

ОБРАБОТКА ДВУМЕРНЫХ СИГНАЛОВ В ЗАДАЧЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ РЕЛЬСОВ

Давыденко Е.В., Приоров А.Л.

Ярославский государственный университет им. П.Г.Демидова
150000, Россия, Ярославль, ул. Советская, 14. Тел. (0852) 79-77-75. dcslab@uniyar.ac.ru

Железнодорожный транспорт – один из самых дешевых и эффективных видов транспорта в России и большинстве других стран. Его эффективность напрямую зависит от сохранности грузов и пассажиров, поэтому обеспечение безопасности железнодорожного движения является важнейшей задачей [1-2].

Неразрушающий контроль (НК) – эффективное, а в ряде случаев, единственно возможное средство предотвращения чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте из-за излома рельсов и других ответственных объектов по дефектам в них [3].

Одним из новейших достижений науки и техники в области НК на железнодорожном транспорте являются внедрение дефектоскопных автомотрис. Дефектоскопные автомотрисы типа АДЭ [4] оборудуются программно-аппаратными комплексами типа «ЭХО-Р» и «ЭХО-КОМПЛЕКС». Процесс контроля состояния железнодорожного полотна на данных автомотрисах проводится в 3 этапа:

1. Дефектоскопная автомотриса проезжает заданный участок пути. Снимаемые в процессе проезда ультразвуковые данные оцифровываются и записываются на носитель (CD-ROM) в цифровом виде.

2. По прибытию автомотрисы на место стоянки данная запись передается эксперту для последующего анализа. Эксперт производит анализ дефектограмм и выносит решение о наличии дефектных рельсов, указывает их координаты и текущее состояние.

3. Рельсы, признанные дефектными, заменяются.

Процесс анализа ультразвуковых дефектограмм производится вручную - эксперт просматривает все снятые данные и отмечает места, где (на его взгляд) расположены дефекты [7]. Далее эти подозрительные места просматриваются снова, и выносятся решения об их состоянии. При этом на эксперта возлагается сложная и ответственная задача, сопряженная с постоянной концентрацией внимания [8].

Так как снятые дефектограммы хранятся в цифровом виде на ЭВМ, то возможно использование алгоритмов цифровой обработки сигналов для улучшения качества их обработки как экспертом, так и экспертной программой. Дополнительные возможности вытекают из того факта, что снятые дефектограммы легко приводятся к виду двумерного цифрового сигнала, т.е. фактически представляют собой цифровое изображение. Это позволяет использовать классические схемы обработки цифровых изображений.

На рис. 1 представлен фрагмент ультразвуковой дефектограммы рельсов, снятой на участке Ярославль-Рыбинск в 2004 году дефектоскопом «ЭХО-КОМПЛЕКС». Как видно из рисунка, дефектограмма зашумлена. Это снижает эффективность работы эксперта, а так же существенно усложняет задачу построения автоматизированной экспертной системы. Так же на этой дефектограмме можно видеть изображение стыка двух рельсов (ряд прямых с наклоном приблизительно $\pm 45^\circ$ относительно горизонтальной оси).

В процессе снятия дефектограмм вагон-дефектоскоп проезжает один и тот же участок пути по несколько раз в месяц в плановом порядке, но эксперт анализирует только последнюю дефектограмму без учета предыдущих. Однако учет предыдущих проездов одного и того же участка рельсов может дать целый ряд важных сведений (можно проследить динамику развития дефектов и т.д.), а так же позволяет существенно улучшить качество дефектограммы.

