- Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования "Северо-Кавказский гос. технический ун-т". Ставрополь, 2009.
2. Kharchenko L., Panova I., Babaeva E., Magomedova R., Gulyakin D., Pashtaev B. Russian syndromes, impeding the development of the innovation processes in education // Life Sci J 2014;11(9s):184-187, USA, (ISSN:1097-8135). <http://www.lifesciencesite.com>. 35.
 3. Гулякин Д.В. Факторы, детерминирующие необходимость формирования социально-информационной культуры студентов технического вуза//Историческая и социально-образовательная мысль. –2014. –№ 3 (25). –С. 109-111.
 4. Гулякин Д.В. Сущностные характеристики социально-информационной культуры студента технического вуза // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. – 2016. – № 1 (105). – С. 4-7.
 5. Гулякин, Д. В. Социально-информационная культура специалиста технического профиля//Научное обозрение. Серия 2. Гуманитарные науки. – 2010. – № 1-2. – С. 12-16.

Малай И.Н., Пономарев О.П.

Моделирование зависимости вязкости жидкости от температуры

*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
(Россия, Белгород)*

doi: 10.18411/lj-10-2020-08

idsp: ljjournal-10-2020-08

Аннотация

Предложена математическая модель, позволяющая рассчитывать зависимость коэффициента вязкости жидкости от температуры в широком интервале температур с определенной заданной наперед необходимой относительной погрешностью. Программа на языке Visual C++, созданная по разработанному алгоритму, показала приемлемую эффективность – достаточно высокое быстродействие и устойчивость решения. Новизна в использованном алгоритме при решении задачи заключается в сочетании нелинейного поиска и метода наименьших квадратов.

Ключевые слова: моделирование зависимости вязкости жидкости от температуры

Abstract

A mathematical model is proposed that allows calculating the dependence of the liquid viscosity coefficient on temperature in a wide temperature range with a certain required relative error set in advance. The program in Visual C++, created according to the developed algorithm, showed acceptable efficiency – high enough speed and stability of the solution. The novelty of the algorithm used in solving the problem is a combination of nonlinear search and the least squares method.

Keywords: modeling the dependence of liquid viscosity on temperature

Вязкость является одной из основных величин, характеризующих важнейшее для технологических процессов свойство жидкости – оказывать сопротивление перемещению одного ее слоя относительно другого [1-3]. При расчете процессов, связанных с транспортированием жидкости, теплообменом, фильтрацией, седиментацией и многими другими технологическими операциями, необходимо знать эту физико-химическую величину. Трудно также переоценить роль вязкости в природе. Таким образом, вязкость жидкости – это свойство реальных жидкостей оказывать сопротивление касательным усилиям (внутреннему трению) в потоке.

В отличие от газообразного и твердого агрегатных состояний, теория которых основывается на методах статистической механики и термодинамики, жидкое агрегатное состояние исследовано недостаточно [3]. Отсутствие общей теории жидкого состояния не дает возможность разработать точные, теоретически обоснованные методы расчета вязкости жидкостей. Поэтому в литературе имеются

полуэмпирические формулы, связанные с разными теориями структуры жидкой фазы, позволяющие определять значение вязкости различных жидкостей. Однако точность этих полуэмпирических формул не очень высока [3]. Кроме того, вязкость сильно зависит от температуры [3]. Для различных жидкостей зависимость вязкости от температуры получается различной.

С учетом вышесказанного, при практических расчетах к выбору значения коэффициента вязкости следует подходить очень осторожно. В технологических процессах, связанных с жидкостями необходимо знать не только значение, но и изменение вязкости в заданном интервале температур. Как правило, экспериментальных данных часто бывает не достаточно или их просто нет. В решение этого вопроса может помочь современные информационные технологии [5– 7].

В работе, предлагается математическая модель, позволяющая при использовании языка программирования Visual C++ рассчитывать изменение коэффициента вязкости в широком интервале температур с определенной заданной наперед необходимой относительной погрешностью:

$$\mu(t) = \mu_{\infty} [f_0 + \sum_{n=1}^N f_n (\frac{t}{t_{\infty}} - 1)^n] e^{-a(\frac{t}{t_{\infty}} - 1)}, \quad (1)$$

где μ – вязкость жидкости; t – температура ($^{\circ}\text{C}$); μ_{∞} – вязкость при начальной температуре t_{∞} ; a , f_0 , f_n ($n = \overline{1, N}$) – параметры модели.

Для практического использования модели (1) ее требуется идентифицировать. Идентификация модели производится в соответствии с ГОСТ – это определение параметров и структуры математической модели, обеспечивающей наилучшее совпадение выходных координат объекта и модели при одинаковых входных воздействиях.

Структура рассматриваемой модели задается уравнением (1). Таким образом, задачей идентификации является вычисление коэффициентов a и F по табличным (экспериментальным) данным, которые берутся из справочной литературы, например, [1–3]. Здесь F означает вектор коэффициентов от f_0 до f_N . Предполагается, что экспериментальные данные для конкретной жидкости содержатся в таблице из двух столбцов: t_i и μ_i^3 , ($i = \overline{1, k}$). Количество измерений k в таблице должно превышать верхнюю границу суммы N в модели (1): $k > N+1$.

В качестве целевой функции для идентификации используется сумма квадратов отклонений экспериментальных значений μ_i^3 от модельных μ_i^M :

$$Q(a, F) = \sum_{i=1}^k (\mu_i^3 - \mu_i^M(a, F))^2. \quad (2)$$

Таким образом, задача идентификации заключается в поиске таких значений коэффициентов a и F модели (1), при которых целевая функция (2) принимает минимальное значение.

Анализ структуры показывает, что модель (1) является нелинейной. Это требует для ее идентификации применения алгоритмов нелинейного поиска, например, метода наискорейшего спуска [8]. Метод наискорейшего спуска требует решения на каждом шаге задачи одномерной оптимизации. Практика показывает, что этот метод часто требует меньшего числа операций. Однако такие алгоритмы не гарантируют однозначного решения задачи, что связано с возможным наличием нескольких локальных экстремумов функции (2) или с ее "овражностью", т.е. с различной чувствительностью Q к изменению отдельных искомых параметров a и F .

Для идентификации линейных математических моделей при критерии (2) обычно используется метод наименьших квадратов, который не имеет недостатков методов нелинейного поиска [9] – математический метод, применяемый для решения различных задач, основанный на минимизации суммы квадратов отклонений некоторых функций от искомых переменных. Поэтому одна из подзадач, решаемых в работе, заключается в линеаризации нелинейной модели.

Как выше отмечалось, модель (1) является нелинейной. Однако, если считать параметр a модели (1) известным, то можно привести модель к линейному (относительно вектора F) виду:

$$y(x) = f_0 + \sum_{n=1}^{\infty} f_n x^n, \quad (3)$$

где $y(x) = \frac{\mu(t)}{\mu_{\infty}} e^{ax}$, $x = \frac{t}{t_{\infty}} - 1$.

Поэтому для решения задачи использовался смешанный метод, сочетающий нелинейный поиск (коэффициента a) и метод наименьших квадратов (для вектора F).

Программа на языке C++, созданная по разработанному алгоритму, показала приемлемую эффективность – достаточно высокое быстродействие и устойчивость решения. Устойчивость следует понимать как однозначность решения при различных начальных значениях a . Определенная новизна в использованном алгоритме решения заключается в сочетании нелинейного поиска и метода наименьших квадратов. При этом удалось избежать недостатков использования только методов нелинейного поиска: нелинейный поиск выполняется всего для одного параметра a . Из модели (1) видно, что a задает форму экспоненты; массив F , который является составной частью степенного алгебраического многочлена, влияет на образование локальных минимумов критерия (2). В результате с получением вектора параметров F успешно справляется метод наименьших квадратов.

Что касается адекватности получаемых моделей, многое зависит от моделируемой жидкости. Так, например, для воды, где зависимость вязкости от температуры близка к линейной, моделирование показало, что отклонения модельных значений от экспериментальных не превышают 2%. Кроме того, моделирование показало, что чем выше нелинейность экспериментальных значений зависимости вязкости от температуры, тем больше будут отклонения некоторых модельных значений от экспериментальных. В таких случаях качество модели можно повысить, разделив экспериментальные данные на два и более температурных отрезка. В этом случае будут получены несколько математических моделей, каждая для своего температурного интервала, обладающих более высокой точностью моделирования.

Заключение

Проведенные исследования показали, что формула (1) позволяет рассчитывать зависимость коэффициента вязкости жидкости от температуры в широком интервале температур с определенной заданной наперед необходимой относительной погрешностью. Программа на языке Visual C++, созданная по разработанному алгоритму, показала приемлемую эффективность – достаточно высокое быстродействие и устойчивость решения. Новизна в использованном алгоритме при решении задачи заключается в сочетании нелинейного поиска и метода наименьших квадратов.

1. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей /Н.Б. Варгафтик. – М: Наука. 1972. – 720 с.
2. Рид Р Свойства газов и жидкостей / Р. Рид, Дж. Праусниц, Т. Шервуд –Л.: Химия. 1982. – 592 с.
3. Бретшнайдер С Свойства газов и жидкостей. Инженерные методы расчета / С. Бретшнайдер. – Л.: Химия. 1966. – 535 с.
4. Информационные технологии и вычислительные системы: Обработка информации и анализ данных. Программная инженерия. Математическое моделирование. Прикладные аспекты информатики / Под ред. С.В. Емельянова. – М.: Ленанд, 2015. – 104 с.
5. Мертенс П. Интегрированная обработка информации. Операционные системы в промышленности / П. Мертенс. – М.: Финансы и статистика, 2007. – 424 с
6. Остроух А.В. Ввод и обработка цифровой информации. Учебник / А.В. Остроух. – М.: Academia, 2017. – 384 с.
7. Чудинов И.Л. Информационные системы и технологии. Учебное пособие /И.Л. Чудинов, В.В. Осипов. – Томск: Томский политехнический университет, 2013. – 145 с.

8. Глебов И.И. Методы оптимизации. Учебное пособие /И.И. Глебов, Ю.А. Кочетов, А.В. Плясунов. – Новосибирск: Новосибирский университет, 2000, – 105 с.
9. Коломиец Л.В. Метод наименьший квадратов /Л.В. Коломиец, Н.Ю. Пони-карова. – Самара: Самарский университет, 2017. – 32 с.
10. Хартон А. Visual C++. Полный курс / А. Хартон. – М.: Издательский дом «И.Д. Вильямс», 2011. – 1216 с.
11. Бьярне С. Программирование: принципы и практика с использованием C++ /С. Бьярне. – М.: Издательский дом «И.Д. Вильямс», 2016. – 1328 с.
12. Медведев Д.И. Особенности объектно-ориентированного программирования на C++/CLI, C# и Java /Д.И. Медведев. – Казань: РИЦ «Школа», 2010. – 444 с.

Прохоров М.Е.¹, Рындин Ю.Г.¹, Герб В.Я.², Маричева О.Д.³
Исследование алгоритмов сегментации сильно искаженных однобайтовых изображений неизвестных объектов

¹ПАО Межгосударственная акционерная корпорация «Вымпел»

²ООО "Фундаментальные информационные технологии"

³ООО «Институт инновационных исследований»

(Россия, Москва)

doi: 10.18411/lj-10-2020-09

idsp: lj-10-2020-09

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда
фундаментальных исследований (РФФИ) (проект № 19-07-00197 А).*

Аннотация

Одной из задач обработки оптических изображений (ОИ) космических объектов (КО), формируемых в наземных телескопах при наличии сложной фоновой обстановки, является задача их сегментации. В работе рассматриваются варианты программной реализации алгоритмов сегментации однобайтовых сильно искаженных изображений, представленных с использованием булевых матриц. Структура алгоритмов сегментации определяется в процессе факторизации булевых матриц с использованием бинарного отношения линейной связности. Отношение линейной связности задаётся на множестве значимых пикселей ОИ путём транзитивного замыкания отношения соседства по кресту относительно выбранного значимого пикселя. Рассматриваются три варианта программной реализации алгоритмов поиска линейной связности с использованием маски по кресту, матрицы смежности и операций объединения и пересечения булевых матриц. Приводятся сравнительные оценки интегральных характеристик исходных и сегментированных ОИ, а также относительного времени решения задачи сегментации разработанными алгоритмами.

Ключевые слова: Булева матрица, отношение линейной связности, сегментация однобайтовых изображений, теория множеств, факторизация.

Abstract

One of the tasks of processing optical images (OI) of space objects (SO) formed in ground-based telescopes in the presence of a complex background situation is the task of their segmentation. The paper discusses options for software implementation of segmentation algorithms for single-byte highly distorted images represented using Boolean matrices. The structure of segmentation algorithms is determined in the process of factorizing Boolean matrices using a binary linear connectivity relation. The linear connectivity ratio is specified on the set of significant pixels of the OI by transitively closing the cross-neighborhood relation relative to the selected significant pixel. Three variants of software implementation of linear connectivity search algorithms are considered. Comparative estimates of the integral