

**Светлана Алексеевна Емельяненко**

студентка, Волгоградский государственный технический университет. Россия, 400005, Волгоград, пр. Ленина, 28; sveta8.com@mail.ru

**Данила Сергеевич Парыгин**✉

канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой цифровых технологий в урбанистике, архитектуре и строительстве, Волгоградский государственный технический университет. Россия, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1; dparygin@gmail.com

**Александр Олегович Анохин**

младший научный сотрудник кафедры цифровых технологий в урбанистике, архитектуре и строительстве, Волгоградский государственный технический университет. Россия, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1; alex.anokhin.st@gmail.com

**Илья Сергеевич Зеленский**

младший научный сотрудник кафедры цифровых технологий в урбанистике, архитектуре и строительстве, Волгоградский государственный технический университет. Россия, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1; ilyhasmarine@gmail.com

**Владимир Сергеевич Ярцев**

магистрант, Волгоградский государственный технический университет. Россия, 400005, Волгоград, пр. Ленина, 28; v.rainovsky@yandex.ru

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОГО АСПЕКТА ГОРОДСКОЙ ЭКОЛОГИИ  
(НА ПРИМЕРЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СЛЕДА  
НОВОГОДНЕЙ ЕЛИ)\***

Экология городской жизни включает множество аспектов, определяющих устойчивое развитие урбанизированных территорий и качество среды обитания человека. Существует множество факторов, определяющих постоянную нагрузку на экосистему, в числе которых выбросы транспорта, коммунальные стоки, твердые бытовые отходы, деятельность промышленных предприятий. Но экологический баланс не замыкается внутри городской черты, внешние воздействия от мощных источников загрязнения могут быть получены с течением рек или переносом воздушных масс и, в конечном счете, формируются всей совокупностью единого экологического пространства планеты. На современном этапе развития, вместе с глобализацией социальных и экономических связей, человечество «вспомнило» о взаимозависимости экологических собы-

---

\* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда и Администрации Волгоградской области № 22-11-20024. URL: <https://rscf.ru/project/22-11-20024/> Ссылка активна на 01.11.2022.

тий, приняв в качестве мерил оставляемый деятельностью людей экологический след. В таком контексте каждое действие человека должно рассматриваться как фактор влияния, что тем более актуально в условиях концентрированных сообществ, формируемых городским способом расселения. В данной статье предлагается рассмотреть проблему использования природных ресурсов при организации новогодних праздников, связанную с производством, продажей и утилизацией натуральных и искусственных хвойных деревьев. Сегодня в мире ежегодно вырубается около 120 млн хвойных деревьев для продажи на елочных базарах. К этому числу прибавляется производство пластиковых символов Нового года. В статье приводятся сравнительные оценки влияния на окружающую среду двух видов деревьев. Предлагается методика исследования их экологического следа, в рамках которой рассмотрены анализируемые факторы. Описаны этапы задания лингвистических переменных, термножеств, база правил системы с использованием алгоритма Мамдани и моделирование при помощи программы MATLAB в редакторе системы нечеткого вывода FuzzyLogic. На основе полученных моделей зависимости вреда делаются выводы о подходах к потреблению натуральных и искусственных новогодних деревьев для уменьшения производимого экологического следа.

**Ключевые слова:** городская экология, углеродный след, экологический след, натуральные хвойные деревья, искусственные новогодние деревья, MATLAB, системы нечеткого вывода, FuzzyLogic, алгоритм Мамдани, модель зависимости факторов.

**Для цитирования:** Емельяненко С. А., Парыгин Д. С., Анохин А. О., Зеленский И. С., Ярцев В. С. Исследование одного аспекта городской экологии (на примере экологического следа новогодней ели) // Социология города. 2022. № 3. С. 83—100. DOI: 10.35211/19943520\_2022\_3\_83

## Введение

Городская экология включает множество факторов, определяющих качество жизни человека и устойчивость развития урбанизированных территорий. Несмотря на контроль и обязательства соблюдения экологических норм, промышленные предприятия являются источником загрязнения воздуха, воды и почвы (Парыгин и др., 2018). Но и без них повседневная жизнедеятельность человека имеет значительное количество неблагоприятных последствий. Это и очевидные проблемы выбросов от автотранспорта, стоков коммунальных отходов, бытового мусора, а также косвенные явления, такие как эффект теплового острова, меняющий микроклимат застроенных территорий, или изменение естественных ландшафтов, прерывающее коммуникацию живой природы и течение грунтовых вод (Sadovnikova et al., 2013). Не менее масштабно воздействуют на экологию в целом факторы обеспечения процессов функционирования городов различными, поставляемыми извне, ресурсами, например жизненно важными электричеством или продуктами питания (Agarwal и соавт., 2022).

Однако в масштабах мирового расселения реализация любых, даже кратковременных и фрагментарных потребностей, может стать серьезным аспектом экологического баланса. Так, новогодние праздники становятся причиной ежегодной вырубки большого количества долго растущих хвойных пород деревянистых растений, продаваемых на елочных базарах и в

супермаркетах. В связи с оценкой обществом вреда от вырубki деревьев, а также с развитием производственных технологий стала возрастать популярность искусственных елей, которые теперь продаются в самых разных цветах, размерах и вариантах. Срок службы пластиковых деревьев измеряется годами и теоретически не ограничен, а фактически зависит от условий эксплуатации и желания самого потребителя.

Одним из следствий развития общества стало формирование тренда на экологическую осознанность, измеримым выражением которой можно считать учет углеродного следа (Карась, 2021). Любые хозяйственные действия человека, а тем более связанные с производством, влекут за собой прямую или опосредованную трату природных ресурсов. Жизненный цикл использования искусственной ели от этапа ее создания до утилизации оставляет свой углеродный след, сила которого может варьировать, например, от подхода к обращению с отработанным пластиком (переработка или многолетнее складирование на мусорных полигонах).

В связи с этим сформулирована задача оценки вреда от вырубki специально выращиваемых для новогодних праздников хвойных деревьев или производства пластиковых деревьев. Решение данной задачи предлагается посредством разработки расчетной модели, учитывающей некоторый набор параметров, которые в конечном счете характеризуют производство и эксплуатацию того и другого продукта. Для этого сначала рассмотрим, использование какого дерева на Новый год можно считать более экологичным в единичном случае, а затем разберем параметры, по которым можно будет определить, какая модель потребления наносит больший вред природе в условиях целого города, для чего исследуем различные модели использования живых и искусственных елей людьми.