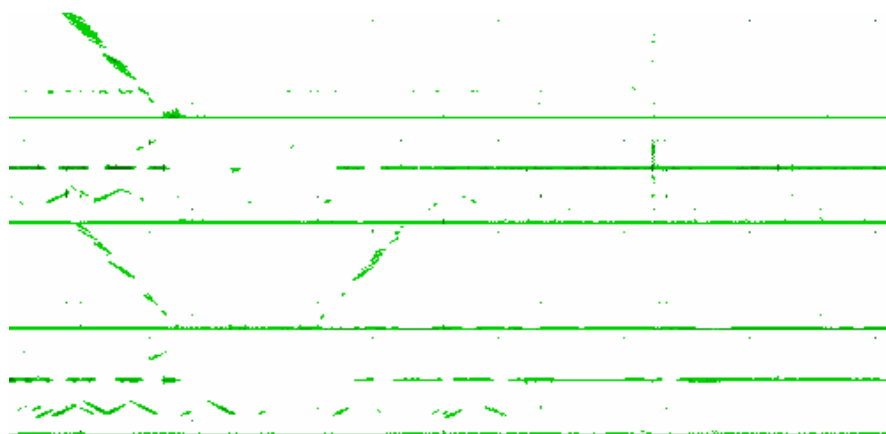


Рис. 1. Пример ультразвуковой дефектограммы

На данный момент учет предыдущих проездов не производится из-за сложности выделения одного и того же участка рельсов на разных проездах, т.к. путевая координата определяется вагоном-дефектоскопом с недостаточной точностью. Это приводит к тому, что эксперт не знает, один и тот же участок пути он анализирует или два различных. Внедрение же систем точного позиционирования на вагоне-дефектоскопе требует существенных материальных затрат и значительного усложнения системы.

В работе разработан метод точного совмещения двух и более различных по времени проездов одного и того же участка рельсов.

В качестве способа вычисления относительного смещения двух и более проездов предложен метод совмещения по «стыковым диаграммам». Метод основан на том, что вследствие различных ландшафтных и иных условий длина одного рельса на рельсовом полотне строго не нормирована и различается для разных участков. Как следствие, схема расположения стыков рельсов на определенном участке пути (т.н. «стыковая диаграмма») специфична. Поэтому, подбирая относительное смещение проездов до того момента, когда стыковые диаграммы совпадут с наименьшей ошибкой, можно с достаточной точностью определить одни и те же места на различных проездах.

Таким образом, предложенная процедура обработки состоит из следующих этапов:

1. Вычисление относительных координат стыков на двух проездах.
2. Совмещение двух проездов по полученным стыковым диаграммам.
3. Обработка данных с использованием совмещенных проездов.

В качестве алгоритма обнаружения стыков используется поиск по параметрически заданной маске. Метод основан на том, что независимо от погодных условий и других факторов характерные линии на ультразвуковой диаграмме рельса в месте стыка не меняют угол своего наклона. Поэтому поиск стыков можно производить сравнением текущего фрагмента ультразвуковых данных с заданной маской. Маску можно приближенно представить как две прямые линии заданной длины, расположенные под определенным углом. Для уменьшения вероятности ложных срабатываний в маску добавлены еще две горизонтальные прямые, суммируемые с отрицательным знаком. При этом суммарный вклад положительных и отрицательных прямых на участке «шумящих рельсов» уравнивается друг друга, и вероятность ложного срабатывания существенно снижается.

Так же для уменьшения вероятности ложного обнаружения в программу добавлена возможность изменения порога срабатывания детектора стыков, исходя из информации о количестве ложно обнаруженных стыков. Для работы этого алгоритма эксперт должен дать программе команду на изменение порога, указав ошибочно обнаруженные стыки. При этом алгоритм будет варьировать порог срабатывания таким образом, чтобы при повторном обсчете проезда соотношение ложно и не ложно обнаруженных стыков было минимальным, и при дальнейшем обсчете будет использоваться уже новое значение порога срабатывания.

Из-за своей шумовой природы положение отдельных шумовых сигналов на ультразвуковой дефектограмме носит случайный характер. Из этого следуют два вывода:

1. При статистическом усреднении дефектограмм интенсивность точек, представляющих собой шум, уменьшится. Интенсивность же точек, отображающих дефекты, не изменится (рис. 2).

