

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ЛЕСНОЙ СРЕДЫ ПРИ РАДИОЧАСТОТНОМ МОНИТОРИНГЕ© 2018 В. В. Побединский¹, И. Н. Кручинин¹, А. А. Побединский²¹ Уральский государственный лесотехнический университет, г. Екатеринбург² Государственный аграрный университет Северного Зауралья, г. Тюмень

Статья поступила в редакцию 12.12.2018

Рассмотрена глобальная проблема сохранения лесов от незаконных рубок, пожаров, а также сбора информации о состоянии лесного фонда и лесосырьевых потоках. Отмечается, что существующие системы мониторинга леса на сегодня функционально не обеспечивают выполнение таких задач и, тем более, весь комплекс одновременно. Для реализации стратегических планов развития отрасли необходимы новые более совершенные системы мониторинга, в которых используются современные достижения информационных технологий. В работе предложено решение проблемы на основе системы радиочастотного мониторинга лесного фонда наземного типа в виде сети радиочастотных (RFID) устройств. Для проектирования и развертывания в лесу такой сети необходимо значение одного из самых важнейших параметров лесной среды ее комплексной диэлектрической проницаемости. Традиционными статистическими это сделать не представляется возможным, поэтому был использован метод нечеткого моделирования и ранее в предыдущих работах были получены основные функциональные зависимости, которые позволяют сформировать обобщенную модель интеллектуальной системы. Таким образом, целью настоящих исследований была разработка интеллектуальной системы в виде нейронечеткой продукционной сети для оценки комплексной диэлектрической проницаемости лесной среды. Методологическую основу исследований составили положения теории информации и передачи сигналов, нечеткого моделирования. Результатом исследований является разработанная интеллектуальная система для оценки комплексной диэлектрической проницаемости лесной среды и программная реализация модели в среде Simulink. Практическое применение результатов предусмотрено для проектирования конструктивных параметров и топографии в лесу систем радиочастотного мониторинга лесного фонда.

Ключевые слова: радиочастотный мониторинг лесного фонда; комплексная диэлектрическая проницаемость участка леса; параметры лесной среды; нечеткий вывод; нейронечеткая сеть; интеллектуальная система.

ВВЕДЕНИЕ

Основные задачи, стоящие перед лесной отраслью, изложены в государственных программных документах, утвержденных на правительственном уровне. Так, в «Основах государственной политики...»¹ особое внимание уделено проблемам сохранения лесов от незаконных рубок и пожаров (гл.V, п. д). Эти проблемы имеют огромное значение в масштабах страны. Положение с пожарами общеизвестно, ежегодно в России и в мире сгорают миллионы гектаров леса. Ситуация с незаконными рубками ненамного лучше, и специалисты называют их «тихим пожаром». Так, согласно из-

вестным статистическим данным о незаконных рубках [1], например, общее количество за 2013 г на сумму в 13,8 млрд. рублей относится только к зафиксированным случаям, поэтому имеются рекомендации оценивать эту цифру, как не более 5 % от реального объема ущерба [1]. Все это свидетельствует только о нерешенности и возрастании остроты этих проблем. На первый взгляд наиболее привлекательным кажется использование спутниковых систем мониторинга, но на практике они не решают эти проблемы по ряду причин. В документе учитываются эти недостатки, поэтому подчеркивается, что они должны совершенствоваться, а наиболее эффективный путь решения проблем будет на основе новых систем мониторинга леса. Совершенно понятно, что решением этих проблем будут результаты научно-исследовательских работ, а в этом случае дополнительно следует руководствоваться

Побединский Владимир Викторович, доктор технических наук, профессор кафедры сервиса и технической эксплуатации. E-mail: pobed@e1.ru

Кручинин Игорь Николаевич, доктор технических наук, доцент кафедры транспорта и дорожного строительства. E-mail: kinaa.k@ya.ru

Побединский Андрей Анатольевич, кандидат технических наук, ст. преподаватель кафедры лесного хозяйства, деревообработки и прикладной механики. E-mail: vm993711@mail.ru

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.

другим документом², где приведен перечень приоритетных научных направлений на ближайшие 15 лет. В первом пункте перечня значатся цифровая экономика и интеллектуальные системы.

Новые, более совершенные системы мониторинга леса, кроме указанных проблем, позволяют решить, можно сказать, фундаментальную проблему – создать базу данных для системы лесопользования, которая в будущем, с развитием информационных технологий будет автоматизированного типа. Помимо процессов лесопользования эта база необходима и для системы управления лесопользованием, следовательно, создание новых методов непрерывного сбора информации о состоянии лесного фонда и процессах лесопользования является одним из самых приоритетных направлений в лесной отрасли.

Система, обладающая такими функциональными способностями, была предложена [1] в виде сети RFID-устройств (радиочастотной идентификации) (рис. 1).