## 1. Живые vs искусственные новогодние ели: существующие оценки влияния на окружающую среду

**Натуральные хвойные деревья.** Каждый год в мире с целью использования на новогодних и рождественских праздниках вырубается примерно 120 млн деревьев (Крагжда, 2021). Чаще всего это ели, сосны и пихты. До высоты около 2 м такие деревья вырастают в среднем за 7 лет (Стадии жизни..., 2009).

Питомники и лесные хозяйства заготавливают большую часть сертифицированных хвойных деревьев. По данным Минприроды России, вырубка разрешена только в специально отведенных местах и контролируется специалистами ведомства (Там же, 2009; Рослесхоз подготовил..., 2020; Крагжда, 2021).

Часть хвойных вырубают при строительстве или очищении линий электропередач, автомобильных и железных дорог, трубопроводов и противопожарных просек. Однако, ввиду естественного роста, такие деревья считаются менее красивыми, в отличие от выращенных в питомниках и привозимых из Скандинавских стран, Польши или Канады (Какие елки зеленее?, 2012; Крагжда, 2021).

Чтобы вырастить натуральные деревья, в сельском хозяйстве могут использовать пестициды и химические удобрения, тем самым накапливая совокупный вред природе и здоровью человека. Иногда применяются герби-

циды, такие как глифосат, что становится причиной отравлений работников на плантациях. Новой тенденцией стала селекция деревьев, устойчивых к вредителям, что сокращает применение пестицидов и затраты на них. Кроме того, для выращивания хвойных растений выбирают земли, которые не подходят для использования под другие сельскохозяйственные растения (Крагжда, 2021).

**Искусственные новогодние ели.** Примерно 80 % искусственных деревьев изготавливают в Китае (Козловских, 2018). Для их производства расходуют следующие материалы (Экономика новогодних елок..., 2012; Крагжда, 2021):

- пластик из нефти – поливинилхлорид, производство которого сопровождается выбросами диоксида, этилендихлорида и винилхлорида, оказывающих влияние на иммунную систему человека и увеличивающие риск развития рака;

- для упаковки и доставки — сталь, алюминий и картон;

- для искусственных иголок — свинец, который негативно влияет на здоровье почек, нервной и репродуктивной системы.

**Общее сравнение углеродного следа.** Изготовление искусственного дерева выделяет больше углекислого газа, чем выращивание живого. Считается, что с ростом концентрации этого парникового газа в атмосфере происходит изменение климата, увеличивается число стихийных бедствий и температурных скачков.

При производстве и утилизации одного искусственного дерева высотой около 2 м выбрасывается примерно 40 кг парниковых газов (Варламов, 2019; Рослесхоз подготовил..., 2020). Около 2/3 углеродного следа дерева составляет пластик, из которого оно сделано. По данным анализа, проведенного экологического бюро GREENS, углеродный след при производстве искусственных елей на заводе с доставкой из Китая составляет почти 57 кг CO<sub>2</sub> (Какие елки зеленее?, 2012).

Общий углеродный след живой ели равен 2,6 кг CO<sub>2</sub>. Получается, что даже при том, что срубленное хвойное дерево используется только один сезон, а искусственная ель — в среднем 6 лет, выбросы CO<sub>2</sub> от использования живой дерева почти в 3,5 раза меньше (Живые новогодние елки..., 2018).

Согласно данным WWF, такой углеродный след натуральных растений рассчитан исходя из того, что хвойные выращиваются не в теплицах и без применения пестицидов и гербицидов (Какие елки зеленее?, 2012). Затраты на подогрев теплицы и производство удобрений увеличивают углеродный след.

Кроме того, натуральное дерево полностью биоразлагаемо. Однако если его вывезти на полигон для хранения отходов, то показатель выделяемого CO<sub>2</sub> увеличится до 16 кг, так как хвойные растения, как и любой органический мусор, будут выделять метан, влияющий на изменение климата (Крагжда, 2021). В живой природе деревья тоже умирают и падают, но в естественной среде разложение происходит при других условиях, и мертвая древесина становится не городским мусором, а питательной средой для роста новых растений и организмов (Рослесхоз подготовил..., 2020).

## 2. Методика исследования экологического следа

### 2.1. Факторы экологического следа новогодней ели

**Число сезонов использования.** Исследование Американской ассоциации рождественских елок говорит, что при сравнении полного жизненного цикла натуральное дерево оказывает меньшее воздействие на окружающую среду, чем искусственное, но последнее будет экологичнее живого, если использовать его не менее 5 лет.

Британская организация Carbon Trust, помогающая компаниям в устойчивом развитии, считает, что нужно не менее 10 лет (Живые новогодние елки..., 2018), Greenpeace поднимает эту планку до 20 лет (Экономика новогодних елок..., 2012; Козловских, 2018; Варламов, 2019), а исследователи из университета Флоренции настаивают на необходимости использования искусственной ели в течение 37 лет (Iolov, 2021). При этом существующие оценки показывают, что искусственное дерево переживает в среднем около 6 праздников.

**Сертифицированность живых хвойных деревьев.** Предполагается, что меньший вред экологии приносят натуральные деревья, продаваемые организациями (магазинами, елочными базарами), которые имеют соответствующую разрешительную документацию и приобретают растения в лесничествах и питомниках (Козловских, 2018). Работа агрокомпаний, поставляющих хвойные деревья, включает компенсационные высадки новых деревьев взамен срубленных.

**Утилизация.** Переработка материалов, из которых сделано большинство искусственных елей, затруднена содержанием в них канцерогенного поливинилхлорида. Утилизация таких изделий посредством сжигания опасна из-за выделения канцерогенов в атмосферу, поэтому в основном пластиковые деревья попадают на свалки, хотя и такой способ утилизации имеет негативные последствия, так как вызывает закисление грунтовых вод.

На практике для уменьшения углеродного следа искусственные ели необходимо вводить в повторную эксплуатацию посредством передачи следующему владельцу (путем продажи или дарения) или использования для создания новогодних украшений дома или садового участка (в виде венков, гирлянд или других композиций). Цель этих действий — в максимизации сроков использования материалов ели без необходимости глубокой переработки.