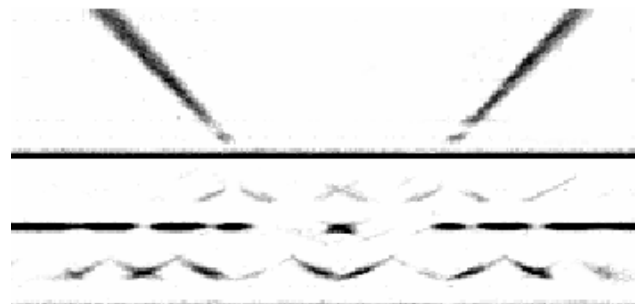


Рис. 2. Результат усреднения по шести проездам

2. Если провести импликацию (логическую операцию «И») между двумя ультразвуковыми изображениями, то точки, представляющие собой шум, будут отсеяны (на рис. 3 сверху – изображение стыка до импликации, снизу – после импликации). После обработки изображене становится значительно чище, но интенсивность нешумовых сигналов так же уменьшается.

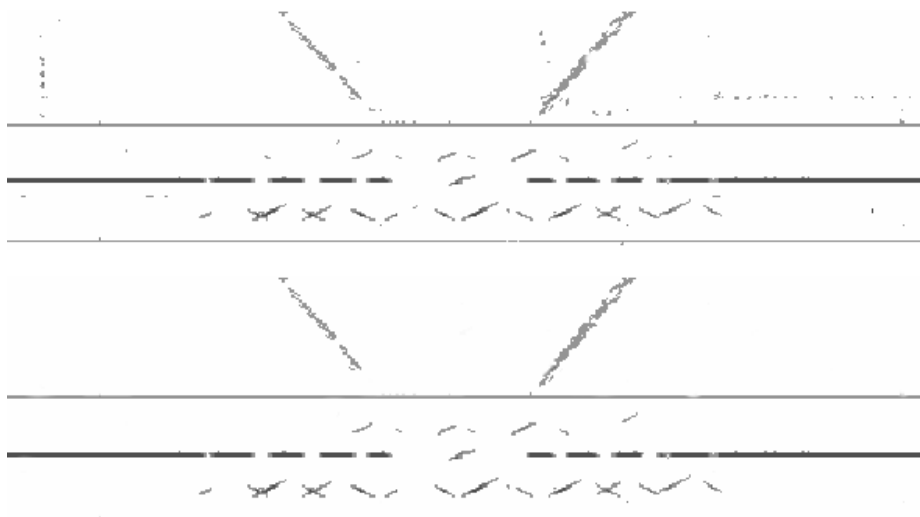


Рис. 3. Результат импликации. Сверху – изображение стыка до импликации, снизу – после импликации

В ходе дальнейших исследований для проверки эффективности предобработки реализована автоматизированная экспертная система начального уровня. Она производит поиск дефектных стыков путем подсчета количества точек, попавших в области, наиболее часто содержащие дефекты. Это количество сравнивается с заданным порогом, и на основании его превышения выносится решение о наличии дефекта.

На рис. 4 представлена общая схема разработанной системы. При дальнейшем усовершенствовании экспертной системы возможен переход на новый уровень автоматизации системы, при котором эксперт будет играть лишь контролирующую роль.

