

УДК 004.89+004.032.26

DOI: [10.26102/2310-6018/2025.49.2.009](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2025.49.2.009)

Разработка метода применения нейронных и миварных сетей для определения и подбора комнатных и садовых растений

Д.А. Коныгина¹✉, А.А. Коценко¹, О.О. Варламов^{1,2}, Б.О. Соколов¹, А.А. Грачева¹

¹Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,
Москва, Российская Федерация

²Научно-исследовательский институт вычислительных комплексов им. М.А. Карцева,
Москва, Российская Федерация

Резюме. В последние годы наблюдается активное развитие интереса садоводов к выращиванию растений как на фермах, так и в домашних условиях. Целью исследования является разработка метода комплексного применения нейронных сетей для определения растения по фото и миварных технологий для предоставления персонализированных рекомендаций. Для классификации изображений используется остаточная сверточная нейронная сеть ResNet20, дообученная на датасете растений. Миварная экспертная система на основе данных об условиях выращивания и параметров определенного нейросетью растения дает персонализированную рекомендацию. Создана модель описания предоставления рекомендаций, которая помогает пользователям получать искомый результат в виде названия растения. Разработан метод применения нейронных и миварных сетей, позволяющий формировать логически обоснованные рекомендации растения в зависимости от условий окружающей среды и предпочтений пользователей. По результатам экспериментов можно сделать вывод, что для повышения точности классификации изображений необходимо увеличивать число слоев нейронной сети примерно в 1,5 раза при увеличении распознаваемых растений с 3 до 9. Комплексное применение сверточных нейронных сетей и миварных технологий позволяет добиться высокой точности определения растений и обеспечить качественные рекомендации для пользователей.

Ключевые слова: интеллектуальная система, сверточная нейронная сеть, мивар, предоставление рекомендаций, миварные сети, миварные экспертные системы.

Для цитирования: Коныгина Д.А., Коценко А.А., Варламов О.О., Соколов Б.О., Грачева А.А. Разработка метода применения нейронных и миварных сетей для определения и подбора комнатных и садовых растений. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии.* 2025;13(2). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1859> DOI: 10.26102/2310-6018/2025.49.2.009

Development of a method of applying neural and mivar networks for identification and selection of indoor and garden plants

D.A. Konygina¹✉, A.A. Kotsenko¹, O.O. Varlamov^{1,2}, B.O. Sokolov¹, A.A. Gracheva¹

¹Bauman Moscow State Technical University, Moscow, the Russian Federation

²Kartsev Research Institute of Computing Complexes, Moscow, the Russian Federation

Abstract. In recent years, there has been a surge of gardeners' interest in growing plants both on farms and at home. The aim of the study is to develop a method for the integrated application of neural networks for plant identification from photos and mivar technologies to provide personalized recommendations. A residual convolutional neural network ResNet20, pre-trained on a dataset of plants, is used for image classification. The mivar expert system provides a personalized recommendation based on the growing conditions and parameters of the plant defined by the neural network. A model for describing the provision of recommendations is created, which helps users to get the desired result in the form of the name of the plant. A method of applying neural and mivar networks is developed to generate logically sound plant recommendations depending on environmental conditions and user

preferences. According to the results of experiments, we can conclude that in order to increase the accuracy of image classification, it is necessary to increase the number of layers of the neural network by about 1.5 times when increasing the recognized plants from 3 to 9. The complex application of convolutional neural networks and mivar technologies allows to achieve high accuracy of plant detection and provide high-quality recommendations for users.

Keywords: intelligent system, convolutional neural network, mivar, providing recommendations, mivar networks, mivar expert systems.

For citation: Konygina D.A., Kotsenko A.A., Varlamov O.O., Sokolov B.O., Gracheva A.A. Development of a method of applying neural and mivar networks for identification and selection of indoor and garden plants. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2025;13(2) (In Russ.). URL: <https://moitvivr.ru/ru/journal/pdf?id=1859> DOI: 10.26102/2310-6018/2025.49.2.009

Введение

Миварный подход [1] искусственного интеллекта к логико-вычислительной обработке информации представляет собой инновационный метод, основанный на использовании двудольных миварных сетей. Одним из ключевых преимуществ миварного подхода является его способность обеспечивать линейную вычислительную сложность относительно правил «если-то». Миварные технологии позволяют разрабатывать самоорганизующиеся системы для оперативной диагностики. Их можно использовать для контроля городского пассажирского транспорта и повышения автономности сельскохозяйственной техники. Также они способствуют развитию интеллектуальных систем на базе сервисно-ориентированной архитектуры [2].

