и последней точках нефтепровода. Для ее построения нужно определить координаты этих точек и провести между ними прямую линию. Предварительно данные напора с датчиков фильтруются по качеству значения. Для поставленной задачи может быть использован сервер ввода/вывода, предоставляемый компанией ЭЛЕСИ InfinityServer. InfnityServer осуществляет сбор и обмен данными с системами автоматики и телемеханики различных производителей, логическую и математическую обработку технологических данных, предоставление доступа к оперативным значениям технологических параметров по OPC DA, OPC AE.

Использование протокола OPC для доступа к данным обеспечивает совместимость разрабатываемого программного продукта с серверами ввода/вывода других фирм. Таким образом, программное обеспечение не будет привязано к определенной конфигурации оборудования автоматизированной системы, что позволит использовать разработанную программу на других объектах, поддерживающих доступ к данным по протоколу OPC.

По рассмотренному алгоритму было проведено моделирование работы системы. При моделировании использовались параметры реального магистрального нефтепровода Северокамск – Пермь общей протяженностью 67 км. По длине нефтепровода установлены КП с датчиками давления. Для моделирования использовались показания датчиков давления за предыдущие периоды. Рассматривается работа программы в нормальном режиме функционирования нефтепровода, а также при возникновении утечки. Для симуляции значений с датчиков использовался симулятор значений OPC – Iconics OPC Simulator, с помощью которого было создано дерево сигналов, повторяющее структуру сигналов реального нефтепровода. Была проверена работа нефтепровода в нормальном и аварийном режимах работы (утечка в нефтепроводе). При моделировании утечки система фиксирует максимальное отклонение, делает вывод о наличии утечки и определяет место утечки. В моделируемом случае утечка произошла на 15-м км нефтепровода. Погрешность определения места утечки ±21 м.

Заключение

Рассмотренная автоматизированная система контроля на базе OPC-технологии осуществляет мониторинг и контроль, способствующий повышению надежности эксплуатации нефтепровода, повышению точности определения мест утечек при неисправности и предотвращению несанкционированной врезки в последний.

Библиографические ссылки

1. Трубопроводный транспорт нефти : учебник для вузов / С. М. Вайншток, В. В. Новосёлов, А. Д. Прохоров, А. М. Шаммазов. – В 2 т. – Т. 1. – М. : Недра-Бизнесцентр, 2004. – 407 с.

2. *Степанченко Т. Е.*, *Шкляр В. Н.* Разработка и исследование алгоритмов обнаружения утечек в магистральных трубопроводах на основе их гидродинамических моделей // Изв. Томского политехнического ун-та. – 2006. – Т. 309. – №. 7. – С. 70–73.

3. *Теркель Д.* OLE for Process Control – свобода выбора. – URL: http://www.cta.ru/cms/f/366627.pdf

T. S. Legotkina, PhD in Engineering, Associate Professor, Perm National Research Polytechnic University
Yu. N. Khizhnyakov, DSc in Engineering, Perm National Research Polytechnic University

Oil Pipeline Automatic Control System

A system of automatic control of the oil pipeline based on OCR technology is proposed. The system can handle multiple oil pipelines, and has the ability to manipulate the data on the parameters of oil, to display in a convenient way the data on the oil pipeline profile and the pressure profile. On the basis of the data, the system checks for leaks and determine the leak.

Key words: automatic control system, oil pipeline, operation algorithm, leakage control.

УДК 04.03(92):514.122.2

А. Г. Ложкин, кандидат технических наук, доцент, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

О ФИГУРАХ ЛИССАЖУ *

Кратко показано, что фигуры Лиссажу объединяют центрально-симметрические конические сечения, прямую и сложные жордановы кривые. Предоставлена возможность существования метода произвольных линейных преобразований для жордановых кривых.

Ключевые слова: жордановы кривые, произвольные линейные преобразования, автоморфизм.

Ранее была представлена информационно-лингвистическая интерпретация геометрии [1, 2], построенная на теории подобий Лейбница Г. Вейля с расширением количества симметрий (автоморфизмов), предложенных Дьедонне. Для получения результатов были также использованы:

Получено 01.04.14
* Работа выполнена в рамках гранта ГЗ/ТВГ-14(01.10).

лингвистическая семантика В. А. Звегинцева, ZF-аксиоматика Френкеля, реляционная алгебра Кодда. Важнейшим для применения в САПР является вопрос, насколько предлагаемая интерпретация соответствует и позволяет точно рассчитывать геометрическую модель, как для конических сечений, так и для более сложных кривых.

