

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Лисяк В.В., Калашиников В.А., Тищенко В.А.* Разработка высокопроизводительных САПР на базе Супермакрокомпьютера // Материалы Всесоюзного семинара «Создание интеллектуальных САПР СБИС и электронных средств». – М.: Радио и связь, 1990.
2. *Лисяк В.В., Лисяк Н.К.* Стохастические методы размещения и компоновки БИС в параллельных ЭВМ с перестраиваемой архитектурой // Известия ТРТУ. Тематический выпуск «Интеллектуальные САПР». Материалы международной научно-технической конференции. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 1999, №3. – С. 200-203.
3. *Берштейн Л.С., Лисяк В.В., Рабинович В.А.* Сб. Методы расчёта и автоматизация проектирования устройств микроэлектронных ЦВМ. ИК АН УССР. – Киев, 1975. – С. 39-52.
4. *Лисяк В.В., Курейчик В.М., Соколец М.Г.* Устройство для решения комбинаторно-логических задач. А.С.2019454, СССР. № 482751; Приоритет от 22.04.74; Бюллетень № 32 от 30.08.75
5. *Берштейн Л.С., Лисяк В.В., Рабинович В.А.* Ячейка однородной среды. А.С. 2051062, СССР. - № 646328; Приоритет от 9.08.74; Бюллетень № 5 от 5.02.79.

А.И. Долгий, А.Е. Хатламаджиян

**ГИБРИДНАЯ МОДЕЛЬ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДЕФОРМАЦИЙ В
БАЛЛАСТНОЙ ПРИЗМЕ И ОСНОВНОЙ ПЛОЩАДКЕ ЗЕМЛЯНОГО
ПОЛОТНА НА ОСНОВЕ ЦЕЛЕВОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ХАФА И
НЕЙРОННОЙ СЕТИ КОХОНЕНА***

С ростом интенсивности перевозочного процесса на железных дорогах происходит повышение динамического воздействия поездов на нижнее строение пути. Его деформации оборачиваются дорогостоящими перерывами в движении поездов, снижением участковой скорости и могут приводить к необратимым последствиям.

Как показывает практика, надзор за полотном, основанный преимущественно на визуальном контроле, зачастую оказывается неэффективным. Поэтому в настоящее время активно применяется георадиолокационные методы контроля, позволяющие восстанавливать структуру зондируемой среды по данным георадара. При этом возникает задача автоматической локализации и интерпретации деформаций слоев земляного полотна.

В общем случае дефекты такого рода, условно разделяются на два класса, в зависимости от поведения их фазовых линий: локальное понижение фазовой линии, свидетельствующее о наличии дефекта основной площадки земляного полотна, и разрывы фазовой линии, свидетельствующие о наличии в теле земляного полотна рыхлого грунта.

Первичную классификацию осуществляет гибридная модель локализации аномалий и восстановления структуры земляного полотна по георадиолокационным данным, объединяющая два различных метода обработки информации: целевое преобразование Хафа для обнаружения гипербола и искусственная нейронная сеть Кохонена. Структурная схема гибридной модели представлена на рис.1.

В предлагаемой гибридной модели вначале детектируются балластные мешки первой категории. Эта задача решается в два этапа.

На первом этапе производится выделение информативных пиков радарограммы с помощью одноименного модуля (МВИП), основанном на использовании многослойного персептрона [3].

* Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты № 07-01-00075, № 07-07-00010)

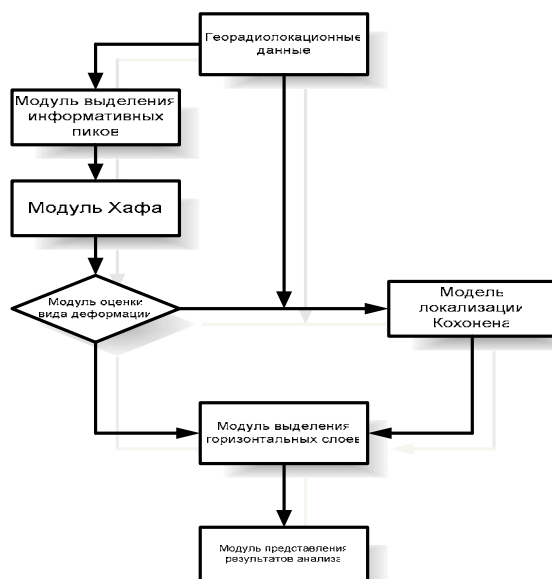


Рис.1. Структурная схема гибридной модели

После интеллектуальной фильтрации радарограммы МВИП формируется ее бинарное изображение. Рассматриваемая в качестве примера радарограмма получена при георадиолокационном профилировании вдоль железнодорожного пути, а ее бинарное изображение представлено на рис.2.

