

УДК 630.52:587/588

В.В. Побединский, С.П. Санников, И.В. Бородулин, А.А. Побединский  
(V.V. Pobedinsky, S.P. Sannikov, I.V. Borodulin, A.A. Pobedinsky)  
(УГЛТУ, Екатеринбург)  
(USFEU, Ekaterinburg)

**НЕЧЕТКИЙ ВЫВОД ЗАВИСИМОСТИ ПАДЕНИЯ МОЩНОСТИ  
СИГНАЛА ОТ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ  
ПРИ РАДИОЧАСТОТНОМ МОНИТОРИНГЕ  
(FUZZY INFERENCE DEPENDING DROP POWER  
SIGNAL FROM CONSTRUCTIVE PARAMETERS  
RADIO FREQUENCY MONITORING)**

*Рассмотрена проблема оценки падения мощности сигнала при радиочастотном мониторинге леса с помощью сети устройств RFID. Получена функциональная зависимость этого параметра от конструктивных параметров на основе нечеткого вывода. Синтез нечеткой модели результирующей зависимости выполнен средствами Fuzzy Logic Toolbox приложения MatLab.*

*The problem of estimation of the fall of the signal power at the RF forest monitoring with RFID devices network. We obtain a functional dependence of this parameter on the design parameters on the basis of fuzzy inference. Synthesis of fuzzy model of the resultant dependence is made by means of Fuzzy Logic Toolbox MatLab applications.*

Реализуя положения важнейших программных правительственных документов [1], на кафедре автоматизации производственных процессов УГЛТУ разработали технологию непрерывного радиочастотного мониторинга на основе сети устройств RFID (радиочастотной идентификации) [2]. Для проектирования такой системы необходимы данные о величине падения мощности радиочастотного сигнала на пути его распространения в процессе мониторинга в зависимости от конструктивных параметров системы и от диэлектрической проницаемости лесной среды.

Так как все исходные данные характеризуются недостаточностью, неопределенностью, неточностью, математически корректное решение данной задачи было возможно только с помощью нечеткого моделирования, а это определило цель и задачи настоящей работы.

**Целью** настоящих исследований было получение функциональной зависимости потери мощности сигнала при радиочастотном мониторинге участка леса в зависимости от конструктивных параметров и от диэлек-

трической проницаемости лесной среды на основе аппарата нечеткого моделирования.

Разработка модели предусматривала решение следующих задач.

1. Выполнение содержательной постановки задачи нечеткого моделирования потери мощности сигнала при радиочастотном мониторинге участка леса.

2. Определение нечетких функций принадлежности для входных и выходных переменных задачи (приведение к нечеткости).

3. Разработку базы правил нечеткой продукции.

4. Синтез нечеткой модели зависимости потери мощности сигнала при радиочастотном мониторинге участка леса от входных параметров средствами Fuzzy Logic Toolbox приложения MatLab.

При выполнении содержательной постановки задачи моделирования вырабатывались основные правила, специфические особенности поведения или состояния объекта в процессе его работы. Результаты этого этапа использованы для определения нечетких функций принадлежности для входных и выходных переменных задачи (приведение к нечеткости). В данном случае выходной функцией является потеря мощности  $\Delta P$  сигнала в децибелах на погонный метр (дБм). Ее значения изменяются в диапазоне от «минус» 90 до «минус» 10 дБм. Функция зависит от диэлектрической проницаемости, типа антенны и может быть записана выражением:

$$\Delta P = f(\varepsilon_k, A),$$

где  $A$  – тип антенны, который характеризуется важнейшим в данном случае параметром – длиной стоячей волны  $l$  и может подразделяться в зависимости от типа антенны на следующие диапазоны:

- тип 1 (керамическая) от 0 до 2,0 мВт;
- тип 2 (штыревая) от 2,0 до 4,0 мВт;
- тип 3 (волновой канал, направленная) от 4,0 до 6,0 мВт;
- тип 4 (логопериодическая) от 6,0 до 8,0 мВт;
- тип 5 (экспериментальная) от 8 до 10 мВт.

В обозначениях типа антенны  $A$  «экспериментальный» тип является прогнозируемым по характеристике величины стоячей волны  $l$  мВт и может быть спроектирован с использованием известных методик.

По данным предварительных экспериментов [1] в отдельных случаях комплексная диэлектрическая проницаемость  $\varepsilon_k$  может составлять величины около 4 и достигать 70 Ф/м. В задаче принят диапазон изменений входной величины  $\varepsilon_k$  от 0 до 70, а величины характеристики типа антенны  $A$  в диапазоне от 0 до 10 мВт. Таким образом были обоснованы нечеткие функции принадлежности для вывода функции потери мощности сигнала.

Для нечеткого вывода использован наиболее широко распространенный метод Мамдани (рис. 1), который предполагает разработку базы правил нечеткой продукции. Базу правил формализовали, используя описание вариантов сочетаний входных параметров ( $\varepsilon_k, A$ ), значения лингвистических переменных, например, «Средняя», «Большая», «Малая» и специфических особенностей процесса мониторинга.