Сферы применения миварных технологий не ограничиваются вышеперечисленным, они также используются для динамического планирования траекторий роботов в робототехнике [3], включая и трехмерное пространство [4], подбора тренажеров операторов транспортных средств [5] и контроля микроклимата в оранжерее; создания программной платформы для систем принятия роботов [6], отбора кандидатов на IT-должности [7], описания методики преобразования из миварной модели представления знаний в метаграфовую [8], организации управления проектами IT-компании [9]; подбора техники для коммунальных служб [10]; в области АСУТП для их моделирования в формате двудольных и трехдольных графов [11]; в медицине для классификации речевых дефектов [12]; в области создания миварных баз знаний (МБЗ) с использованием больших языковых моделей, включая и возможности автоматического создания МБЗ [13].

Многих людей привлекает идея занятия садоводством или выращивания комнатных растений, ведь это позволяет людям больше находиться на свежем воздухе, повышает их экологическую осознанность, приносит эстетическое, психологическое удовольствие и радость от взаимодействия с природой и успехов в этом деле, что снижает уровень тревожности, повышает самооценку.

Существуют различные сайты, которые предоставляют информацию о растениях дома и сада, делая рекомендации пользователю по подбору растений, похожих на растения, просматриваемые им. Важной задачей является эффективное предоставление пользователем необходимой информации о растениях, доступной для быстрого понимания, а также предоставление рекомендаций на основе персональных предпочтений каждого пользователя.

Появление смартфонов дало толчок разработке мобильных приложений для распознавания растений [14]. Пользователи теперь могут делать фотографии растений, и на основе технологий компьютерного зрения и искусственного интеллекта приложения анализируют изображение и предоставляют информацию о растении. Одновременно с

этим разработчики начали внедрять алгоритмы машинного обучения, которые могут рекомендовать растения в зависимости от условий (климат, почва, освещение) и предпочтений пользователя, таких как желаемый уровень ухода или эстетические предпочтения.

Сейчас появляются платформы [15], где пользователи могут делиться опытом ухода за растениями и получать советы от сообщества. Такие платформы используют данные о предпочтениях и успехах пользователей по выращиванию растений для улучшения рекомендаций. Устройства, связанные с интернетом, способны собирать данные о состоянии растений (влажность, освещение, температура) и информировать пользователей о необходимых действиях, что делает процесс ухода за растениями более удобным и эффективным.

Развитие миварных экспертных систем позволяет создавать интегративные платформы, которые объединяют знания из разных областей. Это обеспечивает кумулятивный эффект и ускоряет внедрение инноваций. В условиях постоянного роста объемов информации и повышения требований к интеллектуальным системам миварный подход становится ключевым инструментом для решения будущих задач.

Актуальность работы связана с развитием интереса как у людей без глубокого знания и понимания ботаники или сельскохозяйственной науки к выращиванию комнатных и садовых растений на основе условий выращивания, имеющихся у пользователей, так и у садоводов и производителей растений к повышению продаж за счет предоставления более точных рекомендаций и улучшению клиентского опыта. Разрабатываемая интеллектуальная система должна помочь решить данные задачи.

Необходимость создания интеллектуальной системы, которая автоматизирует процесс выбора растения по представленному в данной работе методу, обусловлена одновременным учетом множества параметров, таких как аллергические реакции пользователя на некоторые растения, условия выращивания растений, различных числовых показателей (освещенность, кислотность почвы, дренаж почвы), обеспечивающих правильный рост растений, для предоставления более точных рекомендаций пользователю.

Целью работы является создание метода разработки интеллектуальной системы, комбинирующей в себе технологии обработки информации с помощью нейронных сетей и миварных технологий для обработки информации о растениях, а также формирования логически обоснованных и персонализированных рекомендаций в зависимости от условий окружающей среды и предпочтений пользователей.

Научная новизна исследования заключается в разработке моделей описания, метода принятия решений и математического обеспечения принятия решений при предоставлении рекомендаций и обработки информации в интеллектуальной системе определения и подбора комнатных и садовых растений. На разработанную программу для ЭВМ интеллектуальной системы также получен патент (свидетельство о государственной регистрации для ЭВМ).

Интеллектуальная система определения и подбора комнатных и садовых растений предоставляет информацию о растениях. Любой пользователь системы может просматривать список всех растений, получать подробную информацию о выбранном растении, производить поиск растений по фильтрам и изображению растения, получать рекомендации похожих растений по выбранному пользователем растению или коллекции.