В отличие от пластиковой ели, живое дерево полностью разлагается. Но если после окончания праздников растение попадает на свалку, то при разложении оно будет выделять метан — парниковый газ в 25 раз более активный, чем углерод (Крагжда, 2021). При сжигании хвойное дерево выделяет накопленный во время роста углекислый газ. Чтобы снизить углеродный след натурального дерева, его можно сдать на переработку (Рослесхоз подготовил..., 2020). Существуют котельные, работающие на древесных отходах. Имеются специальные дробилки древесины, позволяющие перерабатывать хвойные растения в компост или стружку для упаковки (Стадии жизни..., 2009). Экспериментальные подходы предполагают использование новогоднего растения в химической промышленности для получения древесного уксуса. В промышленных целях праздничные деревья используются для изготов-

ления древесно-стружечных плит, переработки в опилки для применения в качестве удобрения, подстилки для скота, санитарного барьера для дезинфекции транспорта, а также для посыпки дорог (Козловских, 2018; Стадии жизни..., 2009).

**Покупаемость живых и искусственных елей.** Регулярно проводятся исследования предпочтений потребителей, выбирающих натуральные и искусственные деревья на праздники или вообще не пользующихся хвойными в качестве новогодних украшений. Приведенные ТАСС данные опросов показывают, что практически половина россиян отдают предпочтение искусственным елям (48 %), натуральным деревьям — 27 % опрошенных, остальные 25 % не ставят новогодние деревья совсем или делают это редко (Исследование..., 2018).

## 2.2. Описание лингвистических переменных

Указанные выше факторы использовались для моделирования экологического следа новогодней ели. Исследование нацелено на определение вариаций параметров для оценки совокупного вреда экологии населенного пункта при различных моделях потребления. Такой подход призван наглядно показать эффект альтернативного выбора праздничного дерева.

В качестве входных переменных были выбраны:

- процент людей, выбирающих живые или же искусственные деревья;
- процент покупки у сертифицированных продавцов (для натуральных деревьев);
- количество сезонов службы (для искусственных елей);
- процент отправки на переработку (для натуральных деревьев).

Выходной переменной выступает наносимый вред природе от натурального или искусственного новогоднего дерева, формирующийся при определенной модели потребления.

Были заданы следующие входные лингвистические переменные:

- 1) покупаемость натуральной/искусственной ели (%), диапазон значений [0—100];
- 2) сертифицированность покупки (%), диапазон значений [0—100];
- 3) количество сезонов службы (лет), диапазон значений [1—40];
- 4) перерабатываемость (%), диапазон значений [0—100].

Выходная лингвистическая переменная: вред, наносимый природе (%), диапазон значений [0—100].

## 2.3. Полученные терм-множества

Терм-множества для входных переменных можно описать следующими выражениями:

Покупаемость = {«низкая», «средняя», «высокая»}.

Сертифицированность покупки = {«низкая», «средняя», «высокая»}.

Количество сезонов службы = {«мало», «средне», «много»}.

Перерабатываемость = {«низкая», «средняя», «высокая»}.

Терм-множество для выходной переменной описывается выражением:

Вред, наносимый природе = {«маленький», «средний», «большой»}.

Функции принадлежности (ФП) для входных переменных представлены в табл. 1—4.

**Таблица 1.** Функция принадлежности переменной «Покупаемость»

Терм	Значения для треугольной ФП
Низкая	0, 30
Средняя	25, 50, 75
Высокая	70, 100

**Таблица 2.** Функция принадлежности переменной «Сертифицированность покупки»

Терм	Значения для треугольной ФП
Низкая	0, 30
Средняя	25, 50, 75
Высокая	70, 100

**Таблица 3.** Функция принадлежности переменной «Количество сезонов службы»

Терм	Значения для треугольной ФП
Мало	0, 6
Средне	5, 7, 16
Много	15, 40

**Таблица 4.** Функция принадлежности переменной «Перерабатываемость»

Терм	Значения для треугольной ФП
Низкая	0, 30
Средняя	25, 50, 75
Высокая	70, 100

Для каждого термина возьмем диапазон значений функции принадлежности, каждый элемент которого ставится в соответствие некоторому действительному числу из интервала  $[0, 1]$ , где принадлежность значению 1 означает, что элемент определенно соответствует терму, а к значению 0 — определенно не соответствует терму.

Функции принадлежности для выходной переменной представлены в табл. 5.

**Таблица 5.** Функция принадлежности переменной «Вред, наносимый природе»

Терм	Значения для треугольной ФП
Маленький	0, 30
Средний	25, 50, 80
Большой	75, 100

#### 2.4. Таблицы правил для моделирования

Зададим таблицы правил отдельно для модели потребления искусственных и натуральных деревьев в населенном пункте. Путем сопоставления термов входных переменных перебором определим соответствие термов выходной переменной в зависимости от полученных комбинаций (табл. 6, 7).

### 3. Результаты нечеткой модели

Моделирование выполнялось при помощи программы MATLAB в редакторе системы нечеткого вывода FuzzyLogic (Тарасян, 2013).

Используя алгоритм Мамдани (Хижняков, 2013), сначала задают базу правил системы, затем происходит фаззификация входных переменных («Покупаемость» и «Количество сезонов»). Для определения степени принадлежности условия каждого правила системы использовалась min-конъюнкция. Согласно алгоритму Мамдани в процессе композиции использовался метод max-дизъюнкции (рис. 1). Приведение к четкости осуществлялось при помощи метода центра тяжести. В итоге получались выходные данные («Вред, наносимый природе»).