Изложенная формальная постановка задачи нечеткого вывода позволила реализовать ее в специализированной компьютерной программе FIS Editor приложения MatLab. Результирующая функция нечеткого вывода изображена на рис. 2.

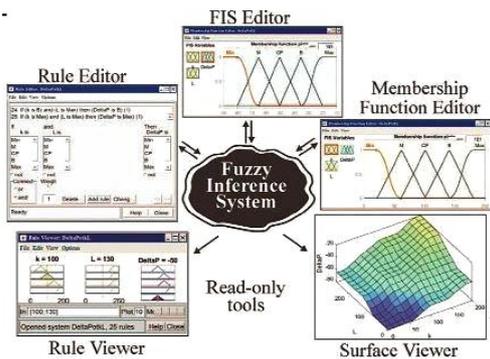


Рис. 1. Схема нечеткого вывода в среде MatLab

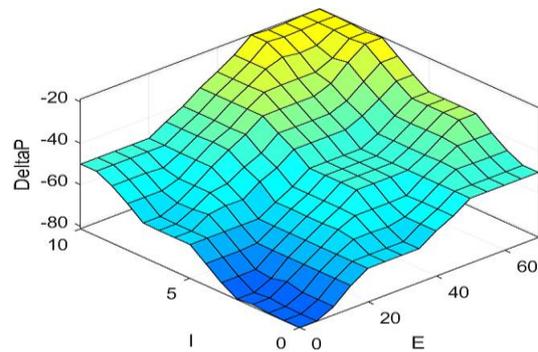


Рис. 2. Результирующая функция нечеткого вывода  $\Delta P = f(\varepsilon_k, A)$

В заключение можно отметить, что предлагаемая функция потери мощности сигнала, построенная на основе нечеткого вывода, учитывает основные параметры лесной среды, а сравнение результатов моделирования с экспериментальными данными [3] показывает достаточную адекватность разработанной модели и позволяет реализовать принципиально новый подход к решению задачи.

### Библиографический список

1. Основы государственной политики в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов в Российской Федерации на период до 2030 года / Правительство Российской Федерации. Распоряжение № 1724-р от 26 сентября 2013 г.
2. Пат. 2492891 Российская Федерация, МПК А62С 37/00 (2006/01). Система обнаружения лесного пожара / В.Г. Лисиенко, С.П. Санников; заявл. 26.04.2012, опубл. 20.09.13, Бюл. № 26.
3. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. М.: БИНОМ, 2009. 798 с.
4. Санников С.П., Серебренников М.Ю. Экспериментальные исследования потери мощности радиосигнала в лесу // V Международная студен-

ческая электронная научная конференция «Студенческий научный форум». М.: 2013. URL: <http://www.scienceforum.ru>.

УДК 630.52:587/588

В.В. Побединский, С.П. Санников, И.В. Бородулин, А.А. Побединский  
(V.V. Pobedinsky, S.P. Sannikov, I.V. Borodulin, A.A. Pobedinsky)  
(УГЛТУ, Екатеринбург)  
(USFEU, Ekaterinburg)

**НЕЧЕТКИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПАДЕНИЯ МОЩНОСТИ СИГНАЛА ПРИ РАДИОЧАСТОТНОМ МОНИТОРИНГЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПАРАМЕТРОВ ЛЕСНОЙ СРЕДЫ  
(INDISTINCT MODELS FOR ASSESSMENT OF FALLING OF POWER SIGNAL IN CASE OF RADIO-FREQUENCY MONITORING DEPENDING ON PARAMETERS OF THE FOREST ENVIRONMENT)**

*Рассмотрена проблема радиочастотного мониторинга лесного фонда с помощью сети RFID-устройств. Для оценки одного из важнейших параметров – падения мощности сигнала в зависимости от параметров лесной среды – выполнены процедуры содержательной постановки задачи нечеткого моделирования и обоснование нечетких функций принадлежности (приведение к нечеткости).*

*The problem of radiofrequency monitoring of forest fund by means of the RFID-network of devices is considered. For assessment of one of the major parameters – falling of signal power depending on parameters of the forest environment procedures of informative problem definition of indistinct simulation and reasons for indistinct functions of accessory are performed (coercion to unsharpness).*

Мониторинг лесного фонда с помощью различных технологий в настоящее время является новым практическим направлением, которое получило поддержку на государственном уровне [1] в качестве одного из приоритетных в лесной отрасли. В зарубежных исследованиях были попытки реализовать технологию непрерывного мониторинга различными способами, но ни один из известных не получил применение на практике. В первую очередь основное внимание исследователей направлено на возможности современных информационных технологий, средств аэрокосмической связи, спутникового слежения, ГИС, тем не менее на сегодня система для сбора информации о состоянии лесного фонда и о процессах лесопользования и одновременного оперативного мониторинга пожаробез-