Метод применения нейронных и миварных сетей для определения и подбора растений

Для описания методики применения нейронных и миварных сетей для определения и подбора растений можно реализовать веб-сервис [16], который будет обеспечивать их эффективное взаимодействие. Веб-сервис служит интерфейсом для пользователей, позволяя удобно загружать изображения растений. Получив изображение, система использует нейронную сеть для классификации растения, из базы данных подгружается дополнительная информация по данному растению, а затем результаты передаются в миварную экспертную систему, которая анализирует также дополнительные введенные пользователем параметры, такие как условия ухода и специфические потребности растения. На Рисунке 1 представлена схема работы системы.

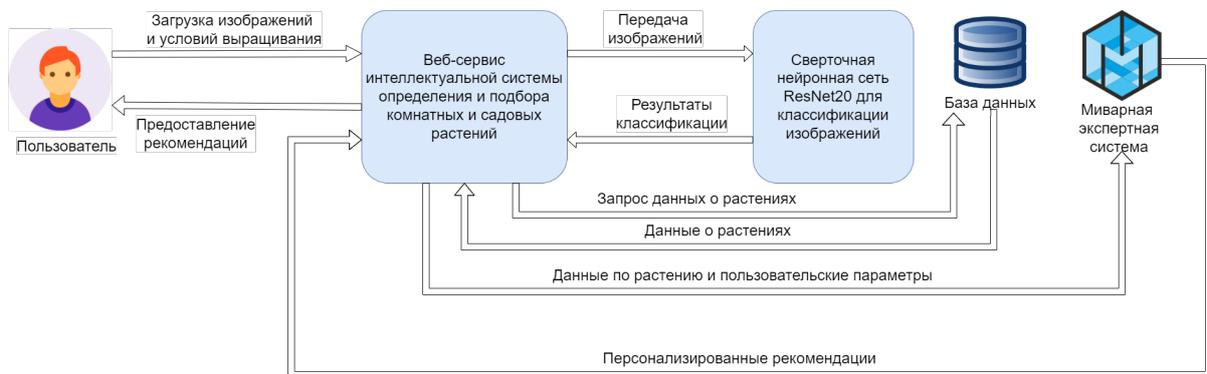


Рисунок 1 – Схема работы системы
 Figure 1 – System operation diagram

Таким образом, можно обозначить следующие этапы:

1. Пользователь загружает изображение растения. Веб-сервис принимает запрос с изображением.
2. Изображение передается нейронной сети для классификации. Нейронная сеть обрабатывает изображение и определяет растение. Результат классификации (растение) возвращается веб-сервису.
3. Веб-сервис обращается к базе данных для получения дополнительной информации о классифицированном растении (например, описание, условия роста). Данные из базы данных извлекаются и подготавливаются для дальнейшего анализа.
4. Веб-сервис предлагает пользователю ввести дополнительные параметры (например, возможность/невозможность пользователя регулярно поливать растение, местоположение для его выращивания).
5. Полученные данные о растении и пользовательские параметры передаются в миварную экспертную систему (МЭС).
6. МЭС анализирует информацию с учетом заданных пользователем условий.
7. МЭС выдает персонализированные рекомендации подобранных растений на основе проведенного анализа.
8. Веб-сервис отображает пользователю классификацию, дополнительную информацию и персонализированные рекомендации от МЭС.

Это взаимодействие между нейронной сетью и экспертной системой, организованное через веб-сервис, обеспечивает пользователям персонализированные рекомендации по уходу за растениями и их подбору, объединяя алгоритмы искусственного интеллекта с доступным и понятным интерфейсом. В результате

пользователи получают интуитивно понятный, эффективный инструмент для управления своими растениями.

Математическая модель M миварной экспертной системы может быть представлена в виде кортежа элементов I, O, C, B , где I – множество входных параметров системы, O – множество выходных параметров системы, C – множество промежуточных вычисляемых параметров системы, B – множество правил базы знаний и логического вывода. Элементами множества I входных параметров системы могут являться такие параметры, как освещенность i_1 ; кислотность почвы i_2 ; температура оптимального роста i_3 ; наличие или отсутствие у пользователя системы домашних животных и детей i_4 . Примерами промежуточных вычисляемых параметров C могут служить темп роста c_1 ; суммарное содержание питательных веществ почвы c_2 ; соотношение высоты к ширине кроны c_3 . Во множество выходных параметров O системы могут входить такие параметры, как название выбранного экспертной системой растения o_1 ; рекомендации по уходу за растением o_2, o_3, o_4 ; оптимальные условия для роста o_5, o_6, o_7, o_8 . Во множество правил базы знаний и логического вывода B включаются утверждения b_1, b_2, b_3 и т.д., которые описывают отношения между сущностями, а также условия, при которых эти утверждения считаются истинными. Эти правила могут использоваться для вывода новых знаний на основе имеющейся информации.

Разработка интеллектуальной системы

Каждое растение имеет название (герань, бархатцы, петунья). Пользователям доступна регистрация и авторизация. Авторизованный пользователь системы помимо действий, доступных неавторизованному пользователю, может добавлять растения в коллекции, работать с коллекциями (редактировать информацию о коллекции, удалять и восстанавливать коллекцию, удалять растения из коллекции). При просмотре списка созданных коллекций авторизованный пользователь может запросить у системы предоставление рекомендаций по выбранной коллекции на основе информации о растениях данной коллекции.

За то, какие растения предоставляются для работы пользователям, отвечают администраторы системы. Они могут совершать определенные действия: удалять логически растения (не предоставлять их для пользователей) и обратно восстанавливать растения для отображения пользователям.

Таким образом, можно выделить следующие ключевые элементы в работе интеллектуальной системы для определения и подбора комнатных и садовых растений:

- 1) информационная система – основа функционала, в ней хранятся данные и генерируются рекомендации;
- 2) администратор – работает с системой, выполняет действия (например, удаление и редактирование данных);
- 3) информация о растениях – включает сведения о растении, предоставляется в систему;
- 4) авторизованный пользователь – запрашивает информацию и создает свою коллекцию растений, на основе введенных данных определяется подходящее растение, формируются рекомендации;
- 5) коллекция растений – включает подобранные растения для пользователя;
- 6) рекомендации – формируются на основе информации о растениях и предпочтений пользователя.

Система хранит список растений. Растения имеют название, изображение, общие сведения и описание основных характеристик. Авторизованные пользователи системы выбирают те растения, которые могут войти в состав новой коллекции растений,

добавляя их в коллекцию, которую они хотят создать. Каждую из коллекций можно удалить в любой момент. Когда авторизованный пользователь выберет все желаемые растения, которые будут относиться к создаваемой коллекции, он сохраняет коллекцию. Затем авторизованный пользователь может просматривать сохраненные коллекции с возможностью их дальнейшего редактирования, удаления и получения рекомендаций.

Гостям доступен просмотр списка растений, просмотр информации об одном растении, поиск растения по фильтрам и изображению, получение рекомендаций по одному изображению. Зарегистрированные гости – авторизованные пользователи системы. Они могут добавлять растения в коллекции, создавать текущую коллекцию, просматривать список своих созданных коллекций, редактировать созданные коллекции, удалять их, а также получать рекомендации на основе созданных коллекций. Администраторам также доступны функции для работы с растениями, а именно: просмотр одного растения, редактирование, создание, логическое удаление растений, а также просмотр списка растений в табличном виде.

Экспериментальная проверка системы

В разрабатываемой системе в алгоритмах определения растения и предоставлении рекомендаций растений на основе изображений растений в коллекциях пользователей используется дообученная [17] остаточная сверточная нейронная сеть ResNet20 для классификации изображений. Дообучение производится на собственном размеченном наборе изображений: в папках, именованных в соответствии с названиями растений, на локальном компьютере хранятся изображения растений, названия которых определяются названием папки. Каждому изображению при загрузке в датасет присваивается метка с названием растения в соответствии с названием папки, откуда данное изображение было извлечено. В папках содержится ограниченное количество изображений, увеличение записей датасета достигается за счет кратного дублирования данных с применением аугментации. Таким образом, характеристиками датасета являются ID изображения, растение на изображении.

Максимальное количество распознаваемых классов нейронной сети, соответствующее количеству распознаваемых растений, в проведенных ниже экспериментах (Таблица 1) – 9 (суккулент, орхидея, герань, кактус, бархатцы, дуб, ель, декоративная трава, папоротники), что взято для примера и удобной визуализации таблицы, но можно настроить модель и на распознавание большего количества растений. Однако это потребует более сложной архитектуры модели классификации, большего количества обучающих примеров, а также для решения данной задачи потребуются увеличение объема вычислительной мощности.

При определении растения, которое является реализацией поиска растения по фото, пользователем в систему загружается изображение, которое обрабатывается нейронной сетью и далее классифицируется. Этапы обработки изображения нейронной сетью показаны на Рисунке 2.

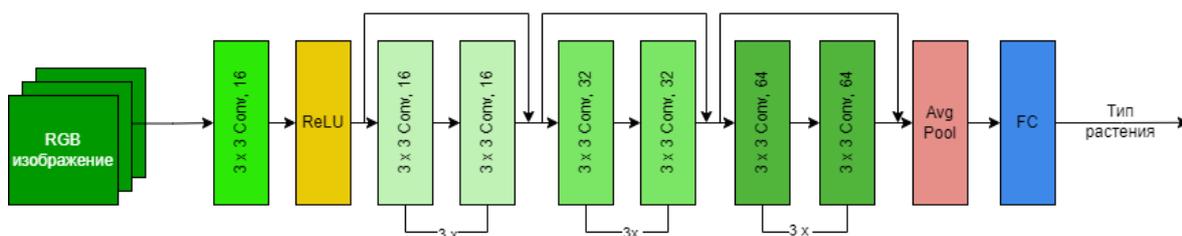


Рисунок 2 – Этапы обработки изображения нейронной сетью ResNet20
 Figure 2 – Stages of image processing by ResNet20 neural network

При предоставлении рекомендаций на выбранное пользователем растение либо на выбранную им коллекцию растений на входы сверточной нейронной сети подается одно растение или же массив изображений. Для каждого изображения модель нейронной сети возвращает его веса, полученные в результате обработки изображения нейросетью. Если поставлена задача предоставления рекомендаций по коллекции, то вектора изображений выбранной коллекции усредняются, в результате чего получаем один вектор усредненного изображения коллекции. Иначе – полученный вектор изображения остается неизменным.

Массив векторов всех изображений системы предварительно сохраняется. И после того, как был получен вектор одного изображения или усредненный вектор изображений, этот полученный вектор попарно сравнивается со всеми сохраненными векторами с вычислением косинусного расстояния между ними. Далее происходит сортировка и ранжирование растений по косинусным расстояниям по увеличению, потому что чем меньше косинусное расстояние между двумя векторами – тем они ближе, и наоборот.

В системе задается ограничение на количество рекомендуемых растений. Пользователю в качестве ответа на запрос по рекомендации предоставляются растения, которые находятся в начале описанного выше ранжированного списка с ограничением на количество, заданное в системе.

Ниже представлена таблица с результатами экспериментов по тестированию дообученной модели ResNet20 (Таблица 1), проведенных с различными количествами примеров для обучения сети, замораживаемых последних слоев нейронной сети и эпох обучения нейронной сети.

Таблица 1 – Результаты экспериментов
Table 1 – Experimental results

№	Число классов	Число примеров на класс	Количество замораживаемых весов нейронной сети	Количество эпох	Скорость обучения нейронной сети	Точность (тренировочная), %	Точность (тестовая), %
1	3	640	3	20	0,01	81,25	83,22
2	3	640	7	20	0,01	89,44	88,62
3	3	640	7	30	0,01	92,01	88,59
4	3	640	11	30	0,01	99,89	95,74
5	9	1600	11	30	0,01	99,88	94,25
6	9	1600	13	30	0,01	99,88	94,36
7	9	2560	13	30	0,01	99,88	97,23

Реализация экспертной системы по предоставлению растения, наиболее подходящего для пользователя на основе введенных им параметров, представлена в миварном конструкторе экспертных систем (КЭСМИ). В результате работы выводится автоматизировано созданный граф принятия решений и название растения.

На Рисунке 3 представлен пример входных параметров, введенных пользователем, в классе «Вход». Параметр «локация» = «дом» означает, что пользователю будут предоставлены комнатные растения и не будут предоставлены садовые. Параметр «животные» = «есть» подразумевает, что пользователь системы имеет домашних животных, чтобы система не предлагала растения токсичные или опасные для животных (например, кактусы). Параметр «влага» = «есть» означает, что пользователь сможет обеспечивать растение необходимым ему количеством воды. Выходным параметром системы является параметр «тип растения» в классе «Выход».

Ввод
 вечнозеленое
 влага
 декор
 дерево
 животные
 локация
 плодovое
 тень
 уход
 Выход
 тип растения

Рисунок 3 – Результат работы миварной экспертной системы
Figure 3 – Result of the mivar expert system

Взаимодействие нейронной сети и миварной экспертной системы реализуется за счет веб-сервиса. Загруженный через пользовательский интерфейс приложения файл изображения растения обрабатывается нейронной сетью для классификации растения, а затем по определенному растению извлекается дополнительная информация из базы данных. Эта информация совместно с пользовательскими параметрами, такими как условия ухода и специфические потребности клиента, анализируется миварной экспертной системой.

База знаний представляет собой набор параметров, описывающих характеристики растений. Пользовательский интерфейс позволяет клиентам сервиса вводить значения интересующих их параметров в соответствующие ячейки. Входными параметрами системы являются: «локация» – место, где предполагается выращивание растения: дом или сад; «животные» – параметр, который может принимать значение «есть», если у человека есть домашние животные, и «нет» иначе; значение параметра «влага» = «да» предполагает, что пользователь сможет регулярно обеспечивать растение достаточным количеством воды, «влага» = «нет» – иначе.

Приведем часть правил базы знаний в Таблице 2.

Таблица 2 – Список миварных правил в формате «Если – То – Иначе»
Table 2 – List of mivar rules in the "If-Then-Else" format

№	ЕСЛИ	ТО	ИНАЧЕ
1	«класс_растения» = «садовые растения» И «животные» = «есть»	«сад+животные» = 1	«сад+животные» = 0
2	«сад+животные» = 1 И «влага» = «нет»	«тип_растения» = «эхинацея»	«тип_растения» = «бархатцы»
3	«класс_растения» = «садовые растения» И «животные» = «нет»	«сад-животные» = 1	«сад-животные» = 0
4	«сад-животные» = 1 И «влага» = «нет»	«тип_растения» = «тюльпан»	«тип_растения» = «ирис»
5	«класс_растения» = «садовые растения» И «плодовые» = «да»	«сад+плодовые» = 1	«сад+плодовые» = 0

Параметр «плодовые» отвечает за наличие или отсутствие у растений плодов и может быть равным «нет» или «да» соответственно; аналогичные значения могут принимать параметры «дерево» и «вечнозеленое», если пользователь рассматривает деревья в сад и если он хочет, чтобы зелень деревьев на его участке была постоянно; если пользователю на участке важно иметь не только практичные плодовые растения, он может выбрать параметр «декор» = «да», и в этом случае система будет предлагать ему неприхотливые декоративные садовые растения.

Промежуточный параметр «класс_растения» отвечает за принадлежность растения к определенной локации – дома или сада и может принимать значения «домашние растения» или «садовые растения соответственно». Выходным параметром является «тип_растения», обозначающий тип, выбранный алгоритмом на основе введенных параметров, растения.

При заданных на Рисунке 3 параметрах результат работы системы «тип растения» = «суккулент». Граф работы экспертной системы представлен на Рисунке 4. При заполнении параметра «локация» = «дом» срабатывает правило: ЕСЛИ «локация» = «дом», ТО «класс_растений» = «домашние растения», ИНАЧЕ «класс_растений» = «садовые растения». Если параметры «класс_растений» и «животные» равны «домашние растения» и «есть» соответственно, активируется правило: ЕСЛИ «локация» = «дом» И «животные» = «есть», ТО «дом+есть_животные» = 1, ИНАЧЕ «дом+есть_животные» = 0. На следующем этапе проверяется выполнение правила: ЕСЛИ «дом+есть_животные» = 1 И «влага» = «нет», ТО «тип_растения» = «суккулент», ИНАЧЕ «тип_растения» = «орхидея». По полученному графу решений можем убедиться, что правила сработали верно и результат предоставлен правильный.

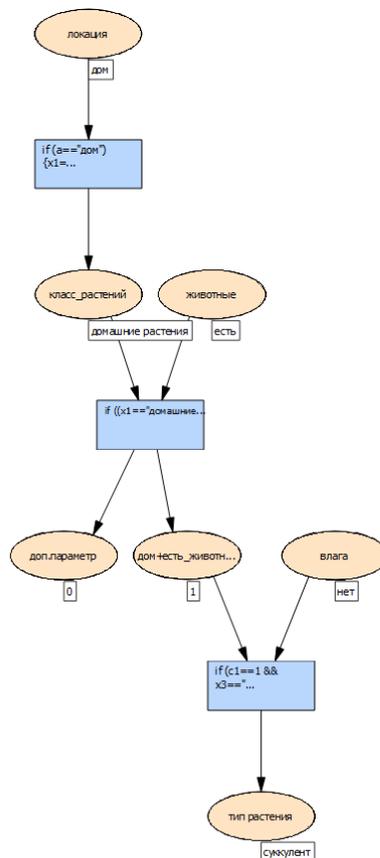


Рисунок 4 – Граф работы миварной экспертной системы
 Figure 4 – Graph of operation of the mivar expert system

Заключение

Научная новизна данной работы заключается в разработке моделей описания, методов принятия решений и математического обеспечения, которые позволяют предоставлять персонализированные рекомендации и обработку информации в интеллектуальной системе подбора комнатных и садовых растений. Это открывает новые возможности для улучшения процессов выбора растений, учитывая их специфику и условия содержания.

Приведено описание предметной области, в ходе которого раскрыта важность и актуальность создания интеллектуальной системы по определению и подбору растений с использованием миварного подхода для создания экспертной системы и методов машинного обучения.

По таблице с результатами проведения экспериментов тестирования дообученной нейронной сети можно сделать следующие выводы: для получения наилучшей точности на тестовой выборке (test) с увеличением количества растений на выходах нейронной сети необходимо увеличивать как число обучающих примеров примерно в 1,5 раза, так и число замораживаемых последних слоев нейронной сети, которые будут дообучиваться.

Созданная миварная база знаний, протестированная на примере, показала хороший результат качества работы миварной экспертной системы, а совместное применение сверточных нейронных сетей, таких как ResNet, и миварных экспертных систем позволяет добиться высокой точности в определении растений и обеспечении качественных рекомендаций для пользователей. Создание веб-сервиса обеспечивает интуитивно понятный интерфейс для загрузки изображений и ввода параметров, что делает систему доступной для широкой аудитории, позволяя упростить решение задачи принятия решений.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Варламов О.О. Эволюционные базы данных и знаний для адаптивного синтеза интеллектуальных систем. Миварное информационное пространство. Москва: «Радио и связь»; 2002. 286 с. EDN RWTСOP.
2. Платонов Ю.Г. Анализ перспектив перехода информационных систем на сервисно-ориентированную архитектуру. *Проблемы информатики*. 2011;4(12):56-65. EDN: ONKKEХ.
3. Шэнь Ц., Гун Ш., Варламов О.О., Адамова Л.Е., Баленко Е.Г. Динамическое планирование траектории робота на основе семантического обнаружения объектов с использованием миварной экспертной системы. *Проблемы искусственного интеллекта*. 2024;4(35):164-176. <http://doi.org/10.24412/2413-7383-2024-4-164-176>
Shen Q., Gun. SH., Varlamov O.O, Adamova L.E., Balenko E.G. Dynamic robot path planning based on semantic object detection using mivar expert system. *Problems of artificial intelligence*. 2024;4(35):164-176. (In Russ.). <http://doi.org/10.24412/2413-7383-2024-4-164-176>
4. Коценко А.А. Разработка моделей миварного логического пространства для обеспечения трехмерного движения автономных роботов. В сборнике: *МИВАР'24, 18–20 апреля 2024 года, Москва, Россия*. Москва: Издательство «ИНФРА-М»; 2024. С. 361-366. EDN HBLZQY.
Kotsenko A.A. Development of models of mivar logic space to provide three-dimensional movement of autonomous robots. In: *MIVAR'24, 18–20 April 2024, Moscow, Russia*. Moscow: "INFRA-M"; 2024. pp. 361-366. (In Russ., Eng.). EDN HBLZQY.
5. Коваленко А.В., Кондрахин С.С., Смыслов Д.О., Лосева С.С. МЭС по подбору игрового тренажера для развития навыков управления транспортным средством. В

- сборнике: *МИВАР'24, 18–20 апреля 2024 года, Москва, Россия*. Москва: Издательство «ИНФРА-М»; 2024. С. 67-72. EDN ZOHOUI.
- Kovalenko A.V., Kondrahin S.S., Smyslov D.O., Loseva S.S. Mivar expert systems for selecting a game training device for developing driving skills. In: *MIVAR'24, 18–20 April 2024, Moscow, Russia*. Moscow: "INFRA-M"; 2024. pp. 67-72. (In Russ.). EDN ZOHOUI.
6. Васюнин М.А., Дьячков М.Ю., Плотников Ф.С., Удодова К.И., Бурмистрова М.В. МЭС по подбору блюд для ресторана. *МИВАР'23*. 2023:33-38. EDN YPLMDM.
Vasyunin M.A., Dyachkov M., Plotnikov F.S., Udodova K.I., Burmistrova M.V. MES for the selection of dishes for restaurants. *MIVAR'23*. 2023:33-38. (In Russ.). EDN YPLMDM.
 7. Тислюк Д.А., Рожненко М.К., Большаков С.А., Ковалева Н.А., Булатова И.Г. МЭС для отбора кандидатов на IT-должности. *МИВАР'22*. 2022:98-104. EDN QGVGKV.
Tislyuk D.A., Rozhnenko M.K., Bolshakov S.A., Kovaleva N.A., Bulatova I.G. MES for selection of candidates for it positions. *MIVAR'22*. 2022:98-104. (In Russ.). EDN QGVGKV.
 8. Соболева Е.Д., Попова И.А., Макаров Д.А., Балдин А.В., Ковалева Н.А. Методика преобразования из миварной модели представления знаний в метаграфовую. *МИВАР'22*. 2022:220-227. EDN PWUETS.
Soboleva E.D., Popova I.A., Makarov D.A., Baldin A.V., Kovaleva N.A. The method of transformation from a metagraph model of knowledge representation to a mivar model. *MIVAR'22*. 2022: 220-227. (In Russ.). EDN PWUETS.
 9. Абросимова Н.Г., Арбузов А.П., Саврасов П.А., Аксенова М.В., Антонов А.И. МЭС для организации управления проектами IT-компании. *МИВАР'22*. 2022:6-12. EDN NVJFUJ.
Abrosimova N.G., Arbuzov A.P., Savrasov P.A., Aksenova M.V., Antonov A.I. MES for the organization of project management of the IT company. *MIVAR'22*. 2022:6-12. (In Russ.). EDN NVJFUJ.
 10. Анцифров Н.С., Муханов Е., Фёдоров И.Н., Большаков С.А., Елисеева Е.А., Мышенков К.С. МЭС для подбора техники для коммунальных служб. *МИВАР'23*. 2023:7-14. EDN WOPOEU.
Antsifrov N.S., Mukhanov E., Fedorov I.N., Bolshakov S.A., Eliseeva E.A., Myshenkov K.S. MES for the selection of transport for public utilities. *MIVAR'23*. 2023:7-14. (In Russ.). EDN WOPOEU.
 11. Коценко А.А. Анализ применения для АСУТП миварных сетей в формате двудольных и трехдольных графов. В сборнике: *МИВАР'24, 18–20 апреля 2024 года, Москва, Россия*. Москва: Издательство «ИНФРА-М»; 2024. С. 432-438. EDN GLJGZV.
Kotsenko A.A. Analysis of application of mivar nets in the format of bipartite and tripartite graphs for automated process control systems. In: *MIVAR'24, 18–20 April 2024, Moscow, Russia*. Moscow: "INFRA-M"; 2024. pp. 432-438. (In Russ., Eng.). EDN GLJGZV.
 12. Пинская Н.М., Фонканц Р.В., Сафин Р.Р., Семкин П.С., Шкуратова Л.П. МЭС для классификации речевых дефектов. *МИВАР'23*. 2023:163-173. EDN OFGBRK.
Pinskaya N.M., Fonkants R.V., Safin R.R., Semkin P.S., Shkuratova L.P. MES for classification of speech defects. *MIVAR'23*. 2023:163-173. (In Russ.). EDN OFGBRK.
 13. Andreev A., Kotsenko A., Varlamov O., Kim R., Goryachkin B. Text processing using LLM for automatic creation of agricultural crops knowledge bases. In: *International Scientific Conference on Biotechnology and Food Technology (BFT-2024), 03–06*

- September 2024, Saint Petersburg, Russia. Saint Petersburg: EDP Sciences; 2024. pp. 01029. (In Eng.). <http://doi.org/10.1051/bioconf/202413001029>
14. Самсонова И.Д., Плахова А.А. Новые подходы к вопросу классификации медоносных растений и медосборов. *Экологический вестник Северного Кавказа*. 2024;20(1):40-47. EDN PQZSGQ.
Samsonova I.D., Plakhova A.A. New approaches to the issue of classification of honey plants and honey collections. *Ekologicheskii vestnik Severnogo Kavkaza*. 2024;20(1):40-47. (In Russ.). EDN PQZSGQ.
 15. Светашева Т.Ю., Лакомов А.Ф., Привалова М.В., Смирнова Е.В., Максимова Т.В. Международная интернет-платформа iNaturalist как база наблюдений растений Красной книги Тульской области. *Фиторазнообразие Восточной Европы*. 2020;14(4):549-559. <http://doi.org/10.24411/2072-8816-2020-10088>
Svetasheva T.Yu., