

сти не известен даже приблизительно, до уточнения первых двух позиций не имеет смысла говорить об определении параметров, очевидно, что количество этих параметров велико. С математической точки зрения, такая задача относится к классу многопараметрических задач нелинейной оптимизации. Одной из технологий решения таких задач являются нейронные сети [3, 4].

Для применения аппарата нейросетей к поставленной задаче необходимо пройти следующие этапы нейросетевого анализа: определение перечня входов, получение соответствующих данных, кодирование входов, нормировка данных, удаление очевидных регулярностей из данных, обучение нескольких нейросетей с различной архитектурой, отбор сетей оптимальных на известных данных, оценка значимости предсказаний, проверка отобранных сетей на контрольных выборках. Для обучения нейросетей планируется применение алгоритмов «с учителем», используя при этом в качестве выходных данных информацию о структуре контингента в существующих ЦД СГА на территории различных регионов России.

Библиографический список

1. Приказ Министерства образования и науки России от 6 мая 2005 г. №137 «Об использовании дистанционных образовательных технологий».
2. Вигуль Д.В. Постановка задачи оптимизации размещения в регионе центров доступа учреждения дистанционного образования // Приоритетные направления развития науки и технологий : доклады всероссийской научн.-техн. конф.; под общ. ред. Э.М. Соколова. – Тула : Изд-во «Инновационные технологии», 2009. – С. 100–102.
3. Саймон Хайкин Нейронные сети: полный курс = Neural Networks: A Comprehensive Foundation. 2-е издание. – М. : «Вильямс», 2006. – 1104 с.
4. Уоссермен, Ф. Нейрокомпьютерная техника: Теория и практика = Neural Computing. Theory and Practice. – М. : Мир, 1992. – 240 с.

Создание атласа тепловых полей для проведения реальных тепловизионных съемок газопроводов

Е.В. Врагова

ИПА СО РАН, г. Новосибирск

Территория России характеризуется разветвленной газотранспортной сетью. Эти магистрали являются источниками повышенной опасности, как с точки зрения экологии, так и возможного создания чрезвычайной ситуации при возникновении аварий на газопроводах. Предвестниками таких опасностей могут являться утечки газа, возникающие из-за механических повреждений трубопровода или его коррозии. Исходя из этого, раннее обнаружение

утечек является актуальной задачей. Настоящая работа посвящена разработке инструментального метода обнаружения утечек газа из трубопроводов, который бы решал одну из основных проблем диагностики их состояния.

Постановка задачи и ее решение

Метод основан на обнаружении тепловых аномалий на поверхности почвы, вызываемых резким перепадом давления газа при выходе из канала утечки и появлением локальных тепловых градиентов в слое почвы над трубопроводом. Рассмотрим задачу оценки влияния этого процесса на тепловое поле в грунте.

Глубинный профиль температуры в грунте, связанный процессами солнечного нагрева почвы и теплообмена поверхности с окружающей средой может быть рассчитан в соответствии с законом Фурье:

$$Q_{TP} = \frac{\lambda}{\delta_{ij}} F_T (t_i - t_j), \quad (1)$$

где λ – коэффициент теплопроводности грунта; δ_{ij} – расстояние между точками $\langle i \rangle$ и $\langle j \rangle$; F_T – площадь теплообмена; t_i , t_j – температуры грунта в точках $\langle i \rangle$ и $\langle j \rangle$, соответственно.

Наличие в деятельном слое грунта трубопровода приводит к нарушениям процесса теплопередачи и вызывает искажения глубинного профиля этих изотерм. Этот процесс усиливается при отличии температуры газа в трубе от температуры грунта, что характерно для реальных условий прокачки газа при его транспортировке.

Для определения поля температур использован метод релаксаций. Для этого расчетная область с учетом симметрии относительно вертикальной оси, проходящей через цент трубы, разбивается сеткой на элементарные объемы. Для выбранной точки каждого объема составляется уравнение баланса тепла, позволяющее определить значение температуры.

Количество тепла, передаваемого от газа, движущегося в трубе, к грунту определялось по формуле

$$Q_g = k F_g (t_g - t_i), \quad (2)$$

где $k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_g} + R_\Sigma}$ – коэффициент теплоотдачи; α_g – коэффициент теплоотдачи от газа к стенкам трубопровода; R_Σ – суммарное термическое сопротивление стенки трубопровода и участка грунта между внешней поверхностью трубы и расчетной точкой $\langle i \rangle$ в грунте; F_g – теплоотдающая поверхность

трубопровода; t_g, t_i – температуры движущегося по трубопроводу газа и точки $\langle i \rangle$ грунта, соответственно.

Количество тепла, отводимого выходящим через отверстие газом, может быть определено, по формуле

$$Q_i = G_g c_p^g t, \quad (3)$$

где G_g – расход газа через отверстие; c_p^g – удельная теплоемкость газа; t – температура газа.

Утечка в расчетах имитировалась стоком тепла Q_i , помещенным в точку i . Интенсивность стока из отверстия размерами $(1 \times 0,1)$ мм² оценена, как $Q_i = -33,15$ Вт для температуры газа $+24^\circ\text{C}$ и давления в трубе 70 атм.

Коэффициент теплопроводности грунта в расчетах принимался равным $1,49$ Вт \cdot м⁻¹ \cdot град⁻¹. Температура воздуха в расчетах принималась равной $t_g = 20^\circ\text{C}$.

Оценки вероятности обнаружения, проведенные по данной методике, для беспилотных летательных аппаратов с ИК аппаратурой (например GasFindIR), показывают возможность правильной идентификации утечек с высот, характерных для патрульных полетов (200–500) м. С помощью разработанного комплекса программ были рассчитаны типичные варианты возможных повреждений газопроводов. Полученные выводы на основе анализа численных расчетов и атлас тепловых полей могут быть использованы при проведении реальных тепловизионных съемок трубопроводов.

Технологические ограничения природоохранных мероприятий

А.В. Врагов, Е.В. Врагова

ИПА СО РАН; Новосибирский военный институт г. Новосибирск

Широко известен принцип «Закон минимума» в агрономии, сформулированный Либихом, однако он рассматривает ситуации одного дефицита. В экономике, при наличии «нескольких» узких мест (минимумов или дефицитов ресурсов) потому и действует правило перемножения всех экономических коэффициентов – они взаимовлиятельны. В самом деле, если дефициты ресурсов невелики (5–10%), то статистически они большей частью не совпадают по времени. Дефицит одного ресурса обесценивает пропорционально все другие ресурсы, не находящиеся в данный момент в дефиците. В экономике ресурсы взаимозаменяемы, однако их взаимозаменяемость ограничена и неравноценна. Например, отсутствие надежного внешнего энергоснабжения потребует развития собственного энергопроизводства, неразвитость сервиса