**Таблица 6.** Правила системы для моделирования с искусственным деревом

№ п/п	Входные переменные		Выходная переменная
	Покупаемость («низкая», «средняя», «высокая»)	Количество сезонов службы («мало», «средне», «много»)	Вред, наносимый природе («маленький», «средний», «большой»)
1	Низкая	Мало	Средний
2	Средняя	Мало	Большой
3	Высокая	Мало	Большой
4	Низкая	Средне	Маленький
5	Средняя	Средне	Средний
6	Высокая	Средне	Большой
7	Низкая	Много	Маленький
8	Средняя	Много	Маленький
9	Высокая	Много	Средний

**Таблица 7.** Правила системы для моделирования с натуральным деревом

№ п/п	Входные переменные			Выходная переменная
	Покупаемость («низкая», «средняя», «высокая»)	Сертифицированность («низкая», «средняя», «высокая»)	Перерабатываемость («низкая», «средняя», «высокая»)	Вред природе («маленький», «средний», «большой»)
1	Низкая	Низкая	Низкая	Большой
2	Средняя	Низкая	Низкая	Большой
3	Высокая	Низкая	Низкая	Большой
4	Низкая	Средняя	Низкая	Большой
5	Средняя	Средняя	Низкая	Большой
6	Высокая	Средняя	Низкая	Большой
7	Низкая	Высокая	Низкая	Средний
8	Средняя	Высокая	Низкая	Средний
9	Высокая	Высокая	Низкая	Средний
10	Низкая	Низкая	Средняя	Большой
11	Средняя	Низкая	Средняя	Большой



12	Высокая	Низкая	Средняя	Большой
13	Низкая	Средняя	Средняя	Средний
14	Средняя	Средняя	Средняя	Средний
15	Высокая	Средняя	Средняя	Большой
16	Низкая	Высокая	Средняя	Маленький
17	Средняя	Высокая	Средняя	Средний
18	Высокая	Высокая	Средняя	Большой
19	Низкая	Низкая	Высокая	Средний
20	Средняя	Низкая	Высокая	Средний
21	Высокая	Низкая	Высокая	Средний
22	Низкая	Средняя	Высокая	Маленький
23	Средняя	Средняя	Высокая	Маленький
24	Высокая	Средняя	Высокая	Средний
25	Низкая	Высокая	Высокая	Маленький
26	Средняя	Высокая	Высокая	Маленький
27	Высокая	Высокая	Высокая	Маленький

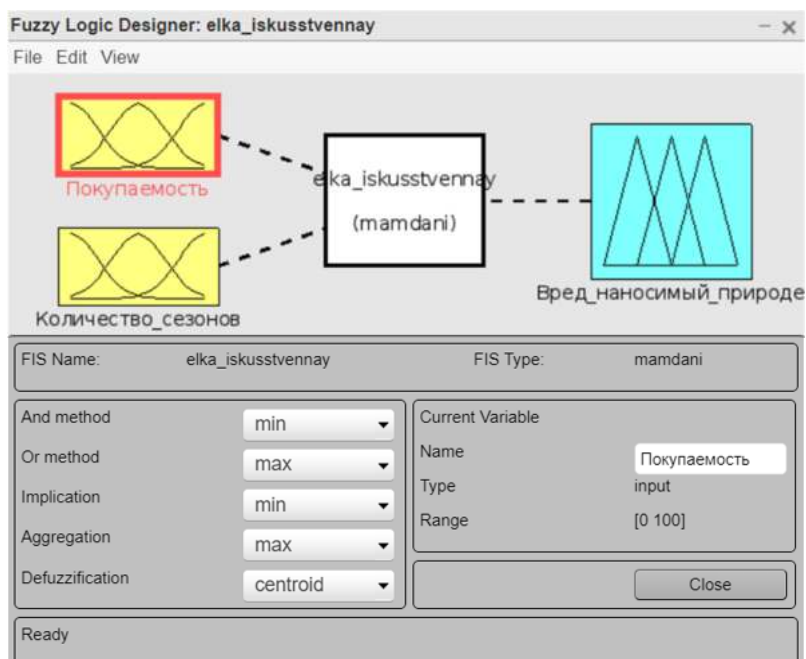


Рис. 1. Система нечеткого вывода с искусственными деревьями

На рис. 2 наглядно представлена треугольная ФП для каждой из входной или выходной переменных, сопоставленных по заданным правилам. Взяв для примера значение покупаемости искусственных елей, равное 50 % («средняя»), и количество сезонов их использования — 2 («мало»), увидим, что результат выходной переменной будет 89,4 % («высокий»). То есть если в

определенном городе половина купленных на праздник деревьев будут искусственными, а использоваться они будут лишь 2 сезона, то вред, наносимый природе, окажется очень серьезным (почти 90 %).



**Рис. 2.** Отображение правил для системы с искусственными деревьями

По модели (рис. 3) явно наблюдается то, каким образом соотносится процент покупаемости и количество сезонов использования для вычисления наносимого вреда от покупки искусственной новогодней ели. По оси  $X$  откладывается значение покупаемости, по  $Y$  — количество сезонов и по  $Z$  — процент вреда для природы. Как видно по зависимости, при меньшей покупаемости искусственных елей и максимальном времени их использования воздействие на природу окажется минимальным. Но кривая достаточно резко возрастает и переходит в желтую зону там, где количество сезонов использования наименьшее. Экологический след от такой покупки будет наиболее велик.



**Рис. 3.** Модель зависимости вреда, наносимого природе, от процента покупающих искусственные деревья и количества сезонов их использования

Входными переменными системы определения вреда от покупки натуральных хвойных деревьев на новогодние праздники являются «Покупаемость», «Перерабатываемость» и «Сертифицированность». Для этой системы также использовался алгоритм Мамдани и те же методы, что и в предыдущей системе (рис. 4).

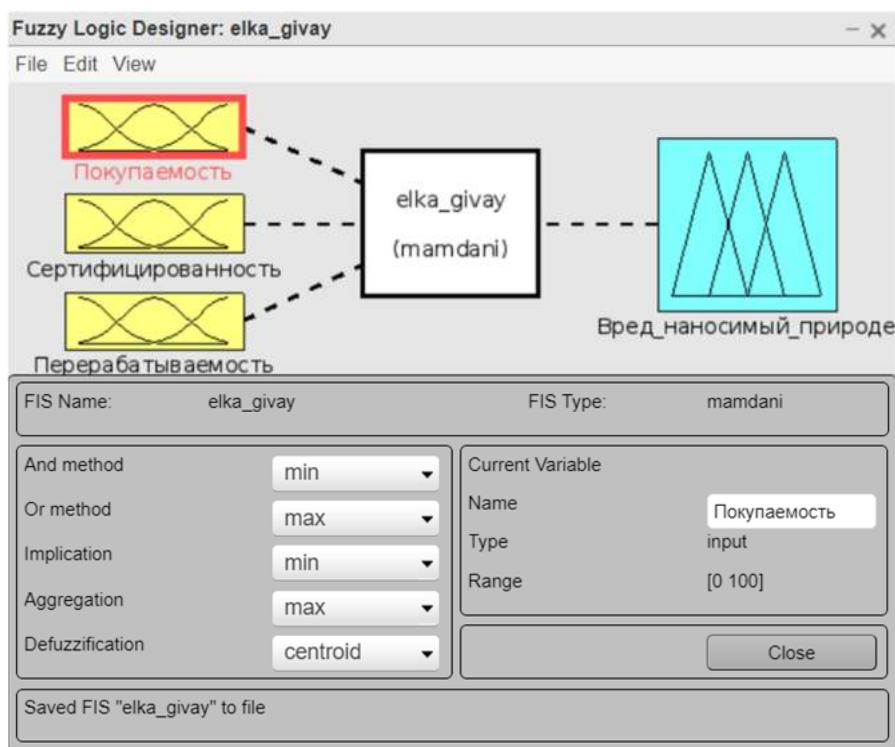


Рис. 4. Система нечеткого вывода с натуральными деревьями

По заданным правилам для системы с натуральными деревьями смоделирован пример определенной ситуации (рис. 5). Так, если процент покупаемости населением настоящих деревьев будет 48 («средняя»), в данном месте сертифицировано 90 % точек продаж («высокая»), а после праздника 65 % новогодних деревьев перерабатывается для дальнейшего применения, тогда результат выходной переменной окажется равен 50 %. То есть такая модель потребления у населения приводит к достаточно большому вреду для природы.

На графике (рис. 6) по оси  $X$  отражена покупаемость натуральных хвойных деревьев, по оси  $Y$  — сертифицированность, по оси  $Z$  — вред, наносимый природе. Явно видно обратную зависимость: при наибольшем проценте сертифицированных продаж вред для природы оказывается наименьшим. Также необходимо отметить, что при высокой сертифицированности и высокой покупаемости вред оказывается большим. Вероятно, это может быть следствием того, что при высоком спросе агрофирмы будут высаживать еще больше растений, задействуя все больше территории в долговременном непродуктивном обороте, что косвенно увеличит нагрузку на экологию.

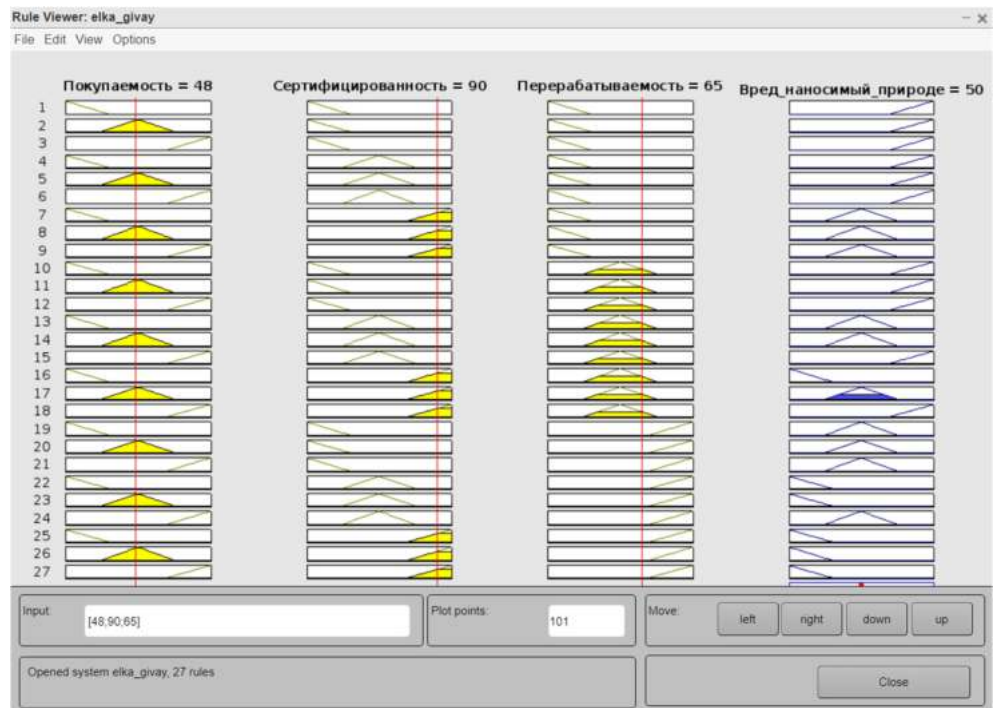


Рис. 5. Отображение правил для системы с натуральными деревьями

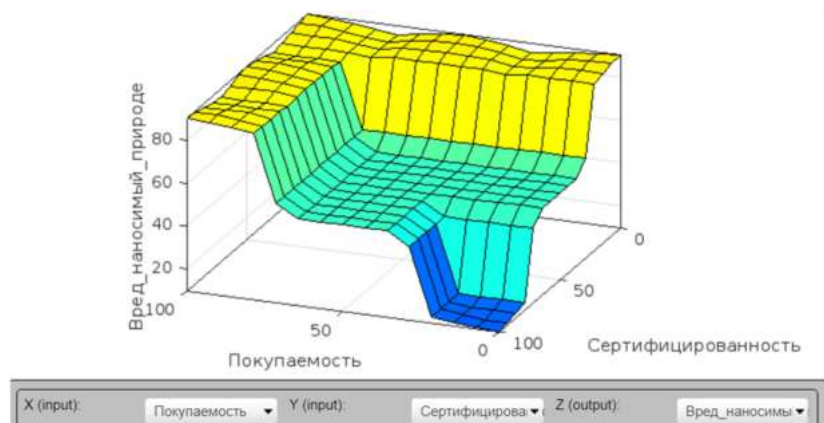
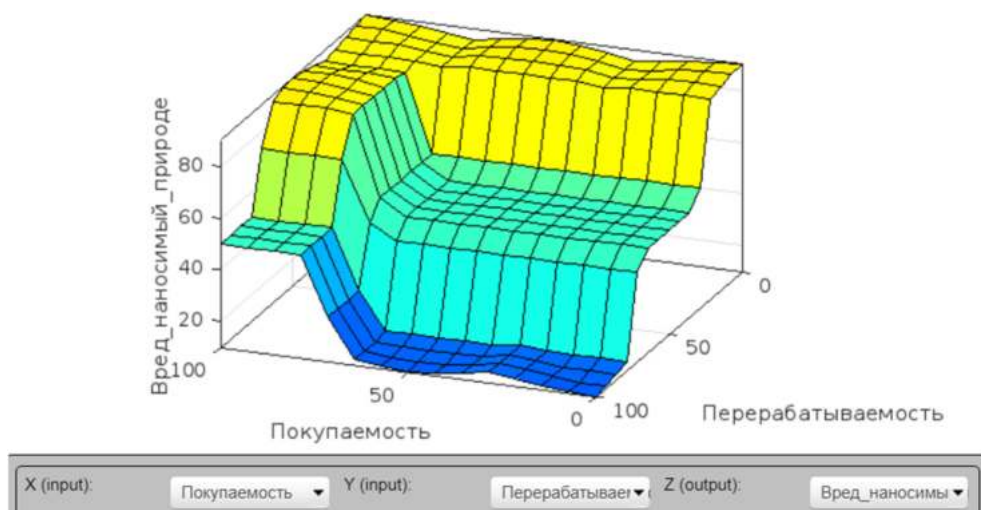


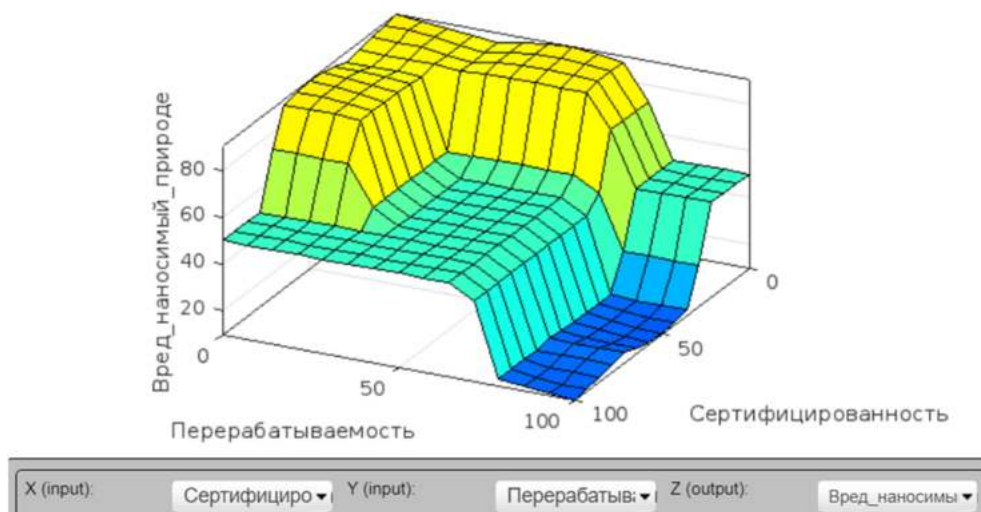
Рис. 6. Модель зависимости вреда, наносимого природе, от процента покупающих натуральные деревья и процента покупающих у сертифицированных продавцов

На получившейся поверхности, представленной на рис. 7, по оси  $X$  также отражается покупаемость, по оси  $Y$  — перерабатываемость, по  $Z$  — вред, наносимый природе. Интерпретируя данную модель, можно сказать, что наименьший вред природе будет оказан, если сдать максимальное количество натуральных деревьев после праздника на переработку. Видно, что фактор перерабатываемости является основным в оценке экологического следа, так как даже при низкой покупаемости вред получается большим, если процент отправленных на переработку деревьев низкий.



**Рис. 7.** Модель зависимости вреда, наносимого природе, от процента покупающих натуральные деревья и процента отправляемых на переработку растений

В модели на рис. 8 по оси  $X$  отложена сертифицируемость, ось  $Y$  отражает перерабатываемость, ось  $Z$  — вред, наносимый природе. Эта поверхность самая показательная. Здесь отображены факторы, показывающие, насколько ответственно по отношению к экологии было выращено хвойное дерево («Сертифицируемость») и впоследствии утилизировано («Перерабатываемость»). При приобретении населением натуральных новогодних деревьев у проверенных продавцов влияние на природу значительно ниже, как и при условии, что хвойные после праздников используются как ресурс для переработки в новую продукцию.



**Рис. 8.** Модель зависимости вреда, наносимого природе, от процента покупающих у сертифицированных продавцов и процента отправляемых на переработку растений

### Заключение

В ходе работы были созданы модели использования натуральных и искусственных хвойных деревьев на новогодних праздниках. Результаты исследования позволяют наглядно оценить, какое влияние оказывается на окружающую среду в зависимости от различных факторов потребления населением. При этом разработанные модели дают возможность варьировать входные данные, чтобы понять, какой модели потребления лучше придерживаться, чтобы экологический след новогодних деревьев был наименьшим.

Полученные поверхности вывода отражают подходы, которые способны сократить вред природе. Так, исходя из модели на рис. 3, при выборе в пользу искусственной ели для уменьшения наносимого вреда необходимо использовать дерево не менее 15 лет. При выборе натурального хвойного дерева (рис. 6) необходимо делать акцент на его приобретение у сертифицированных продавцов, что также снижает вред атрибута новогоднего праздника. Рис. 7 демонстрирует, что больший процент отправленных на переработку натуральных новогодних деревьев снижает экологический след праздника.

Итоговые результаты показывают, что наиболее экологичным будет решение о приобретении новогодних деревьев у сертифицированных продавцов с последующей сдачей растений на переработку. Необходимо отметить, что такой подход выглядит более экологичным именно в текущих условиях, но не обязательно самым эффективным по совокупности факторов в отрасли. С точки зрения будущих исследований необходимо учитывать факторы избыточного производства отдельных видов продукции. И если искусственные деревья отправляются на склад до следующего сезона продаж, то срубленные хвойные обесцениваются в новогоднюю полночь и требуют немедленной утилизации или переработки. В экономическом плане неиспользованные натуральные деревья уже оплачены теми, кто приобрел себе «живое» новогоднее растение. Однако для производства не купленных хвойных были затрачены соответствующие ресурсы и, следовательно, также оставлен экологический след.

### Благодарности

Авторы выражают благодарность коллегам по лаборатории UCLab и кафедре цифровых технологий в урбанистике, архитектуре и строительстве ИАиС ВолгГТУ, принимавшим участие в разработке проекта.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

*Варламов И.* Какая елка экологичнее, живая или искусственная? 2019. URL: <https://varlamov.ru/3698098.html>. Ссылка активна на 20.08.2022.