Рассматриваемая интерпретация предполагает единство вырожденных и линейно-независимых преобразований центрально-симметрических конических сечений на $\mathbb{R}^2$. Параметры линейного преобразования получаются с использованием прямого аналитического метода (ПАМ) [1]. В теории используется определение Н. В. Ефимова о вырожденных преобразованиях, переводящих плоскость в прямую линию. Было выделено шесть групп вырожденных преобразований [2]. Четыре из них соответствуют предлагаемой теории, а два с некоторым допущением можно отнести к алгебраической геометрии. Окружность (эллипс) для преобразований $\begin{pmatrix} c & d \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$ и $\begin{pmatrix} 0 & 0 \\ c & d \end{pmatrix}$, где $c,d \in \mathbb{R}$, трансформируется не в комплексные прямые, а в действительную прямую с параметрами полуосей $a,b = 0/0$. Так как $a,b \notin \mathbb{R}$, то эллипс $E \equiv < x,y,a,b,\varphi >$ $E \notin \mathbb{R}^2$, где x,y – координаты центра; a,b – полуоси эллипса; φ – угол наклона. Вместе с тем, одновременно, при $a,b = 0/0$ и $a,b = 0$. Получаем точку $(0,0) \in \mathbb{R}^2$ такую же, как из уравнения $(x - \mathrm{i}y)(x + \mathrm{i}y) = 0$. Данный результат получается только тогда, когда группа вырожденных преобразований S осуществляет отношение $S : \mathbb{R} \times \mathbb{R} \to \mathbb{R}$ ($x^2 + y^2 = (x - \mathrm{i}y)(x + \mathrm{i}y) = 0$).

Для подтверждения предлагаемой теории рассмотрим семейства кривых, объединяющие в одной формуле как центрально-симметрические конические сечения, так и более сложные кривые. Для справки при этом заметим, что ранее методом математического моделирования были получены результаты для трех групп канонических (в терминах гамильтоновой механики) преобразований жордановых кривых, для которых применим прямой аналитический метод линейных преобразований для центрально-симметрических конических сечений (ПАМ) [1]. Исследования [2] лемнискаты Жероно как наиболее простой фигуры, описываемой формой сложнее квадратичной, не привели к модификации ПАМ для любой жордановой кривой.

В геометрии существует множество семейств кривых, объединенных одной формулой, такие как овалы Декарта, овалы Кассини, кривые Ламе и т. д. Для подтверждения правильности предлагаемой теории рассмотрим фигуры Лиссажу. На основе данного семейства плоских кривых построен такой прибор, как осциллограф. Он широко употребляется при проектировании изделий приборостроения для изучения гармонических колебаний, а в конечном счете – для соединения отдельных электронных компонент в единый прибор. Фигура Лиссажу описывается системой параметрических уравнений [3, с. 55]:

$$\begin{cases} x = a_1 \sin(\omega_1 t + \phi_1), \\ y = a_2 \sin(\omega_2 t + \phi_2), \end{cases}$$

где $a_i, t, \phi_i \in \mathbb{R}$, $\omega_i = n_i / m_i$, $n_i, m_i \in \mathbb{Z}$. Данные формулы являются обобщенными, часто в литературе употребляется стандартная форма, описываемая системой [3, с. 56]:

$$\begin{cases} x = a \sin(\omega t + \phi), \\ y = b \sin t. \end{cases} \quad (1)$$

При подстановке параметров a, b, ω и ϕ в систему (1) можно получить различные фигуры. Для $\omega = 1$ и $\phi = \pm\pi/2$ получаем формулы эллипса, для которого был разработан ПАМ. Для $\omega = 1/2$ и $\phi = \pm\pi/2$ – формулы лемнискаты Жероно. Для $\omega = 1$ и $\phi = 0$, для $t \in [-\pi, \pi]$ – отрезок прямой линии. Подстановкой других значений в систему (1) получаются парабола, верзиера Агнези и множество других широко используемых в технических расчетах кривых.

Рассмотрим подробнее систему, получаемую из (1) для $\omega = 1$ и $\phi = 0$:

$$\begin{cases} x = a \sin t, \\ y = b \sin t. \end{cases} \quad (2)$$

Пусть имеется единичная окружность, расположенная в начале декартовой прямоугольной системы координат, $\begin{cases} x = \cos t. \\ y = \sin t. \end{cases}$ Осуществим над ней вырожденное преобразование $P = \begin{pmatrix} 0 & a \\ 0 & b \end{pmatrix}$, где $a, b \in \mathbb{R}$. Преобразование сингулярное, поскольку определитель матрицы P: $b \times 0 - a \times 0 = 0$. В результате преобразования имеем систему $\begin{cases} x = 0 \cos t + a \sin t, \\ y = 0 \cos t + b \sin t, \end{cases}$ $\begin{cases} x = a \sin t, \\ y = b \sin t. \end{cases}$ Система параметрических уравнений совпала с системой (2). По теореме 2 [1, с. 27–30] имеем не один отрезок прямой, а два совпадающих. Данный дуализм обусловлен автоморфизмом перестановки евклидовой плоскости относительно оси симметрии $x = y$. Таким образом, для отображений $\mathbb{R} \times \mathbb{R} \to \mathbb{R} \times \mathbb{R}$ фигуры Лиссажу соответствуют предлагаемой интерпретации геометрии.