контроля в этом процессе являются величина комплексной диэлектрической проницаемости лесной среды ϵ_k и параметр падение мощности P сигнала в процессе его распространения. Указанные параметры, в свою очередь, находятся в зависимости от многих таксационных характеристик леса.

Основное влияние оказывают конструктивные параметры сети RFID-устройств, климатическое состояние окружающей среды и другие величины. Известными традиционными средствами, например, статистическими методами, решить задачу не представляется возможным. Новизна системы подтверждена патентом РФ и это решение является принципиально новым, поэтому обзор научных публикаций показывает отсутствие данных по этой теме. В результате наших предыдущих исследований [1], получена определенная картина взаимовлияния параметров, качественных характеристик, экспериментов, которые могут быть использованы для создания обобщенной модели и интеллектуаль-

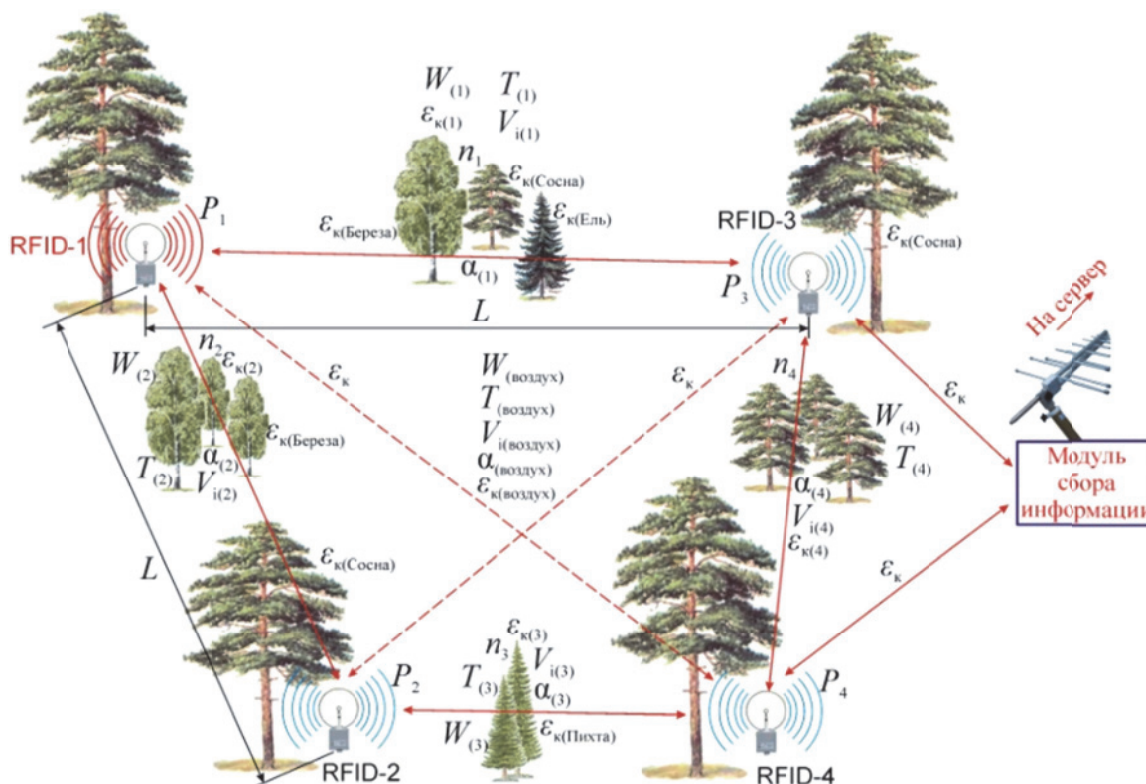


Рис. 1. Схема радиочастотного мониторинга [1]: RFID-1 – RFID-4 – радиочастотные датчики; P – мощность радиосигнала; W – влажность среды; T – температура воздуха; n – плотность (количество) деревьев; L – расстояние между RFID-датчиками; V_i – доля i -го компонента лесной среды в объеме; α – параметр вида лесного массива; ϵ_k – комплексная диэлектрическая проницаемость

В предложенной сети мониторинга выполняется контроль количества деревьев между датчиками, а также улавливается появление дыма от пожара. Важнейшими параметрами

ной системы основного параметра – диэлектрической проницаемости.

Целью настоящих исследований была разработка интеллектуальной экспертной системы на основе нейронечеткой продукционной сети для оценки диэлектрической проницаемости лесной среды, учитывающей основные влияющие

² Указ Президента РФ от 1 декабря 2016 г. № 642 «О стратегии научно-технологического развития Российской Федерации». – Москва: Кремль, 2016.

факторы при радиочастотном мониторинге.

Для достижения цели решались следующие задачи.

1. Используя результаты ранее проведенных исследований и сделанных для первых слоев сети нечетких выводов [1], разработать структуру интеллектуальной системы оценки диэлектрической проницаемости.

2. Разработать для заключительного слоя сети нечеткий вывод, включающий рассмотренные следующих вопросов.

2.1. Обоснование нечетких функций принадлежности.

2.2. Разработка базы правил нечеткой продукции.

2.3. Нечеткий вывод в системе Matlab.

3. Синтез интеллектуальной системы в среде Matlab для определения диэлектрической проницаемости.

4. Программная реализация интеллектуальной системы в среде Simulink.

1. МЕТОДОЛОГИЯ И ВЫПОЛНЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

В настоящей работе в теоретических исследованиях использовался аппарат нечеткого моделирования [2-11], нейронечетких продукционных сетей [2-3]. В экспериментальных исследованиях выполнялась апробация системы мониторинга и адекватность интеллектуальной системы на основе нейронечеткой продукционной сети. При этом использовались положения теории эксперимента, теории информации и передачи сигналов, математической статистики, лесной таксации.

Для выполнения нечеткого вывода в работе была использована методика, изложенная в работах [2, 3]. Последовательность действий по этой методике приведена ниже.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Разработка структуры интеллектуальной системы

Основу интеллектуальной экспертной системы будет составлять нечеткая модель диэлектрической проницаемости. В результате наших предварительных исследований были выявлены четыре наиболее влияющих параметра, в зависимости от которых и следует разрабатывать модель. Для этого использован аппарат нейронечетких продукционных сетей [2, 3]. Особенности подхода заключаются в том, что узлы сети будут содержать нечеткий вывод. Если это каждый отдельный нечеткий вывод от двух параметров, то выходной величиной будет значение диэлектрической проницаемости. Но в случае

объединения в сеть результатом этих процедур следует принимать не диэлектрическую проницаемость, а представлять его нормированной, безразмерной величиной влияющего фактора Y .

Схема построенной интеллектуальной системы показана на рис. 2. Здесь в нейронечеткой продукционной сети выполняется моделирование величины диэлектрической проницаемости $\varepsilon_k = f(Y_{12}, Y_{34}) = f(V, W, \alpha, T)$.

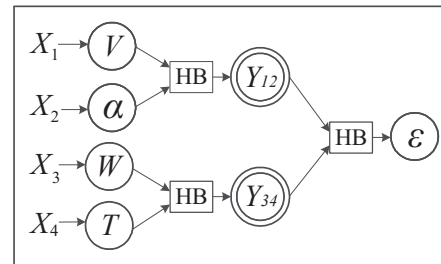


Рис. 2. Схема интеллектуальной системы для оценки величины диэлектрической проницаемости $\varepsilon_k = f(Y_{12}, Y_{34}) = f(V, W, \alpha, T)$:

$X_1 - X_4$ – исходные данные;
 Y_{12} – фактор объемно-видовой;
 Y_{34} – климатический фактор

Строго говоря, в соответствии с принятой на сегодня классификацией интеллектуальных систем она относится к системе «интеллектуальной в малом». Главным свойством такой системы является способность обрабатывать слабо формализуемую информацию и находить решение в условиях неопределенности.

2.2. Разработка системы с нечетким выводом заключительного слоя сети

2.2.1. Обоснование нечетких функций принадлежности

Нечеткие выводы НВ для первого слоя сети $\varepsilon_k = f(V, \alpha)$ и $\varepsilon_k = f(W, T)$ были получены ранее в работе [1]. Для нечеткого вывода последнего слоя входные параметры (выходные от первого слоя) следует представить не физической величиной, а представить безразмерными факторами Y_{12} и Y_{34} в нормированном виде. Индексы при факторах обозначают номера i входных переменных X_i . (см. рис. 2). Выходной параметр ε_k представляется физической величиной в абсолютном значении. В предварительных исследованиях [1] экспериментально был определен диапазон изменения комплексной диэлектрической проницаемости ε_k . С учетом этих данных принято значение выходной переменной в диапазоне от 0 до 70 Ф/м.

Для определения лингвистических переменных и задания термножеств приняты треугольные нечеткие интервалы, а по краям универсаль-

ного множества приняты S-образные и Z-образные функции. Таких функций в данном случае для двух входных и для одной выходной переменных будет достаточно принять не более пяти.

Обозначим на универсальном множестве лингвистических переменных принятые функции: «Минимальное» – М; «Малое - Мал»; «Среднее» – Сред; «Большое» – Бл; «Максимальное» - Мх. Таким образом, запишем термножества лингвистических переменных в следующем виде:

- «Климатический фактор Y_{34} » {М, Мал, Сред, Бл, Мх};
- «Фактор объемно-видовой Y_{12} » {М, Мал, Сред, Бл, Мх};
- «Диэлектрическая проницаемость, ϵ_k » {М, Мал, Сред, Бл, Мх}.

В графическом виде предложенные нечеткие функции принадлежности для вывода функции диэлектрической проницаемости $\epsilon_k = f(Y_{12}, Y_{34})$ приведены на рис. 3.

2.2.2. Разработка базы правил нечеткой продукции

Самыми известными методами нечеткого вывода являются Мамдани и Сугено. А наибольшее применение, особенно в контроллерах автоматического управления, получил метод Мамдани [2,3]. Особенностью этого метода является использование базы правил нечеткой продукции. При создании базы правил рассматриваются варианты возможных значений входных параметров и их влияние в этих случаях на выходную переменную. Например:

- Если Y_{12} = «Среднее» и Y_{34} = «Большое», То ϵ_k = «Большое»;

- Если Y_{12} = «Большое» и Y_{34} = «Минимальное», То ϵ_k = «Малое».

Для большого количества правил задействуются другие значения исходных параметров (Y_{12} и Y_{34}),

На основе такого подхода разрабатываются и другие правила. При этом варьируют различными значениями входных переменных, а для оценки их влияний на выходной параметр учитывают известные экспериментальные данные, результаты различных теоретических исследований, мнений экспертов. Таким образом была сформирована база правил нечеткого вывода (табл. 1) функции оценки диэлектрической проницаемости $\epsilon_k = f(Y_{12}, Y_{34})$.

3. СИНТЕЗ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ

Рассматриваемые в задаче исходные данные, параметры лесной среды, климатические параметры, а также выходная величина диэлектрическая проницаемость характеризуются в данном случае неопределенностью. Формализация задачи позволяет реализовать ее в компьютерной среде.

Как было сказано, для процедуры нечеткого вывода функции диэлектрической проницаемости $\epsilon_k = f(Y_{12}, Y_{34}) = f(V, W, \alpha, T)$ был использован метод Мамдани с базой правил нечеткой продукции (табл. 1). В самом общем виде схема такого вывода в системе Matlab [12] иллюстрирована на рис. 4.

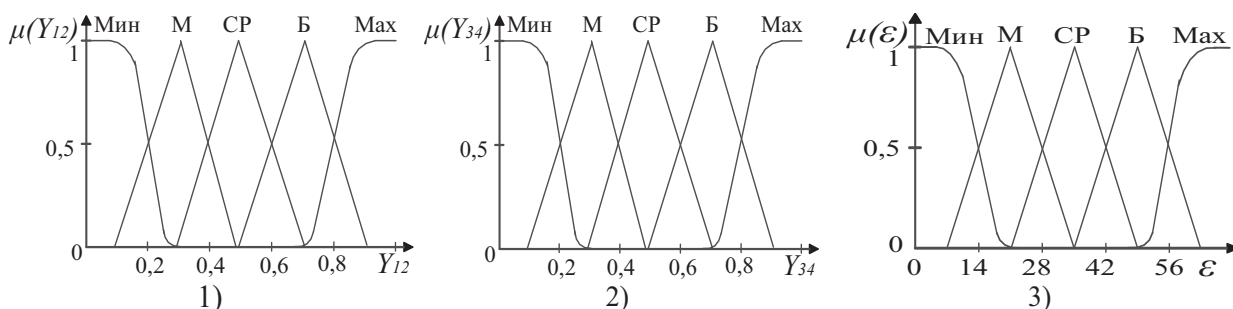


Рис. 3. Лингвистические переменные:

1 – фактор объемно-видовой Y_{12} ; 2 – климатический фактор Y_{34} ; 3 – диэлектрическая проницаемость, ϵ_k

Таблица 1. Разработанная база правил для вывода диэлектрической проницаемости

Лингвистическая переменная «Климатический фактор Y_{34} »	Выходные нечеткие подмножества «Диэлектрическая проницаемость, ϵ_k » при значениях функции «Фактор объемно-видовой Y_{12} »				
	М	Мал	Сред	Бл	Мх
М	М	М	Мал	Мал	Сред
Мал	М	Мал	Мал	Сред	Сред
Сред	Мал	Мал	Сред	Сред	Бл
Бл	Сред	Сред	Бл	Бл	Мх
Мх	Сред	Бл	Бл	Мх	Мх

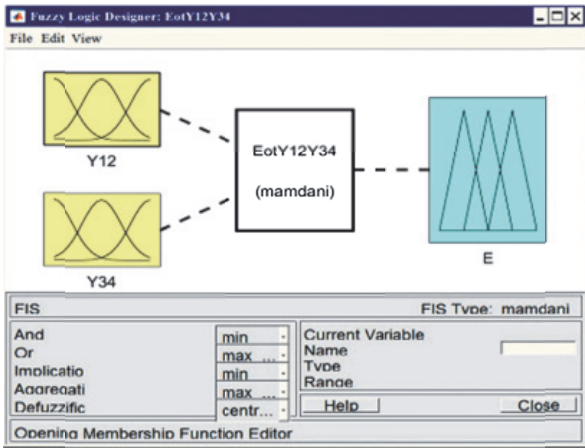
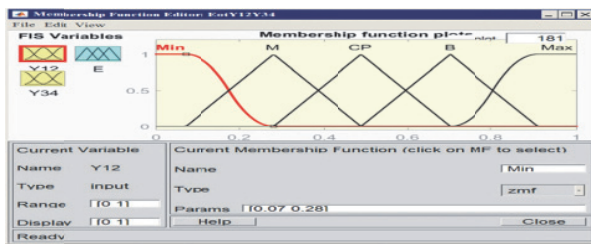


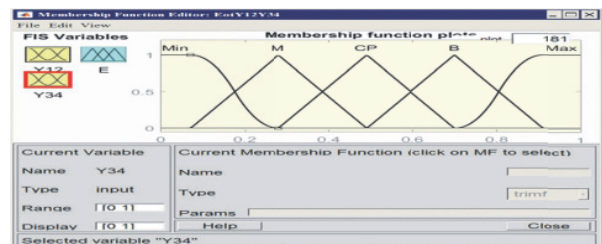
Рис. 4. Иллюстрация в общем виде схемы нечеткого вывода

Наиболее развитой средой для разработки нечетких систем является FIS Editor приложение Matlab (рис. 5), которое было использовано для реализации задачи создания интеллектуальной системы на основе нейронечеткой сети. Алгоритм методики нечеткого вывода заключительного слоя сети включал следующие процедуры:

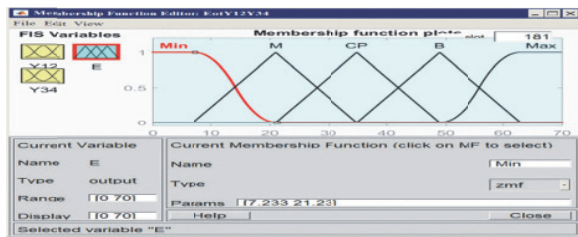
1. Введение нечеткости в задачу (фаззификация), (рис. 5а-5в);
2. Разработка базы правил для нечеткого вывода (рис. 5г);
3. Нечеткий вывод с использованием базы правил (рис. 5д);
4. Приведение к четкости результатов вывода (дефаззификация), (рис. 5д);
5. Расчет и графическое построение конечной функции (рис. 5е).



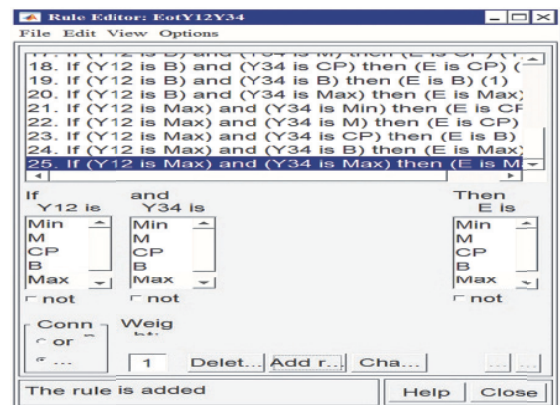
1)



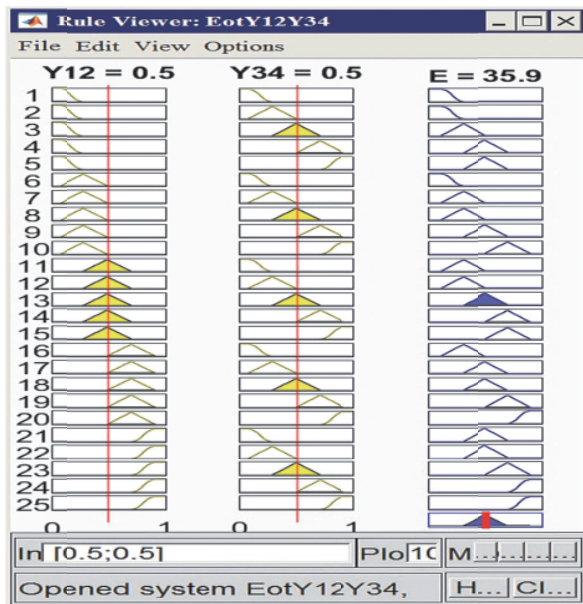
2)