Живые новогодние елки: почему они экологичнее искусственных и где найти «правильные» деревья // Всемирный фонд дикой природы (WWF). 2018. 13 декабря. URL: <https://wwf.ru/resources/news/lesa/zhivye-novogodnie-elki-pochemu-oni-ekologichnee-iskusstvennykh-i-gde-nayti-pravilnye-derevyu/> Ссылка активна на 12.09.2022.

Исследование: почти половина россиян предпочитает ставить на Новый год искусственную елку // ТАСС. 2018. 21 декабря. URL: <https://tass.ru/turbopages.org/tass.ru/s/obschestvo/5939699>. Ссылка активна на 19.09.2022.

Какие елки зеленее? // Всемирный фонд дикой природы (WWF). 2012. 19 декабря. URL: <https://wwf.ru/resources/news/arkhiv/kakie-yelki-zelenee/> Ссылка активна на 10.09.2022.

*Карась Л.* Не навреди: какой углеродный след мы оставляем и что поможет его сократить. 2021. URL: <https://theoryandpractice.ru/posts/18095-ne-navredi-kakoy-uglerodnyy-sled-my-ostavlyаем-i-chto-pomozhet-ego-sokratit>. Ссылка активна на 02.08.2022.

*Козловских И.* Какая елка экологичнее: искусственная или настоящая? 2018. URL: <https://greenpeace.ru/how-to/2018/12/06/kakaja-jolka-jekologichnee-iskusstvennaja-ili-nastojashhaja/> Ссылка активна на 05.09.2022.

*Краждеда А.* Живые и искусственные елки: какие вредят экологии больше и что с ними делать после Нового года. 2021. URL: <https://vc.ru/offline/331347-zhivye-i-iskusstvennye-elki-kakie-vredyat-ekologii-bolshe-i-chto-s-nimi-delat-posle-novogo-goda>. Ссылка активна на 17.08.2022.

*Парыгин Д. С., Садовникова Н. П., Голубев А. В., Недоступов А. О., Финогеев А. Г.* Подходы к визуализации экологической информации на карте города // Известия Волгоградского государственного технического университета. Серия «Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах». 2018. № 5(215). С. 60—64.

Рослесхоз подготовил ответы на самые частые вопросы россиян о новогодних елках. 2020. 14 декабря. URL: [https://www.mnr.gov.ru/press/news/rosleskhoz\\_podgotovil\\_otvety\\_na\\_samye\\_chastye\\_voprosy\\_rossiyan\\_o\\_novogodnikh\\_elkakh/](https://www.mnr.gov.ru/press/news/rosleskhoz_podgotovil_otvety_na_samye_chastye_voprosy_rossiyan_o_novogodnikh_elkakh/) Ссылка активна на 14.08.2022.

Стадии жизни новогодней елки: заготовка, реализация, уход, утилизация // РИА НОВОСТИ. 2009. 15 декабря. URL: <https://ria.ru/20091215/199358638.html>. Ссылка активна на 30.08.2022.

*Тарасян В. С.* Пакет Fuzzy Logic Toolbox for Matlab. Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2013.

*Хижняков Ю. Н.* Алгоритмы нечеткого, нейронного и нейро-нечеткого управления в системах реального времени. Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2013.

Экономика новогодних елок: дешевле, но вредней // Интерфакс. 2012. 27 декабря. URL: <https://www.interfax.ru/business/282987>. Ссылка активна на 22.08.2022.

*Agarwal A. K., Ather D., Astya R., Parygin D., Garg A., Raj D.* Analysis of Environmental Factors for Smart Farming: An Internet of Things Based Approach // Proceedings of the 2021 10th International Conference on System Modeling and Advancement in Research Trends. IEEE, 2022. P. 210—214.

*Iolov T. V.* Artificial or natural Christmas tree? If you're green-minded, opt for the latter. 2021. URL: <https://www.themayor.eu/en/a/view/artificial-or-natural-christmas-tree-if-you-re-green-minded-opt-for-the-latter-9527>. Ссылка активна на 15.08.2022.

*Sadovnikova N., Parygin D., Gnedkova E., Sanzhapov B., Gidkova N.* Evaluating the sustainability of Volgograd // Proceedings of the Eight International Conference on Urban Regeneration and Sustainability. WIT Press, 2013. P. 279—290.

Research Article

**Svetlana A. Emelyanenko**

Student, Volgograd State Technical University. 28, Lenina Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation; sveta8.com@mail.ru

**Danila S. Parygin**✉

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of Digital Technologies for Urban Studies, Architecture and Civil Engineering Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; dparygin@gmail.com

**Alexander O. Anokhin**

Junior Researcher of Digital Technologies for Urban Studies, Architecture and Civil Engineering Department, Volgograd State Technical University. 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; alex.anokhin.st@gmail.com

**Ilya S. Zelenskiy**

Junior Researcher of Digital Technologies for Urban Studies, Architecture and Civil Engineering Department, Volgograd State Technical University. 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; ilyhasp-marine@gmail.com

**Vladimir S. Yartsev**

Master's Degree student, Volgograd State Technical University. 28 Lenina Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation; v.rainovsky@yandex.ru

**STUDY OF ONE ASPECT OF URBAN ECOLOGY  
(ON THE EXAMPLE OF THE CHRISTMAS TREE ECOLOGICAL  
FOOTPRINT)†**

**Abstract.** The ecology of urban life includes many aspects that determine the sustainable development of urban areas and the quality of the human environment. There are many factors that determine the constant load on the ecosystem, including transport emissions, municipal sewage and solid waste, and the activities of industrial enterprises. But the ecological balance is not limited within the city limits. External impacts from powerful sources of pollution can be obtained with the flow of rivers or the transfer of air masses and, ultimately, are formed by the totality of the united ecological space of the planet. At the present stage of development, humanity, having reached the globalization of social and economic ties, “remembered” the interdependence of environmental events, taking as a measure the ecological footprint left by people’s activities. In this context, every human action should be considered as a factor of influence, which is all the more relevant in the conditions of concentrated communities formed by the urban mode of settlement. This article proposes to consider the problem of using natural resources in the organization of New Year’s holidays associated with the production, sale and disposal of natural and artificial coniferous trees. Today, about 120 million coniferous trees are cut down annually in the world for sale at Christmas markets. To this number is added the production of plastic symbols of the New Year. The article provides comparative estimates of the impact on the environment of two types of trees. A methodology for studying their ecological footprint is proposed, within which the analyzed factors are considered. The stages of setting linguistic variables, term sets, the rule base of the system using the Mamdani algorithm and modeling using the MATLAB program in the FuzzyLogic fuzzy inference system editor are described. Conclusions about approaches to the consumption of natural and artificial Christmas trees to reduce the ecological footprint are made on the basis of the resulting harm dependency models.

---

† The study has been supported by the grant from the Russian Science Foundation (RSF) and the Administration of the Volgograd Oblast (Russia) No. 22-11-20024, <https://rscf.ru/en/project/22-11-20024/>



**Keywords:** urban ecology, carbon footprint, ecological footprint, natural coniferous trees, artificial Christmas trees, MATLAB, fuzzy inference systems, FuzzyLogic, Mamdani algorithm, factor dependence model.

**For citation:** Emelyanenko S. A., Parygin D. S., Anokhin A. O., Zelenskiy I. S., Yartsev V. S. Study of one aspect of urban ecology (on the example of the Christmas tree ecological footprint). *Sotsiologiya Goroda* [Urban Sociology], no. 3, pp. 83—100 (in Russian). DOI: 10.35211/19943520\_2022\_3\_83

**Acknowledgments.** The authors express their gratitude to their colleagues in the UCLab and Digital Technologies for Urban Studies Department for participating in the involved in the development of the project.

## REFERENCES

- Agarwal A. K., Ather D., Astya R., Parygin D., Garg A., Raj D. (2022) Analysis of Environmental Factors for Smart Farming: An Internet of Things Based Approach. *Proceedings of the 2021 10th International Conference on System Modeling and Advancement in Research Trends*, pp. 210—214.
- Iolov T. V. (2021) Artificial or natural Christmas tree? If you're green-minded, opt for the latter. URL: <https://www.themayor.eu/en/a/view/artificial-or-natural-christmas-tree-if-you-re-green-minded-opt-for-the-latter-9527>. Accessed: 15.08.2022 (in Russian).
- Karas L. (2021) Do no harm: what carbon footprint we leave and what will help to reduce it. URL: <https://theoryandpractice.ru/posts/18095-ne-navredi-kakoy-uglerodnyy-sled-my-ostavlyаем-i-chto-pomozhet-ego-sokratit>. Accessed: 02.08.2022 (in Russian).
- Khizhnyakov Yu. N. (2013) *Algoritmy nechetkogo, neyronnogo i neyro-nechetkogo upravleniya v sistemakh real'nogo vremeni* [Fuzzy, neural and neuro-fuzzy control algorithms in real-time systems]. Perm: Izd-vo PNIPU (in Russian).
- Kozlovskikh I. (2018) Which tree is more environmentally friendly: artificial or real? URL: <https://greenpeace.ru/how-to/2018/12/06/kakaja-jolka-jekologichnee-iskusstvennaja-ili-nastojashhaja/> Accessed: 05.09.2022 (in Russian).
- Krazhda A. (2021) Live and artificial Christmas trees: which ones harm the environment more and what to do with them after the New Year. URL: <https://vc.ru/offline/331347-zhivye-i-iskusstvennye-elki-kakie-vredyat-ekologii-bolshe-i-chto-s-nimi-delat-posle-novogo-goda>. Accessed: 17.08.2022 (in Russian).
- Life stages of a Christmas tree: harvesting, selling, care, disposal. (2009) URL: <https://ria.ru/20091215/199358638.html>. Accessed: 30.08.2022 (in Russian).
- Live Christmas trees: why they are more environmentally friendly than artificial ones and where to find the “right” trees. (2018) URL: <https://wwf.ru/resources/news/lesa/zhivye-novogodnie-elki-pochemu-oni-ekologichnee-iskusstvennykh-i-gde-nayti-pravilnye-derevya/> Accessed: 12.09.2022 (in Russian).
- Parygin D. S., Sadovnikova N. P., Golubev A. V., Nedostupov A. O., Finogeev A. G. (2018) Approaches to ecological information visualization on the city map. *Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya «Aktual'nyye problemy upravleniya, vychislitel'noy tekhniki i informatiki v tekhnicheskikh sistemakh»*, no. 5, pp. 60—64 (in Russian).
- Rosleskhoz prepared answers to the most frequent questions of Russians about New Year trees. (2020) URL: [https://www.mnr.gov.ru/press/news/rosleskhoz\\_podgotovil\\_otvety\\_na\\_samye\\_chasty\\_e\\_voprosy\\_rossiyan\\_o\\_novogodnikh\\_elkakh/](https://www.mnr.gov.ru/press/news/rosleskhoz_podgotovil_otvety_na_samye_chasty_e_voprosy_rossiyan_o_novogodnikh_elkakh/) Accessed: 14.08.2022 (in Russian).
- Sadovnikova N., Parygin D., Gnedkova E., Sanzhapov B., Gidkova N. (2013) Evaluating the sustainability of Volgograd. *Proceedings of the Eight International Conference on Urban Regeneration and Sustainability*, pp. 279—290 (in Russian).

Study: Almost half of Russians prefer to put up an artificial Christmas tree for the New Year. (2018) URL: <https://tass-ru.turbopages.org/tass.ru/s/obschestvo/5939699>. Accessed: 19.09.2022 (in Russian).

Tarasyan V. S. (2013) *Paket Fuzzy Logic Toolbox for Matlab* [Fuzzy Logic Toolbox for Matlab]. Yekaterinburg: UrGUPS (in Russian).

The economy of Christmas trees: cheaper, but more harmful. (2012) URL: <https://www.interfax.ru/business/282987>. Accessed: 22.08.2022 (in Russian).

Varlamov I. (2019) Which Christmas tree is more environmentally friendly, live or artificial? URL: <https://varlamov.ru/3698098.html>. Accessed: 20.08.2022 (in Russian).

Which trees are greener? (2012) URL: <https://wwf.ru/resources/news/arkhiv/kakie-yelki-zelene/> Accessed: 10.09.2022 (in Russian).

*Поступила в редакцию: 02.11.2022*

*Принята в печать: 12.11.2022*

*Received: 02.11.2022*

*Accepted for publication: 12.11.2022*