

УДК 004.89

**КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ
ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ В РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ НА ОСНОВЕ
ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ**

Стрюков М.Б.

д.ф.-м.н, доцент, зав. каф. ФиПМ РГЭУ (РИНХ)

mstryukov@mail.ru

Кузьминов А.Н.

д.э.н, профессор, г.н.с. Института развития технологий
цифровой экономики РГЭУ (РИНХ)

mr.azs@mail.ru

Аннотация: Построена методика, позволяющая на основе теории нечетких множеств сформировать комплексную оценку эффективности лесовосстановления по временным рядам трех групп: динамики показателей по лесовосстановлению, динамики выполнения мероприятий по рубкам ухода и информации о патрулировании территории лесного фонда. При этом вклад каждого из рассматриваемых показателей оценивается с помощью весового коэффициента, отражающего его значимость.

Ключевые слова: стандартные многоуровневые нечеткие $[0,1]$ - классификаторы, методика оценки, эффективность лесовосстановления.

**A COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF
REFORESTATION IN THE ROSTOV REGION BASED ON THE
THEORY OF FUZZY SETS**

Stryukov M.B.

Kuzminov A.N.

Abstract: A technique has been constructed that allows, based on the theory of fuzzy sets, to formulate a comprehensive assessment of the effectiveness of reforestation according to the time series of three groups: the dynamics of indicators for reforestation, the dynamics of measures for thinning and information on patrolling the territory of the forest fund. In this case, the contribution of each of the considered indicators is estimated using a weight coefficient reflecting its significance.

Keywords: standard multilevel fuzzy $[0,1]$ - classifiers, estimation technique, reforestation efficiency.

Предложена новая методика, базирующаяся на методах теории нечетких множеств [11] и позволяющая оценить эффективность лесовосстановления по трем группам: динамики показателей по лесовосстановлению, динамики выполнения мероприятий по рубкам ухода и информации о патрулировании территории лесного фонда. Основные принципы методики оценки эффективности лесовосстановления повторяют соответствующие принципы авторской методики оценки эффективности сельскохозяйственного производства [12], [13]. Математический аппарат, положенный в основу методики и представляющий собой модификацию стандартных пятиуровневых нечетких $[0,1]$ -классификаторов подробно раскрыт в указанных работах. Используется следующий алгоритм.

Этап 1. Формирование списка из значимых показателей эффективности лесовосстановления по группам динамики показателей по лесовосстановлению, динамики выполнения мероприятий по рубкам ухода и патрулированию территории лесного фонда.

Этап 2. Ранжирование важности исследуемых показателей для оценки интенсивности сельского хозяйства, расчет их весовых коэффициентов на основе экспертных оценок.

Этап 3. Расчет нормированных (то есть принадлежащих отрезку $[0,1]$) числовых значений исследуемых показателей за рассматриваемый период n лет на основе формул, определяемых смыслом задачи.

Этап 4. Задание лингвистических переменных. Нормированные значения показателей, определенные на Этапе 3, являются числовыми значениями нечетких переменных с универсальным множеством (носителем) в виде отрезка $[0,1]$. Им сопоставляются лингвистические переменные с терм-множествами, состоящими из пяти термов: «очень низкий уровень показателя»; «низкий уровень показателя»; «средний уровень показателя»; «высокий уровень показателя»; «очень высокий уровень показателя». Функции принадлежности лингвистических переменных определены с помощью стандартных трапециевидных функций.

Кроме того, вводим в рассмотрение лингвистические переменные: γ = «комплексная оценка эффективности лесовосстановления»; γ_1 = «оценка динамики показателей по лесовосстановлению»; γ_2 = «оценка динамики выполнения мероприятий по рубкам ухода»; γ_3 = «оценка патрулировании территории лесного фонда». Универсальным множеством для каждой лингвистической переменной является числовой отрезок $[0,1]$, а множеством значений всех четырех переменных $\gamma, \gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ – терм-множество $G = \{G_1, G_2, G_3, G_4, G_5\}$, где G_1 – «устойчивая тенденция к уменьшению роста»; G_2 – «тенденция к уменьшению роста»; G_3 – «тенденция к стагнации»; G_4 – «тенденция к росту»; G_5 – «устойчивая тенденция к росту». Функции принадлежности также имеют стандартную трапециевидную форму.

Этап 5. Переход от числовых значений показателей к числовым значениям оценок на основе общего алгоритма работы стандартных пятиуровневых нечетких $[0,1]$ – классификаторов [1,2].

Этап 6. Лингвистическое распознавание полученных числовых оценок в соответствии с определением терм-множества $G = \{G_1, G_2, G_3, G_4, G_5\}$, а также анализ полученных оценок интенсивности на основе числовых значений показателей и рекомендации по коррекции сложившейся ситуации. Оценка динамики лесовосстановления осуществлена на основе комплекса из 15 показателей учетом позитивной и негативной динамики их изменения (данные взяты из ежегодного издания «Экологический вестник Дона» [3]: 1) фонд лесовосстановления, тыс. га; 2) лесовосстановление, всего, га; 3) в том числе на гарях; 4) приживаемость 1- леток хвойных, %; 5) приживаемость 1- леток лиственных, %; 6) агротехнический уход за лесными культурами, га; 7) обработка почвы под лесные культуры, га; 8) выращивание стандартного посадочного материала, тыс. шт.; 9) заготовка и приобретение семян, кг; 10) ввод молодняков в категорию ценных насаждений; 11) объемы списания лесных культур, всего га; 12) в том числе списано лесных культур первого года создания; 13) заложено ценных лесных культур – сосна; 14) – робиния лжеакация; 15) – дуб.

Данные представлены за 10 лет, с 2009 по 2018 год. Оценка динамики выполнения мероприятий по рубкам ухода осуществлена на основе комплекса из пяти показателей за 10 лет, с 2009 по 2018 год: 1) осветления и прочистки; 2) прореживание; 3) проходные рубки; 4) сплошные санитарные рубки; 5) выборочные санитарные рубки.

Оценка патрулирования территории лесного фонда осуществлена на основе комплекса из трех показателей за 10 лет, с 2009 по 2018 год: 1) количество маршрутов патрулирования (шт); 2) общая протяженность маршрутов патрулирования (км); 3) количество рейдов, проведенных по территории лесного фонда Ростовской области (шт).

Таким образом, эффективность лесовосстановления в Ростовской области необходимо оценить по 23 показателям на основе имеющихся статистических данных за 10 лет. Вклад каждого из показателей в итоговую оценку не является равнозначным и определяется методом попарных сравнений. Показатели имеют различный экономический смысл, масштаб и размерность. Кроме того, для рассматриваемых показателей в настоящее время отсутствуют общепринятые нормативы. «Позитивной» считается тенденция постоянного положительного прироста показателей; «негативной» – нулевого либо отрицательного прироста по каждому из показателей. Поэтому расчет агрегированных значений исследуемых показателей эффективности лесовосстановления за рассматриваемый период N лет осуществлен на основе схемы, интегрирующей временные ряды данных по каждому из показателей и учитывающей значимость различных временных периодов за счет весовых коэффициентов.

Расчеты показали, что итоговая оценка эффективности лесовосстановления в Ростовской области есть «хорошо». В то же время, для улучшения ситуации с лесовосстановлением в Ростовской области необходимо обратить внимание на выполнение мероприятий по рубкам леса, в первую очередь, на прореживание и сплошные санитарные рубки. В области общих показателей лесовосстановления следует обратить внимание

на лесовосстановление на гарях (га), а также закладку ценных лесных культур – дуба и сосны.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Alekseychik T.V., Bogachev T.V., Karasev D.N., Sakharova L.V.& Stryukov, M.B. Fuzzy method of assessing the intensity of agricultural production on a set of criteria of the level of intensification and the level of economic efficiency of intensification // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2019. – Т.896. –С. 790-798.
2. Vovchenko N. G., Stryukov M.B., Sakharova L.V. & Domokur O.V. Fuzzy-logic analysis of the state of the atmosphere in large cities of the industrial region on the example of Rostov region // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2019. – Т. 896. – С. 709-715.
3. Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2011/ 2012/.../2017 году». (2011/ 2012/.../2017) Ростов-на-Дону: Правительство Ростовской области.