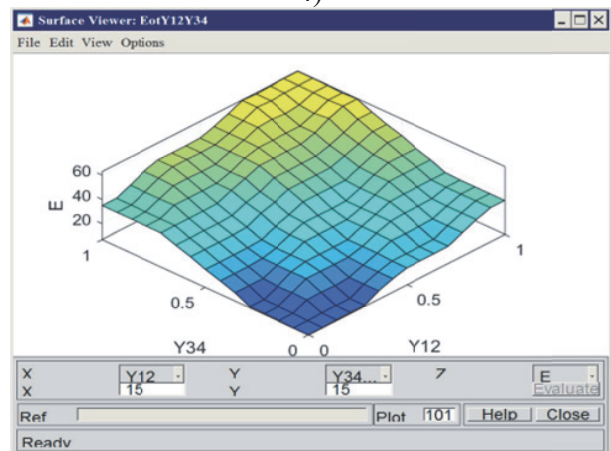
3)



4)



5)



6)

Рис. 5. Процедура нечеткого вывода функции $\varepsilon_k = f(Y_{12}, Y_{34})$:

- 1- задание переменной «Фактор объемно-видовой Y_{12} »;
- 2 - задание переменной «Климатический фактор Y_{34} »;
- 3 - задание переменной «Диэлектрическая проницаемость, ε_k »;
- 4 - база правил;
- 5 - процедура нечеткого вывода;
- 6 - конечная функция ε_k

В результате рассчитанная функция включается в заключительной слой нейронечеткой продукционной сети и позволяет рассчитывать диэлектрическую проницаемость лесной среды. Модель используется в интеллектуальной экспертной системе в процессе радиочастотного мониторинга.

4. ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ В СРЕДЕ SIMULINK

Интеллектуальная система для практического использования должна быть реализована в компьютерной программе. Поскольку все нечеткие выводы выполнены в приложении FIS Editor то обобщенную модель или нейронечеткую сеть следовало создать также в приложении Matlab в среде визуально-блочного имитационного моделирования Simulink (рис. 6).

Для реализации модели разработан m-файл, содержащий форму пользовательского интерфейса (рис. 6б) в которой задаются исходные данные. Исходные данные вводятся пользователем в Simulink-модель через блоки **Constant** «Vi», «a», «T», «W» (рис. 6а). В системе Matlab все данные в матричной форме, поэтому введенные векторы с исходными параметрами передаются в блоки **Mux1** и **Mux2**, где объединяются и последовательно передаются в блоки **Fuzzy Inference System** для нечеткого вывода. В блоке с именем «EotVA(Y12)» предусмотрена процедура нечеткого вывода значения диэлектрической

проницаемости. Здесь рассчитывается зависимость от параметров лесной среды. В блоке с именем «EotTW(Y34)» выполняется процедура вывода в зависимости от климатических факторов. В структуре обобщенной модели в этих блоках получают значения объемно-видового фактора лесной среды Y12 и климатического фактора Y34. Величины этих факторов представляются в безразмерном, нормированном виде Y_{in} от 0 до 1.

Этот расчет выполняется по формуле

$$Y_{in} = Y_i / (Y_{imax} - Y_{imin}), \quad (1)$$

где Y_{imax} и Y_{imin} – максимальное и минимальное значение параметра;

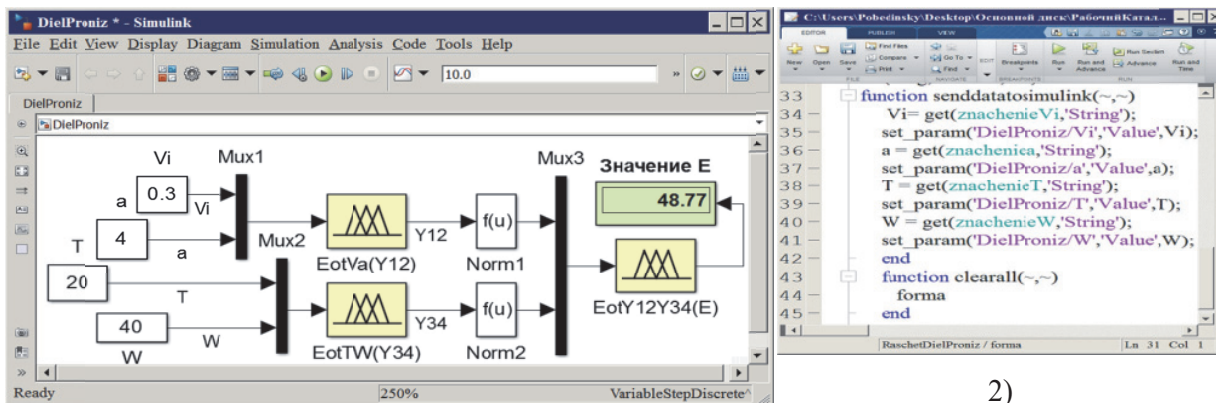
Y_i – текущее (заданное в исходных данных) значение параметра.

Нормирование выполняется в блоках с именами «Norm1» и «Norm2» математической функции **f(u)** с записанными в блоки формулами (1).

После нормирования сигналы подаются в блок **Mux3** (мультиплексор). Здесь снова объединяются в последовательный вектор параметров и передаются в блок с именем «EotY12Y34(E)» **Fuzzy Inference System**. Сигнал с окончательным результатом (с именем «Значение E») диэлектрической проницаемости поступает в блок **Display** и отображается в цифровом виде на электронном дисплее.

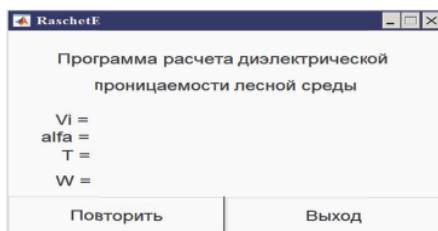
5. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

Рассматривая результаты с точки зрения отличия от существующих исследований, следует



1)

2)



3)

Рис. 6. Интеллектуальная система для вывода функции $\epsilon_k = f(Y_{12}, Y_{34}) = f(V, \alpha, W, T)$ в среде Simulink приложения Matlab: 1 – модель в среде Simulink; 2 – ввод данных, фрагмент m-файла Matlab; 3 – интерфейс программы

анализировать их по следующим критериям научной и практической ценности:

- отличие от известных результатов;
- научная новизна;
- практическая применимость.

Следует отметить, что ни за рубежом, ни в России достаточно полноценных исследований с целью создания систем радиочастотного мониторинга леса, не проводилось. Известна одна работа д.ф.-м.н. В.И. Попова (Латвия), в ней рассматривалась лесная среда как многослойная структура в виде квазиоднородной анизотропной линейной среды, фактически сводившейся в конечном итоге к однородной среде из-за ряда допущений в модели. Следовательно, системы мониторинга к перемещению лесосырьевых потоков будут нечувствительны.

В настоящей работе лесная среда рассматривается в дискретном представлении суммой элементов леса. Как подтверждено в результате экспериментов, это обеспечивает измерение параметра диэлектрической проницаемости с высокой точностью. Точность измерения параметра на величину, эквивалентную изменению диэлектрической проницаемости от одного бревна, позволяет улавливать его перемещение из зоны действия RFID-датчика и контролировать сырьевые потоки в лесу.

Главное отличие заключается в определении и формализации зависимости комплексной диэлектрической проницаемости лесной среды от характеристик лесного массива и климатических параметров. Задача решена для условий неопределенности в виде интеллектуальной системы.

Научную новизну результатов обуславливает впервые предложенный теоретический подход к оценке параметров лесной среды. В данном случае она рассматривается дискретно, как сумма элементов леса. Также впервые предложено определение диэлектрической проницаемости на основе интеллектуальной системы в виде нейронечеткой продукционной сети.

Практическая применимость результатов заключается в использовании для проектирования конструктивных параметров и топографии систем радиочастотного мониторинга лесного фонда. Но наиболее перспективное применение будет в возможности создания на базе мониторинга лесного фонда структуры информационного обеспечения автоматизированной системы лесоуправления и лесопользования.

ВЫВОДЫ

На основании исследований можно сделать следующие выводы:

1. Реализация стратегических задач лесной отрасли в направлении совершенствования ме-

тодов мониторинга лесов требует принципиально новых решений, одним из перспективных будет создание систем наземного мониторинга в виде сети устройств RFID, для которых используются интеллектуальные системы.

2. Использовать для исследований в условиях неопределенности новых объектов известные статистические методы во многих случаях является недостаточно обоснованным. Мировой опыт показывает, что для подобных условий в наибольшей степени корректным будет аппарат теории нечетких множеств, а также и ее приложений, например, нечеткой логики, нейронечетких продукционных сетей.

