

Введение условного коэффициента профессиональных возможностей позволяет выявить работника, при закреплении за которым наибольшего количества часов по определенному типу и виду работ, позволит увеличить показатель взвешенной оценки распределения часов по кафедре в целом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1 Бондарчик, Е.Н. Программное средство составления плана нагрузки для кафедры вуза / Е.Н. Бондарчик, Е.А. Блинова // VII Международная научно-техническая интернет-конференция "Информационные технологии в образовании, науке и производстве" / Белорусский национальный технический университет; сост. Е. В. Кондратёнок. – Минск: БНТУ, 2019. – С. 175-180.

2 Гусев В.В. Система моделей и методов рационального планирования и организации учебного плана в вузе / В.В. Гусев, Н.Я. Краснер. – Воронеж: ВГУ, 1984. – 152 с.

3 Виноградов, Г.П. Распределение нагрузки между преподавателями кафедры / Г. П. Виноградов // Вестник ТГТУ. 2002. № 1 (1). С. 53–59.

УДК 665.7:502

А. В. Бурмакова, асп.; В. В. Смелов, доц., канд. техн. наук  
(БГТУ, г. Минск)

### **ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКИХ ВЫЧИСЛЕНИЙ ДЛЯ ПРОВЕКИ ГИПОТЕЗ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ В РЕЗУЛЬТАТЕ АВАРИЙНОГО ПРОЛИВА НЕФТЕПРОДУКТОВ**

Была разработана математическая модель прогнозирования (ММП) последствий аварийного пролива нефтепродуктов (НП) [1], которая является основой экспертной системы реабилитации геологической среды, загрязненной в результате аварийного пролива НП и предназначена для поддержки принятия решений по формированию перечня мероприятий для реабилитации загрязненной геологической среды.

Модель является комплексной и включает четыре уровня: поверхностный, почвенный, грунтовый и уровень грунтовых вод. Модель описывает процесс вертикального проникновения НП (через почву, грунт до грунтовых вод) и горизонтального распространения

на поверхностном уровне (растекание) и перемещение вместе с грунтовыми водами.

В некоторых случаях можно обработать неизвестные данные путем вариаций формул, основываясь на известных величинах [2]. Однако в некоторых случаях необходимо привлекать экспертов, которые будут задавать известные значения, как правило, интервальные значения. Для работы математической модели вместе со знаниями эксперта удобно использовать математические методы, предложенные Лютфи Заде, которые основываются на нечетких множествах [3]. В этом случае задача поддержки решения может быть сформулирована в форме предположения (гипотезы), требующей ответа подтверждающего или отрицающего это предположение. При этом важным является не только сам ответ, но и оценка достоверности гипотезы.

Рассмотрим гипотезу  $\Psi$ : пролитый на поверхность НП достиг грунта. Для проверки, сформулированной гипотезы будем использовать два первых уровня ММП: поверхностный и почвенный.

Условие подтверждения гипотезы  $\Psi$  может быть записано в форме следующего неравенства:  $M_0 - M_1 - M_2 > 0$ , если масса  $M_0$  пролитого НП превышает совокупную массу  $M_1$  испарившегося и  $M_2$  адсорбированного НП, то гипотеза  $\Psi$  подтверждается. При этом мы не знаем достоверные величины объема пролитого НП и удельной величины выбросов НП. Их мы будем представлять, как нечеткие и эти величины будут задаться экспертами.

Объем пролитого НП будет иметь треугольную форму, а удельная величина выбросов НП – трапециевидную. Эксперт задает правую и левую границы значений для обеих величин. Для объема эксперт определяет одно среднее значение, для удельной величины выбросов – два средних значения.

В результате расчетов функция принадлежности нечеткой величины в общем случае будет иметь трапециевидную форму. При этом возможны три варианта ее расположения относительно оси ординат. Функция принадлежности, которая полностью расположена слева от оси ординат, указывает на то, что гипотеза  $\Psi$  не подтвердилась, т.к. мера положительного значения величины  $m_0 - m_1 - m_2$  является нулевой. Функция принадлежности, которая полностью расположена справа от оси ординат, когда нулевой является мера отрицательного значения  $m_0 - m_1 - m_2$ , что соответствует подтверждению гипотезы  $\Psi$ . Третий вариант функции принадлежности, описывает случай, когда ненулевое значение меры есть для положительных и отрицательных значений величины  $m_0 - m_1 - m_2$ . В этом случае для меры достоверности гипотезы предлагается использовать значение, которое вычисляется как отноше-

ние площади  $\delta = \int_0^{m_R} \mu(m) dm$  под графиком  $\mu(m)$  справа от оси ординат, ко всей площади  $\Delta = \int_{m_L}^{m_R} \mu(m) dm$ . В этом случае функция меры достоверности гипотезы  $\Psi$  принимает следующий вид:

$$\mu_\Psi = \begin{cases} 0, & m_R \leq 0, \\ \frac{\delta}{\Delta}, & m_L < 0, m_R > 0, \\ 1, & m_L \geq 0. \end{cases}$$

Обычно база знаний экспертной системы представляет собой набор правил (продукций), которые записываются в форме условных выражений вида IF-THEN и применяются для процедуры формального логического вывода. Если, при этом, логическое выражение продукции является нечетким, то процедура вывода и ее результат тоже становятся нечеткими, а сама процедура сводится к последовательной проверке нечетких гипотез: к построению и оценке функций принадлежности продукций, участвующих в формальном выводе [4]. Предлагаемый здесь подход проверки нечетких гипотез, может быть применен в процедуре формального вывода экологической экспертной системы [5]. При этом важным является не только сам ответ, но и оценка достоверности гипотезы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бурмакова А. В., Смелов В.В., Захаров А.А. Реализация комплексной математической модели прогнозирования последствий аварийного пролива нефтепродуктов. Труды БГТУ, Минск 2018, No. 1(206), С. 82– 87.
2. Бурмакова А. В., Смелов В.В., Буснюк Н.Н. Эвристический алгоритм вычисления формы пятна загрязнения поверхности земли нефтепродуктами. Труды БГТУ, Минск 2018, No. 1(206), 125– 127.
3. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л. Заде – изд. «Мир», г. Москва, 1976 г., 167 с.
4. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А. В. Леоненков – изд. «БХВ-Петербург», г. Санкт-Петербург, 2005 г. – С.33–40.
5. Принятие решений на основе нечетких моделей: Примеры использования / А. Н. Борисов, О. А. Крумберг, И. П. Федоров – изд. «Зинатне», г. Рига, 1990 г. – С.32–34.