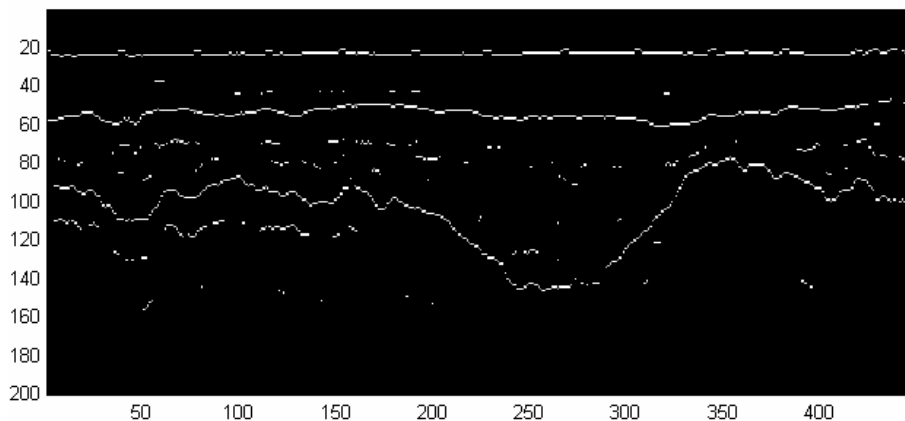


Рис.2. Радарограмма интеллектуально отфильтрованная МВИП

На втором этапе, непосредственно осуществляется детектирование дефектов земляного полотна первого класса, которое реализует модуль преобразования Хафа. Указанный модуль осуществляет «целевую» реализацию одноименного преобразования.

Преобразование Хафа используется для решения задач поиска или идентификации объектов заданной формы: прямых, окружностей, гипербол и т.п. Оно позволяет выделять на изображениях прямые и другие аналитические объекты, даже

если изображения зашумлены или объекты имеют разрывы. При решении конкретных прикладных задач, учитывая их особенности, можно разрабатывать модификации преобразования Хафа, работающие значительно эффективнее классического преобразования. [4]. В настоящей работе предлагается «целевой» итерационный алгоритм преобразования Хафа для автоматического детектирования совокупностей информативных пиков соответствующих гиперболам с неизвестными вещественной – a и мнимой – b полуосями. Предлагаемая модификация этого преобразования основана на том факте, что внешний вид балластной просадки (мешка, корыта или ложа) напоминает форму гиперболы (рис.3).

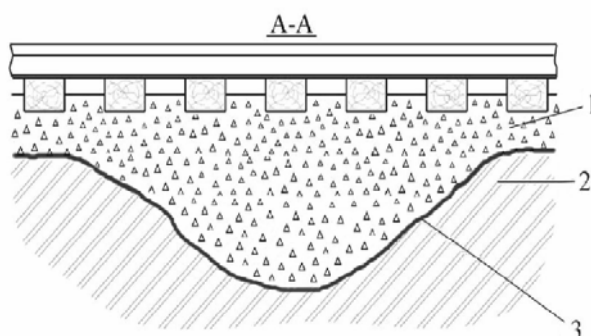


Рис.3. Продольный профиль земляного полотна: 1) балластное ложе; 2) глинистые грунты; 3) контакт балласта и глинистых грунтов.

В основу классического преобразования Хафа положена идея перехода от совокупности точек, представленных физическими координатами в пространстве $X \times Y$, к совокупностям проходящих через них прямых $x \times \cos\theta + y \times \sin\theta = R$ [5].

В нашем случае осуществляется переход от совокупностей ИП представленных физическими координатами в пространстве $X \times Y$, к совокупностям проходящих через них гипербол, вычисляемых по формуле:

$$\left(\frac{y - y_0}{b}\right)^2 - \left(\frac{x - x_0}{a}\right)^2 = 1,$$

где a – вещественная полуось; b – мнимая полуось.

В связи с тем, что балластный мешок соответствует только одному из четырех возможных положений гиперболы, детектируемая фигура имеет вид, представленный на рис.4.

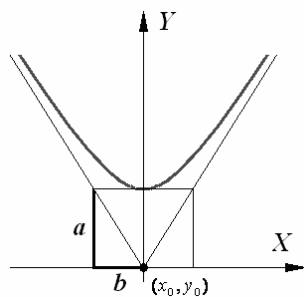


Рис.4. Внешний вид детектируемой гиперболы

В отличие от классического, в «целевом» преобразовании Хафа, через точку (x, y) проводится конечное число гипербол с разными центрами (x_0, y_0) , т.е. каждой точке (x, y) изображения соответствует набор точек в пространстве центров $X_0 \times Y_0$, образующий гиперболу G (рис.5).

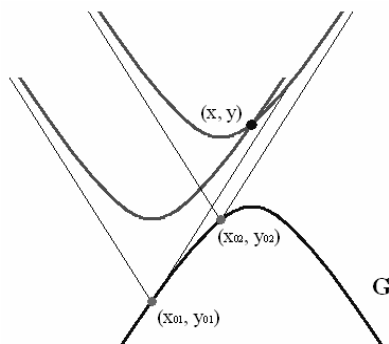


Рис.5. Принцип формирования гиперболы G

На практике размеры и форма балластных просадок колеблются в некоторых пределах. Поэтому одной из специфических особенностей нашего «целевого» преобразования является автоматический подбор значений полуосей a и b наиболее адекватных форме деформации. Очевидно, что небольшие плавные отклонения границы раздела грунтов от горизонтальной оси нельзя считать интересующими нас неоднородностями. Исходя из этого, вводится пороговое значение формы аппроксимирующей гиперболы (АГ). В проведенных экспериментах угол между асимптотами АГ не превышал 140° или $b/a \leq 2$.

Бинарное изображение, полученное на выходе МВИП, поступает на вход модуля преобразования Хафа, в котором итерационно осуществляется «целевое» преобразование с разными значениями полуосей a и b . За одну итерацию выполняется процедура перехода из физического пространства $X \times Y$ в пространство центров $X_0 \times Y_0$ с текущими величинами a и b . После чего в этом пространстве определяется точка с максимальной яркостью, соответствующая центру гиперболы. Яркость центра численно равняется количеству точек, аппроксимируемых гиперболой. Значение текущей яркости заносится в матрицу размерами $a \times b$ таким образом, что текущим a и b соответствует максимальное значение яркости пространства центров $X_0 \times Y_0$. Карта яркостей для представленной волновой картины изображена на рис.6.

На следующем шаге, на карте яркостей выбирается максимальное значение I_i^{\max} (где i – номер итерации), которому соответствуют некоторые a и b . В рассматриваемом случае $a=7$, $b=10$, т.е. форма предполагаемой АГ определена. Затем в модуле оценки вида деформации производится сравнение величины I_i^{\max} с пороговым значением яркости, которое соответствует минимальному количеству ИП, принадлежащих АГ (подбирается эвристически). Если яркость I_i^{\max} превышает пороговое значение, значит, на радарограмме присутствует деформация первой категории. В противном случае модуль оценки вида деформации активизирует модуль локализации Кохонена, описываемый ниже.

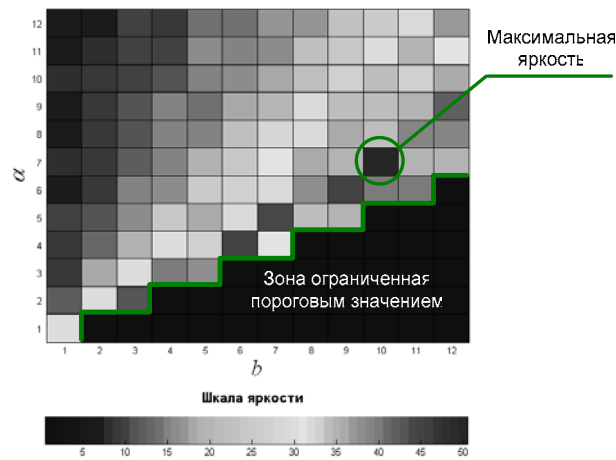
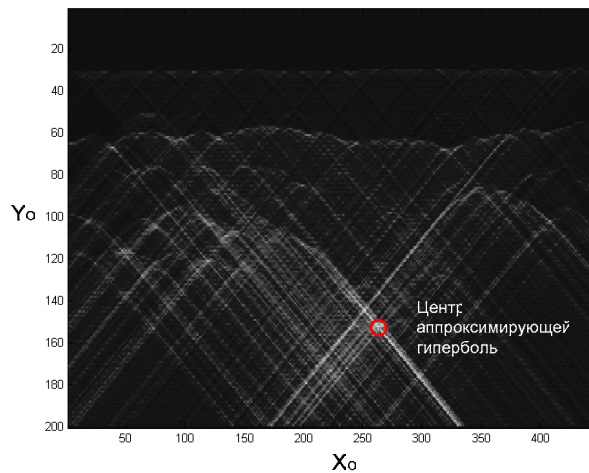


Рис.6. Карта яркостей

В рассматриваемом примере значение пороговой яркости принималось равным 30. Так как яркость I_1^{\max} превышает пороговое значение (см. рис.6), на волновой картине присутствует деформация первого класса. Для нахождения центра АГ осуществляется восстановление пространства центров $X_0 \times Y_0$ для ранее полученных a и b (рис.7).

Рис.7. Пространство центров $X_0 \times Y_0$ для $a=7$, $b=10$

Далее в пространстве $X_0 \times Y_0$ осуществляется поиск найденного значения I_1^{\max} , т.е. точки, которая является общей для большинства сформированных гипербол. Другими словами, она представляет собой центр АГ. После проделанных процедур на волновой картине однозначно детектируется самая большая балластная просадка, а все вошедшие в нее ИП удаляются из дальнейшего рассмотрения. Процедура Хафа повторяется до тех пор, пока количество точек соответствующих очередной АГ станет меньше порогового значения яркости. На приведенной волновой картине модуль Хафа детектировал две балластных просадки.

После удаления из рассмотрения ИП обнаруженных деформаций зондируемой среды можно считать, что оставшиеся границы разделов грунтов имеют строго горизонтальную форму. Полученная радарограмма поступает на вход модуля выделения горизонтальных слоев. Принцип его работы основан на применении метода скользящего окна (СО). Размер СО по горизонтали принимается равным общему числу трасс радарограммы, а по вертикали – подбирается эвристически (в проведенных экспериментах равен 15). Это окно передвигается построчно сверху вниз по волновой картине. Для каждого положения СО вычисляются значения общего количества ИП попадающих в него, которые формируют кривую изображенную синим цветом на рис.8.

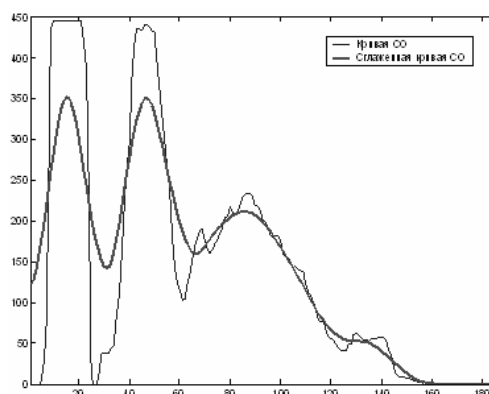


Рис.8. График кривых СО

К полученной диаграмме применяется процедура гауссовского сглаживания, после чего на кривой изображенной, на рисунке красным цветом выделяются локальные максимумы. По ним можно судить о количестве и положении недеформированных горизонтальных слоев в зондируемой среде.

Всего в рассматриваемом примере можно выделить три локальных максимума. В виду того, что рассматриваемая волновая картина охватывает сравнительно небольшую длину земляного полотна (порядка 20 м), удаление ИП найденных АГ существенно сокращает количество ИП принадлежащих границе деформированного слоя. Поэтому на графике амплитуда третьего локального максимума значительно меньше первых двух.

Обнаруженные границы раздела грунтов и соответствующие им деформации представляют формализованную модель зондируемого почвенного покрова, изображенную на рис.9.

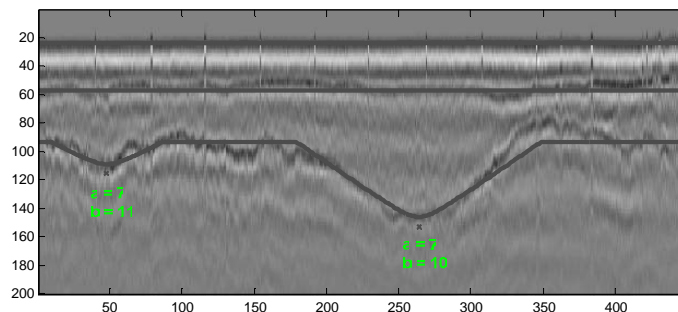


Рис.9. Формализованная модель радарограммы

Такая интерпретация георадиолокационных данных возможна только при наличии на волновой картине первого класса дефектов земляного полотна.

Таким образом, описанная модель реализует один из вариантов гибридного подхода к решению задачи автоматической интерпретации георадиолокационных данных на железнодорожном транспорте [6]. Идея использования комбинированного подхода является перспективным направлением в исследовании слабо формализованных процессов [7], каким является георадиолокационный процесс. В дальнейшем планируется опираться на анализ накопленной статистики по результатам работы модели, представленной в виде совокупности эмпирических данных, с использованием нескольких классов поддерживающих моделей. Важную роль при этом будут играть интеллектуальные модели, основанные на экспертных знаниях и моделировании человеческой системы обработки информации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Серебряников И.В.* Анализ состояния и основные проблемы усиления инженерных сооружений на сети дорог // Труды II-ой научн.-техн. конф. с международным участием «Современные проблемы проектирования, строительства и эксплуатации земляного полотна и искусственных сооружений». – М.: МИИТ, 2005. – С. 10.
2. *Помозов В.В., Семейкин Н.П.* Георадар как универсальный поисковый прибор // Специальная техника. – 2001, № 2. – С. 2-6.
3. *Долгий А.И., Ковалев С.М., Хатламаджиян А.Е.* Модель локализации неоднородностей в георадиолокационных данных на основе нейросетей Кохонена // Известия ТРТУ. Тематический выпуск «Интеллектуальные САПР». – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2006, №8. – 232 с.
4. *Вершок Д.А.* Алгоритмические средства обработки и анализа изображений на основе преобразования Хафа // Диссертация. Минск, 2002.
5. <http://ict.edu.ru/ft/002407/num1degt.pdf>
6. *Явна В.А., Грицьук В.И. и др.* Проведение измерений и интерпретация георадиолокационной съемки земляного полотна с выдачей рекомендаций для проектов его усиления / Методические указания. – Ростов-на-Дону: Изд-во РГУПС, 2004.
7. *Кулаицев А.П.* Методы и средства комплексного анализа данных. – М.: Форум–Инфра, 2006.

В.А. Литвиненко, С.А. Ховансков

АЛГОРИТМ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ ВРЕМЕНИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ НА ОСНОВЕ МУЛЬТИАГЕНТНОЙ СИСТЕМЫ*

Существует ряд задач требующих огромных вычислительных затрат и имеющих ограничения по времени решения. Решения таких задач выполняют на специализированной вычислительной системе, состоящей из нескольких центров обработки информации [1].

Существует класс редко повторяемых задач. Создавать под каждую из них новую вычислительную систему не имеет смысла. Проще такие задачи решать на легкодоступном оборудовании. Наиболее приемлемым вариантом является использование для решения задач обычной компьютерной сети, состоящей из нескольких машин обменивающихся между собой пакетами данных по любой сетевой технологии [2]. Решение может быть осуществлено путем распределения ме-

* Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты № 07-01-00511, № 06-01-00272) и программ развития научного потенциала высшей школы 2006-2008 гг. (РНП.2.1.2.3193, РНП 2.1.2.2238).