

$$q = (n + 1)x + y, \quad (8)$$

где q – порядковый номер любого узла координатной сетки (номер вершины графа); n – число делений на оси ординат; x, y – координаты любой точки координатной сетки.

Порядок обхода координатной сетки принят снизу вверх по каждой ординате и слева направо по оси абсцисс.

Математическая постановка для разработки алгоритма рассматриваемой задачи сводится к следующим инструкциям.

1. Территория представляется в форме координатной сетки размерностью $m \times n$. Каждому узлу сетки соотносится стоимостный функционал, характеризующий стоимость строительства одного километра дороги в данном узле сетки. Из данной сетки можно получить нумерованный граф, соединив ребрами вершины, расположенные на сторонах и диагоналях квадратов сетки.

2. Каждому ребру полученного графа можно соотнести стоимость z_{ij} строительства автомобильной дороги между i и j узлами координатной сетки, равную среднему арифметическому от стоимости единицы длины дороги в этих узлах, умноженному на расстояние между ними:

$$z_{ij} = \frac{z_i + z_j}{2} \cdot l_{ij}, \quad (9)$$

где z_{ij} – стоимость строительства дороги вдоль ребра графа между i и j узлами сетки; z_i, z_j – стоимость строительства одного километра дороги в i и j узлах сетки; l_{ij} – расстояние между i и j узлами сетки.

3. Решение задачи заключается в нахождении на заданной координатной сетке пути с минимальной стоимостью приведенных затрат на строительство автомобильной дороги между корреспондирующими пунктами А и В.

Список цитированных источников

1. Бабков, В.Ф. Проектирование автомобильных дорог: учебник для вузов / В.Ф. Бабков, О.В. Андреев. – М.: Транспорт, 1979. – 367 с.
2. Харари Ф. Теория графов / Ф. Харари. – М.: Мир, 1973. – 262 с.
3. Смелов, В.В. Алгоритмы на графах и их реализация на C++ / В.В. Смелов, Л.С. Мороз. – Минск: БГТУ, 2011. – 96-100 с.

УДК 004.02

АНАЛИЗ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ И ШУМОПОДОБНОЙ СОСТАВЛЯЮЩИХ ВИБРАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ

Ширай Д.С.

*Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники, г. Минск*

Научный руководитель: Бранцевич П.Ю., к.т.н., доцент

Повышение эффективности эксплуатации оборудования тесно связано с развитием систем оценки его технического состояния. На первых этапах диагностика различных механизмов осуществлялась обслуживающим их персоналом только на основе своих ощущений, прежде всего слуховых и зрительных. Качество диагноза на этом этапе практически всегда определялось опытом и знаниями обслуживающего машину персонала, а для локализации неисправности использовались простейшие приспособления, напри-

мер, стетоскоп. Второй этап развития диагностики связан с появлением первых измерительных приборов, ряд характеристик которых стал превышать возможности слуха. Но и эти приборы в течение двух-трех десятков лет были достаточно дорогими, поэтому этап начался не с диагностики, а с исследования машин как источников шума и вибрации. Третий этап развития диагностики характеризуется активным развитием работ по созданию математического и программного обеспечения, заменяющего эксперта в задачах интерпретации результатов, получаемых системами мониторинга. Эти результаты могут быть использованы для принятия решения об остановке или задействовании оборудования, проведении профилактических работ или ремонта [1].

Для механизмов с вращательным движением вибрационный сигнал представляет собой композицию периодического сигнала, состоящего из гармоник, кратных частоте вращения, и некоторой шумоподобной составляющей. Такой сигнал можно представить в следующем виде:

$$x(nt_d) = p(nt_d) + s(nt_d) = \sum_{m=1}^L A_m \cos(2\pi k_m f_0 nt_d - \varphi_m) + s(nt_d), \quad (1)$$

где n – номер дискретного отсчета, $n = 0, 1, 2, \dots$; t_d – интервал дискретизации; f_0 – частота вращения приводного вала (оборотная частота); k_m – кратность m -й гармоники, включенной в периодическую составляющую, относительно f_0 ; A_m , f_m , φ_m – амплитуда, частота, начальная фаза m -й гармоники, причем частоту m -й гармоники можно определить как $f_m = k_m \cdot f_0$; L – число гармоник в периодической составляющей сигнала.

Периодическая составляющая сигнала вычисляется по формуле:

$$p(nt_d) = \sum_{m=1}^L A_m \cos(2\pi k_m f_0 nt_d - \varphi_m), \quad (2)$$

а шумоподобная составляющая находится как:

$$s(nt_d) = x(nt_d) - p(nt_d). \quad (3)$$

Следующим шагом является определение характеристик и статистический анализ составляющих, благодаря которым можно определить, как значения зависят от состояния оборудования с вращательным движением в различных режимах функционирования [2].

Для осуществления анализа периодической и шумоподобной составляющей вибрационных сигналов создано веб-приложение на языке C# с использованием технологии ASP.NET MVC 4.5. Основной сложностью в процессе разработки была необходимость обрабатывать большие объемы данных за приемлемое время. Для решения этой проблемы была применена технология Task Parallel Library, входящая в платформу .NET Framework 4 и выше [3].

Таким образом, разработан алгоритм разложения сигнала на периодическую и шумоподобную составляющие, который стал одним из основных в проектируемом программном средстве. Проведена проверка работоспособности приложения на реальных данных.

Список цитированных источников

1. Барков, А.В. Мониторинг и диагностика роторных машин по вибрации / А.В. Барков, Н.А. Баркова, А.Ю. Азовцев. – СПб.: Изд. СПб Государственного морского технического университета, 2012. – 159 с.
2. Бранцевич, П.Ю. Применение разложения вибрационных сигналов на периодическую и шумоподобную составляющие при исследовании технического состояния механизмов с вращательным движением / П.Ю. Бранцевич, В.Э. Базаревский, С.Ф. Костюк / Механика 2011: сб. науч. тр. V Белорусского конгресса по теорет. и прикладной механике, Минск, 26–28 окт. 2011 г.: в 2 т. / Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси; редкол.: М.С. Высоцкий [и др.] – Минск, 2011. – Т. II. – С. 27-31.
3. Кемпбелл, К. Parallel Programming with Microsoft .NET: Design Patterns for Decomposition and Coordination on Multicore Architectures (Patterns & Practices) / К. Кемпбелл. – MS Press, 2010. – 196 с.