Справедливости ради заметим, что фигуры Лиссажу не являются единственным семейством кривых, объединяющих конические сечения, прямую и более сложные кривые. В качестве примера можно указать на такое семейство кривых, как синусоидальные спирали. Они определяются в полярной системе координат $< \rho, \varphi >$ уравнением $\rho^m = a^m \sin m\varphi$ или

$\rho^m = a^m \cos m\varphi$, где $m = n / k$, $n, k \in \mathbb{Z}$. Для формулы с косинусом при подстановке конкретной m получаем: окружность ($m = 1$), прямую ($m = -1$), лемнискату Бернулли ($m = 2$), параболу ($m = -1/2$) и т. д. Так как фигуры Лиссажу имеют большее техническое применение, чем синусоидальные спирали, для исследования выбраны именно они.

Пусть имеется отображение $F : \mathbb{R} \times \mathbb{R} \to \mathbb{R} \times \mathbb{R}$. Инвариантно, каким образом оно задано: F алгебраическое описание или $F \equiv P \circ F_1$, где F_1 – формула; P – линейное преобразование. Поскольку для центрально-симметрических конических сечений ПАМ применим, то и для жордановых кривых он должен существовать, что подтверждается исследованием фигур Лиссажу. Должно существовать решение, позволяющее рассчитывать точные параметры Жордановых кривых после линейного преобразования, что позволит точные расчеты и однозначную передачу информации в машиностроительных САПР.

Библиографические ссылки

1. *Ложкин А. Г.* Вычислительная планиметрия с вырожденными преобразованиями. – Екатеринбург : ИЭ УрО РАН, 2009. – 158 с.
2. *Ложкин А., Дюкина Н.* Структурирование аналитической геометрии на основе симметрий. – Saarbrucken : LAP, 2012. – 176 с.
3. *Gibson C. G.* Elementary geometry of differentiable curves: an undergraduate introduction. – Cambridge : University press, 2001. – 216 p.

A. G. Lozhkin, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

About Lissajous Figures

It is shown in short that the Lissajous figures unite the central symmetric conic sections, the line and complex Jordan curves. A chance of finding the method of arbitrary linear transformations of Jordan curves is provided.

Key words: Jordan curves, arbitrary linear transformations, automorphism.

УДК 004.932

Ю. Б. Камалова, магистрант, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЗЕРЕН ПЫЛЬЦЫ, ПОЛУЧЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ РАСТРОВОГО ЭЛЕКТРОННОГО МИКРОСКОПА, И СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИХ ИНФОРМАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ

Рассматриваются информативные параметры зерен пыльцы, необходимые для распознавания. Приводится алгоритм распознавания зерен пыльцы, полученных с помощью растрового электронного микроскопа, результаты статистической обработки данных.

Ключевые слова: распознавание изображений зерен пыльцы, информативные параметры зерен пыльцы, алгоритм распознавания зерен пыльцы.

Автоматическое распознавание пыльцы развивалось, основываясь на полутоновых инвариантах, которые характеризуют гранулы пыльцы независимо от их положения и ориентации на микроскопическом образце [1, 2].

Задача распознавания зерен пыльцы сводится к задаче определения признаков (дескрипторов), по которым будут оцениваться объекты в выборке, т. е. к задаче кластеризации.

Цель работы – выявление и статистическая обработка дескрипторов, характерных для разных типов пыльцевых зерен.

Объект исследования – изображения зерен пыльцы, полученные на растровом электронном микроскопе по разработанной нами технологии [3].

Метод и методика проведения исследования

Выделялись признаки, по которым можно разделить пыльцевые зерна вручную, затем математически формализовывалась и прописывалась весовая функция – какой дескриптор более важен и как соотносится с другими.

Приведем алгоритм обработки и распознавания изображения зерен пыльцы полифлорного меда (рис. 1, *а*):

1. Адаптивная бинаризация. Поиск нескольких локальных порогов осуществляли по методу Отсу [4] путем минимизации различных вариантов черных и белых пикселей (рис. 1, *б*): graythresh(t_img) = = 0,4529.

2. Выделение замкнутого множества точек. На бинарном изображении объект – это замкнутое мно-

Получено 22.01.14