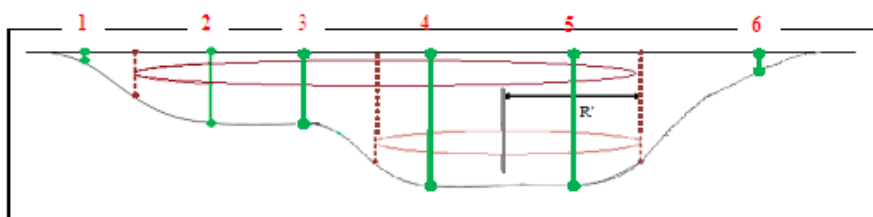
Рисунок 6 - Профили оседания, полученные по (а) измерениям в равномерной сети, (б) измерениям в критических точках от реального деформационного профиля

В результате для получения точности равномерной сети аналогичной точности, получаемой от сети с критическими пунктами, необходимо многократное увеличение числа деформационных пунктов.

В последнем пункте 2 главы выполнено построение предполагаемого профиля оседания для объекта исследования, месторождения Суэдия, по модели Кноте, как указано ранее. Было отмечено, что данный резервуар можно исследовать в двух направлениях: продольно AA', где резервуар неоднородный, и поперечно BB', где резервуар однородный.

В результате интегрирования и суммирования полученных значений оседания для резервуара находим результирующие кривые, первая вдоль поперечного радиуса изображена на Рисунке 4.

Вторая кривая вдоль продольного радиуса изображена на Рисунке 7.





-  Критическая точка;
-  Граница нового резервуара с радиусом  $R'$  на поверхности Земли

Рисунок 7- Профиль оседания резервуара с разной толщиной вдоль большого радиуса эллипсоида и местоположение критических точек на земной поверхности

В полученных графиках в обоих направлениях следует обратить внимание на то, что 1- **максимальное изменение**, где центр текущей области интегрирования лежит на границе резервуара является плавным вдоль (продольного) большого радиуса эллипсоида по сравнению с изменением в поперечном радиусе.

2- максимальное оседание при суммировании в восточной части резервуара будет отличаться **незначительно** из-за небольшого изменения толщины резервуара к востоку.

Выводы второй главы заключаются в построении оптимальной геодезической сети изучения оседания в районе добычи нефти газа на основе модельного метода и определении факторов, влияющих на местоположение критических точек геолого-механической модели оседания.

**В главе 3** для реализации предлагаемого нами метода исследования оседания выполнено нивелирование, соответствующее точности нивелирования второго класса по профилю в пределах нескольких километров. В принятом профиле выделены блоки, соответствующие месторождению резервуарного типа.

Результаты получены по данным наблюдения в прямом и обратном ходах с применением цифрового нивелира (Trimble Dini 0.3 с точностью 0,3 мм на км двойного хода) и оптического (Н-05 с точностью 0,5 мм на км двойного хода) и спутниковым данным относительным методом в режиме RTK. При оценке качества результатов измерений наблюдений получено, что СКП измерения на станции по разности двойных измерений с цифровым нивелиром равно 0,2 мм, с оптическим равно 0,3 мм и со спутниковым в режиме RTK равно 26,95 мм. Так как результаты, полученные цифровым нивелиром, более качественны, далее по этим данным, следует построить искусственную нейронную сеть (ИНС).

Проведена оценка результатов измерения цифрового нивелирования и получено что, практическая невязка равна 0,8мм, ожидаемая невязка равна 1.44 мм, Допустимая невязка равна 2,88 мм.

Полученные значения оседания в геодезических пунктах показаны на Рисунке 8.