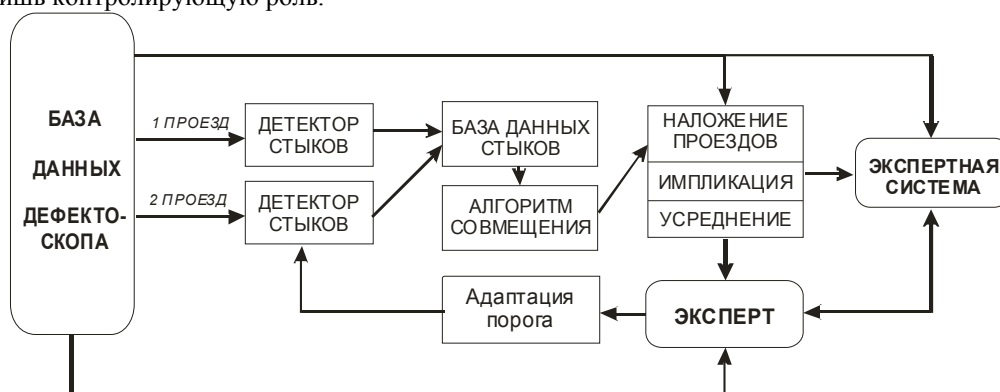


Рис. 4. Общая схема предложенной системы обработки данных с ультразвукового дефектоскопа

Таким образом, в работе предложен новый метод обработки двумерных сигналов в задаче ультразвуковой дефектоскопии рельсов, а так же реализована автоматизированная экспертная система начального уровня. Предложенный метод позволяет повысить эффективность работы эксперта и облегчить задачу построения автоматизированной экспертной системы. Улучшения достижимы без необходимости технического перевооружения существующего парка дефектоскопной техники.

Литература

1. Приказ МПС России № 2-ЦЗ от 25.02.97 г. «О совершенствовании системы контроля рельсов средствами дефектоскопии».
2. Гурвич А.К. Неразрушающий контроль рельсов при их эксплуатации и ремонте. -М.: Транспорт, 1983.
3. Марков А.А., Шпагин Д.А. Ультразвуковая дефектоскопия рельсов. -С-Пб.: Образование-культура, 1999.
4. Дефектоскопная автомотриса «АДЭ1-М». Руководство по эксплуатации.
5. Классификация дефектов рельсов НТД/ЦП-1-93. -М.: Транспорт, 1993.
6. Каталог дефектов рельсов НТД/ЦП-2-93. -М.: Транспорт, 1993.
7. Признаки дефектных и острodefектных рельсов НТД/ЦП-3-93. -М.: Транспорт, 1993.
8. Кретов Е.Ф. Ультразвуковая дефектоскопия в энергомашиностроении. -С-Пб.: Радиоавионика, 1995.

A NEW APPROACH IN SIGNAL PROCESSING IN ULTRASONIC RAILWAY DEFECTOSCOPY

Davydenko E., Priorov A.

Yaroslavl State University, Russia

Ultrasonic rail defectoscopy is one of most common methods to prevent accidents on railway. The most effective in this field is ultrasonic defectoscopy devices based on automobile railway cars.

Modern railway defectoscopy device is a digital device. But all scanned data is usually processed by human not automatic system. The human expert must be well-qualified because too many things depends on results of his work. Amount of data to be analyzed by expert is huge, so work of expert is very difficult and responsible.

Scanned data is stored on digital media as a digital image. So it is possible to apply classical digital signal processing algorithms to improve quality of visual information for expert or automatic expert system. But if we try to filter incoming data with classical noise-reduction algorithms (median filtration, erosion-dilate operation, etc), in most cases important information about small defects also will be filtered.

But it is possible to apply some new methods to improve scanned data. The method proposed based on data matching between two different sets of scanned data. If one is able to analyze the same place in time-spaced images of defect, this can give some major advantages to expert and automatic expert system. For example, it is possible to analyze defect evolution. Also it's possible to greatly clear scanned data from casual noise.

Straight ultrasonic data comparison is impossible because of inaccurate position estimation on automobile railway cars. So we propose new data matching algorithm.

Our data matching algorithm is based on joint position estimation. Positions of joint on rails are specific and change rarely. So in this work we apply special joint-detection algorithm to estimate joint position. Then we compare joint positions on two different data sets to calculate displacement between them.

This approach gives us an ability to analyze same places on time-spaced datasets. It's greatly improve effectiveness of expert's work and makes easier to create automatic expert system for ultrasonic railway defectoscopy.