3. Разработанная интеллектуальная система в виде нейронечеткой продукционной сети для определения диэлектрической проницаемости участка леса дает принципиально новые возможности для решения такой задачи. В этом случае учитываются основные характеристики лесной среды и климатические параметры. Адекватность моделей проверена сопоставлением результатов моделирования с экспериментальными данными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Побединский А.А.* Обоснование параметров системы радиочастотного мониторинга лесного фонда: дис. ... кандидат, техн. наук. Специальность 05.21.01/ Побединский Андрей Анатольевич. [Место защиты УГЛТУ, 25.04.2018] – Екатеринбург, УГЛТУ, 2018.- 203 с.
2. *Pezgam A.* Нечеткое моделирование и управление / А. Перат. –М.: БИНОМ, 2009. – 798 с.
3. *Zadeh L.A.* (1988). Fuzzy logic / IEEE Transactions on Computers. –Vol. 21. – No. 4. – pp. 83-93.
4. *Gour Alekh, Pardasani K. R.* (2018). Statistical and Soft Fuzzy Set Based Analysis of Amino Acid Association Patterns in Peptide Sequence of Swine Influenza Virus / Advanced Science, Engineering and Medicine. – Vol. 10. – No 2. – 2018. – pp. 137-144. DOI: <https://doi.org/10.1166/asem.2018>.
5. *Miranda G. H. B., Felipe J. C.* (2015). Computer-aided diagnosis system based on fuzzy logic for breast cancer categorization / Computers in Biology and Medicine. – No 64(1). – 2015. – pp. 334-34.
6. *Hollstein Betina, Wagemann Claudius* (2014). Fuzzy set analysis of network data as mixed method / Personal networks and the transition from school to work. In Silvia Dominguez & Betina Hollstein (Eds.), Mixed-methods social network research. New York: Cambridge University Press. – pp.237-268.
7. *Skaaning, Svend-Erik* (2011). Assessing the robustness of crisp-set and fuzzy-set QCA results / Sociological Methods & Research. –No 40(2). – pp. 391-408.
8. *Sinem Yilmaz, Gökhan Çuvalcıoğlu* (2016). On Study of Some Intuitionistic Fuzzy Operators for Intuitionistic Fuzzy Algebraic Structures / Journal of Fuzzy Set Valued Analysis. –Issue 3.–2016.–pp. 317-325. Article ID jfsva-00349.
9. *Radionovs A., Uzhga-Rebrov O.* (2016). Environmental Risk Assessment by Fuzzy Multiple Criteria Decision

- Making Approach, in International Scientific School «Modelling and Analysis of Safety and Risk in Complex Systems». –Saint-Petersburg, Russia. –pp. 119-124. Oct. 25-28, 2016.
10. Amini A., Nikraz N. (2016). Proposing Two Defuzzification Methods based on Output Fuzzy Set Weights / International Journal of Intelligent Systems and Applications. –Vol. 8. –No. 2. –2016. – pp. 1-12. <https://doi.org/10.5815/ijisa.2016.02.01>.
11. Uraon K. K., Kumar S. (2016). Analysis of Defuzzification Method for Rainfall Event / International Journal of Computer Science and Mobile Computing. –Vol. 1. –No. 1. –pp. 341-354.
12. MATLAB® & Simulink® Release Notes for R2008a.- URL: <http://www.mathworks.com> (дата обращения 14.09.2018).

INTELLIGENT SYSTEM FOR DETERMINING THE DIELECTRIC PERMEABILITY OF THE FOREST ENVIRONMENT DURING RADIO FREQUENCY MONITORING

© 2018 V. V. Pobedinskiy¹, I. N. Kruchinin¹, A. A. Pobedinskiy²

¹ Ural State Forestry University, Ekaterinburg

² State Agrarian University of the Northern Trans-Urals, Tyumen

The global problem of preserving forests from illegal logging, fires, as well as collecting information about the state of the forest fund and forest resources is considered. It is noted that the existing forest monitoring systems do not functionally ensure the implementation of such tasks and, all the more, the whole complex at the same time. To implement the strategic plans for the development of the industry, new, more sophisticated monitoring systems are needed that use the latest advances in information technology. The paper proposes a solution to the problem on the basis of the radio frequency monitoring system of the forest fund of the ground type in the form of a network of radio frequency (RFID) devices. For the design and deployment in the forest of such a network, the value of one of the most important parameters of the forest environment of its complex dielectric permittivity is necessary. It is not possible to do this with traditional statistical ones, therefore the fuzzy modeling method was used and earlier in previous works the main functional dependencies were obtained, which allow to form a generalized intellectual system. Thus, the purpose of these studies was to develop an intelligent system in the form of a neurofibril production network for assessing the complex dielectric permittivity of the forest environment. The methodological basis of the research was the theory of information and signaling, fuzzy modeling. The result of the research is a developed intellectual system for assessing the complex dielectric permittivity of the forest environment and a software implementation of the model in the Simulink environment. Practical application of the results is provided for the design of design parameters and topography in the forest of radio frequency monitoring systems of the forest fund.

Keywords: radio frequency monitoring of the forest fund, complex dielectric permeability of the forest plot, forest parameters, fuzzy conclusion, neuro-fuzzy network, intelligent system.

Vladimir Pobedinsky, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Service and Technical Operation. E-mail: pobed@e1.ru

Igor Kruchinin, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport and Road Construction. E-mail: kinaa.k@ya.ru

Andrey Pobedinsky, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Forestry, Woodworking and Applied Mechanics. E-mail: vm993711@mail.ru