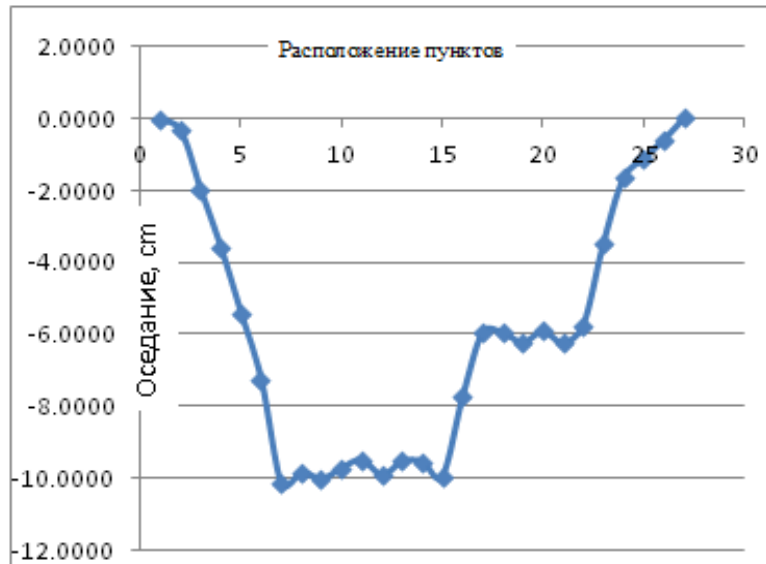


Рисунок 8 – Результативный график оседания из двух циклов

Было принято правило, что оседание ( $\Delta H$ ) выявляется во всех точках профильной линии, если превышает в три раза СКП его определения.

С целью оптимизации **обработки** геодезических данных в районе нефтедобычи предложен блочный метод.

**Суть обработки блочного метода** заключается в разделении территории оседания на несколько блоков на основании геолого-механической модели оседания. У каждого блока свои параметры (размер, направление, скорость оседания и другие характеристики), которые отличаются между собой.

Главным критерием, на основании которого разделены блоки, является постоянство скорости и постоянство изменения скорости оседания.

#### **Особенности применения блочного метода:**

Характеристика оседания определяется с максимальной точностью на участке (в блоке), где скорость деформации в модели максимальная, а на участках с минимальной скоростью деформации оседание вычисляется по известным связям блоков модели.

Модельные параметры связи на начальном этапе измерений принимаются теоретически, в дальнейшем при накоплении измерительного материала они корректируются.

Как правило, деформация считается достоверной только когда выполняется данное неравенство:

$$v > 3m_v, (4)$$

Тогда :

$$m_v = \frac{\sqrt{2}}{T} \cdot m_H, (5)$$

где  $v$  – скорость оседания;  $m_v$  – СКП определения скорости оседания;  $m_H$  – СКП высоты (координат) пунктов земной поверхности;  $T$  – период проведения повторных измерений.

Из этого следует:

— если выбираемый период повторного наблюдения для профиля оседания единый на всех блоках, то точность вычисления скорости оседания разная;

— если точность измерения постоянная во всех блоках, тогда выбираемый период различен.

Блочный метод рекомендуется применять для определения и прогноза оседания за малое время с требуемой точностью в тех местах, где СКО метода измерения не позволяет его измерить.

В третьей главе проведены геодезические работы в двух видах нивелирования, наземном и спутниковом, с целью подтверждения геолого-механической модели оседания и определены параметры связи блоков модели с помощью блочного метода, оптимизирующего геодезический мониторинг и интервал наблюдения.

**В главе 4 рассмотрено применение искусственной нейронной сети (ИНС) при изучении деформации земной поверхности на основании радиальной базисной функции (РБФ), обеспечивающей точность и существующие взаимосвязи значений оседания в точках ЗП.**

Использование нейронной сети имеет ряд преимуществ перед традиционными методами анализа и прогнозирования деформации, так как



блок обеспечивается локальной частью нейронной сети с целью осуществления следующих задач:

- 1 Анализ и представление геодезических измерений в виде базы данных.
- 2 Создание картины прогноза на основании базы данных.

**Общая характеристика построения (РБНС):**

Данная РБНС является двухслойной сетью, где выход первого слоя является сигналом влияния центров (С) на точку (х) обозначен (W), который получен по данной матричной формуле:

$$W = \left( H^T \cdot H \right)^{-1} \cdot H^T \cdot Y, \quad (6)$$

где Y – значения выполненных измерений;  
H – характеристическая матрица.

$$H = \begin{bmatrix} h_1(x_1) & h_2(x_1) & \dots & h_m(x_1) \\ h_1(x_2) & h_2(x_2) & \dots & h_m(x_2) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ h_1(x_N) & h_2(x_N) & \dots & h_m(x_N) \end{bmatrix}, \quad (7)$$

где  $h_m(x_n)$  – радиальная базисная функция активации сети, (m - количество центров, n - количество измерений,  $n=m$  при интерполяции).

Выход второго слоя является вычисленным значением оседания в произвольной точке (Xi) между известными значениями измерений, обозначено буквой Y(выч), которое считается по формуле:

$$Y(\text{выч})_i = X_i * H * W \quad (8)$$

**Структура** радиально-базисной нейронной сети (РБНС) показана на Рисунке 9.

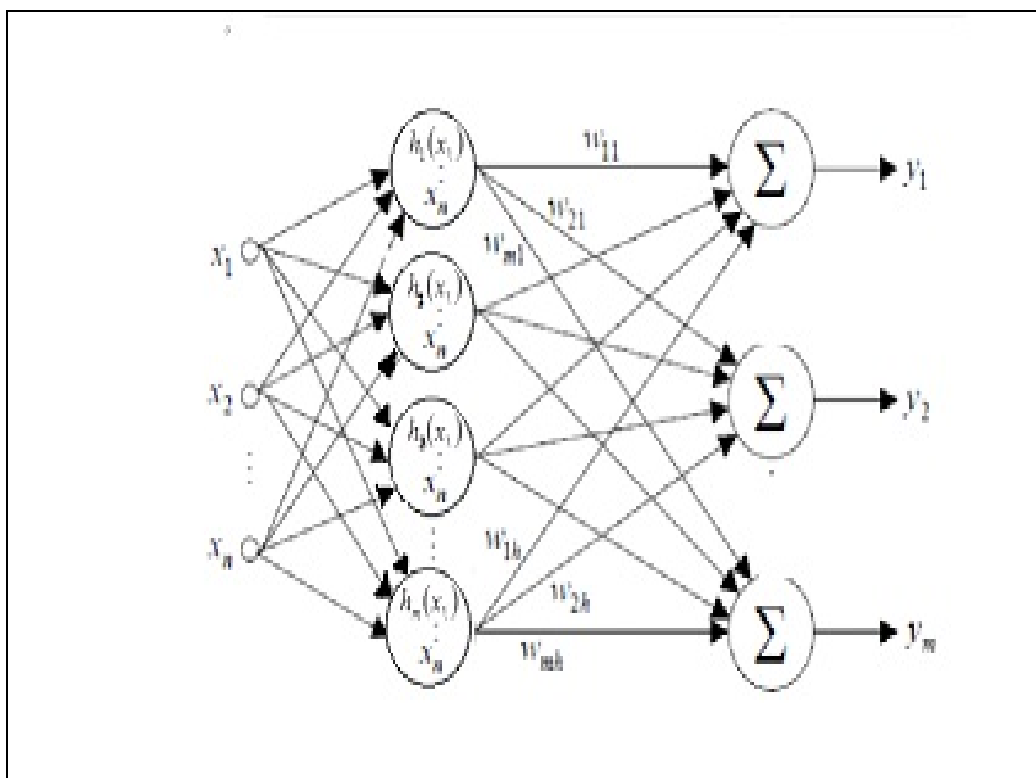


Рисунок 9 - Структура двухслойной радиально-базисной нейронной сети

### Этапы обучения ИНС:

При экспериментальном исследовании построена ИНС для точек, размещённых на одинаковых расстояниях. Однако, как заметно раньше, точки, в которых проводятся геодезические измерения, размещены на разных расстояниях по критическим пунктам геолого-механической модели. Для исключения данного противоречия в каждом блоке получена аппроксимирующая кривая оседания по результатам геодезических измерений с использованием программы Excel. На данной кривой размещены пункты, являющиеся входами ИНС на одинаковых расстояниях. Затем, для упрощения задачи использования ИНС применяем нормирование в плане и по высоте для значений координат пунктов.

Выполненные расчеты позволяют сделать следующие выводы:

1 Допустимые ошибки наблюдаются на краях области, где они увеличиваются при перемещении от центральной к периферийным зонам (от центра к краям).

2 При исследовании переменного слабо меняющегося сигнала использовался синусоидальный сигнал с амплитудой 10% от величины сигнала. Наилучший результат получается при количестве сигналов равном 15.

3 Для небольших амплитуд сигнала (порядка 5-10%) параметр настройки можно считать постоянным. (Если амплитуда небольшая, параметр настройки ( $a$ ) не меняется).

4 С увеличением частоты сигнала в 2-3 раза (уменьшением периода) ошибка незначительно возрастает.

5 Для небольших наклонов (3-5 минут) и больших наклонов параметр настройки остается постоянным.

Для реальных оседаний максимальный наблюдательный наклон блока не превышает 5 минут.

Данные выводы получены для конкретного количества пунктов и нормированного расстояния между пунктами.

**В последнем пункте 4 главы** описано применение ИНС для представления результатов геодезических измерений в разных блоках модели оседания, полученных при экспериментальной полевой работе, где возникла возможность разделения графика на семь блоков, показанных на Рисунке 10.

Здесь рекомендуется выбрать количество пунктов равное 11 в блоках, имеющих наклонные графики, а в блоках, имеющих относительно постоянные графики, выбрано 15.

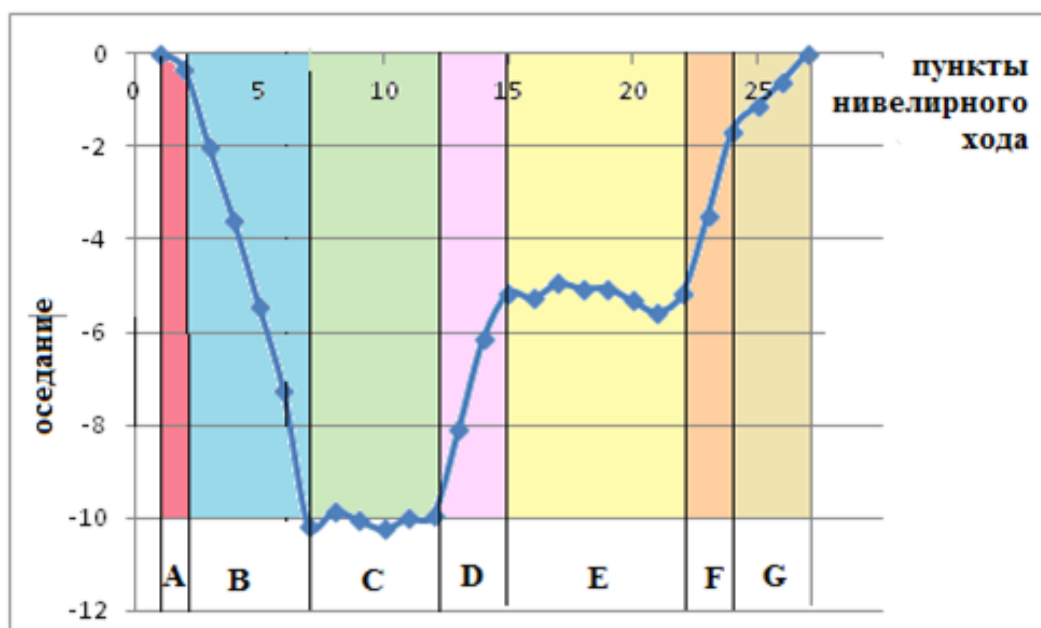


Рисунок 10 - Разделение полученного графика оседания на разные блоки (A, B, C, D, E, F, G, H) на основании изменения скорости оседания

Таблица 4 – Результаты применения ИНС в блоке D

$v$	$x (l)$	$y(\Delta H)$
	0	-1
0.000542	0.05	-0.97829
	0.1	-0.95306
0.000233	0.15	-0.92609
	0.2	-0.89789
0.000116	0.25	-0.86828
	0.3	-0.83749
4.49E-05	0.35	-0.80632
	0.4	-0.77487
9.94E-06	0.45	-0.74365
	0.5	-0.71302
6.86E-05	0.55	-0.68326
	0.6	-0.65496
1.98E-05	0.65	-0.62827
	0.7	-0.60369
1.79E-05	0.75	-0.58155
	0.8	-0.56221
2.73E-05	0.85	-0.54605
	0.9	-0.53352
0.000247	0.95	-0.52517
	1	-0.52064

Таблица 3 - Значение оседания в размещенных 11 пунктах в блоке D

$x (l)$	$y(\Delta H)$
0	-1.000
0.1	-0.953
0.2	-0.898
0.3	-0.837
0.4	-0.775
0.5	-0.713
0.6	-0.655
0.7	-0.604
0.8	-0.562
0.9	-0.534
1	-0.521

В качестве примера выполненного исследования в блоке D оптимальный выбор количества пунктов был 11, размещенных на одинаковом расстоянии, с параметром настройки  $a = 10$  при аппроксимации кривой оседания и нормировании её сигналов в плане и по высоте.

Координаты 11 пунктов блока D представлены в таблице 3.

Результаты применения ИНС размещены в таблице 4 с указанием отклонения ( $v$ ) полученного значения промежуточных пунктов от оптимального.

Было отмечено, что:

- полученные результаты подтверждают выводы, полученные в ходе теоретической разработки;
- во всех пунктах ИНС обеспечивает точность с ошибкой меньше в три раза ошибки измерения в данных пунктах.

В результате применения нейронной сети для кривой оседания, полученной по экспериментальной полевой работе, выделены следующее преимущества:

- определение значения оседания в промежуточных точках между геодезическими точками вдоль профильной линии или на площади нефтяного месторождения;
- определен закон распределения оседания и характер изменения параметров модели оседания.

### **Заключение**

В итоге работы по теме диссертации:

— Выполнен анализ традиционных геодезических методов при исследовании просадок, на основе которого определены необходимая точность и виды геодезических работ для решения поставленной задачи.

— На основе анализа традиционных геодезических методов и геолого-механических моделей оседания при построении геодезической сети для изучения осадок нефтяного месторождения резервуарного типа предлагается модельная методика, основанная на модели Кноте, которая позволит:

1 Повысить точность и достоверность параметров оседания по результатам геодезических измерений.

2 Существенно уменьшить количество пунктов геодезической сети.

3 Определить оптимальное распределение деформационных геодезических пунктов на земной поверхности, положение которых определяется по размещению критических пунктов.

— Результаты измерений оседания полученных по данным нивелирования второго класса на специальном полигоне, подтверждают результаты теоретических выводов, полученных по результатам анализа модельного метода исследования деформаций. Результаты измерений оседания были обработаны с применением разработанного в диссертации блочного метода.

— Предложен и разработан блочный метод получения и анализа оседания, позволяющий определить более надежное значение интервала между циклами наблюдения, повысить точность определения параметров оседания и выявлять связи между параметрами оседания в разных блоках модели.

— Разработана и построена двухслойная нейронная сеть, выполнены исследования по выбору функции активации сети и определению параметров настройки сети для отдельных блоков модели.

— Представлены результаты нивелирных измерений оседания, полученных при постановке экспериментальных измерений в виде базы данных и получены окончательные результаты обработки измерений с применением искусственной нейронной сети.

**Рекомендации.** При освоении месторождения Суэдия в САР рекомендуется:

1) Применение модельного метода с учётом особенности данного резервуара и геологоразведочных данных.

2) На основе модельного метода осуществлять выбор критических точек и применяя блочный метод с учётом параметров модели оседания составит

проект оптимальной геодезической сети, включающий деформационные пункты сети, их расположение и организацию порядка выполнения мониторинговых измерений.

3) Для предложенной модели составит проект двухслойной ИНС с учётом результатов исследования, полученных в диссертации.

**Перспективы.** Результаты диссертационного исследования могут найти широкое применение при геодезическом сопровождении разработки углеводородных месторождений резервуарного типа в САР.

### **Список публикаций по теме диссертации**

1 **Кутени Джад Аль Карим.** К выбору оптимального метода создания геодезической сети при оценке деформационных процессов на территории нефтедобычи / Кутени Джад Аль Карим // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. - № 2.- 2018.- с. 7

2 **Кутени Джад Аль Карим, Баранов В.Н.** Определение профиля поверхности оседания на территории нефтедобычи при проектировании геодезических наблюдений / В.Н. Баранов, Джад Аль Карим Кутени // Вестник СГУГиТ. - Том 23.- № 2.- 2018.- с. 17

3 **Кутени Джад Аль Карим, Баранов В.Н.** Построение геодезической сети для изучения деформационных процессов на территории нефтедобычи / В.Н. Баранов, Джад Аль Карим Кутени // Труды научного конгресса международного научно – промышленного форма Великие реки - 2018. - Том 1.– 2018. – с. 9

4 **Кутени Джад Аль Карим.** Деформационные явления при разработке Суэдия месторождения нефти и газа Сирийской Арабской Республики / Джад Аль Карим Кутени // Научные исследования и разработки молодых ученых для развития АПК: сб. науч. работ. — Москва: Изд-во Государственного университета по землеустройству, 2018. – Том 1. – С. 257-262

**5 Кутени Джад Аль Карим, Баранов В.Н.** Построение геодезической сети для изучения деформационных процессов на территории нефтедобычи / В.Н. Баранов, Джад Аль Карим Кутени // Землеустроительное образование и наука: из XVII в XXI век: меж. сб. науч. работ. — Москва: Изд-во Государственного университета по землеустройству, 2018. — Том 2. — С. 257-262

**6 Кутени Джад Аль Карим, Баранов В.Н.** Применение модельного подхода для оценки профиля оседания на территории нефтедобычи / В.Н. Баранов, Джад Аль Карим Кутени // Землеустроительное образование и наука: из XVII в XXI век: меж. сб. науч. работ. — Москва: Изд-во Государственного университета по землеустройству, 2018. — Том 2. — С. 257-262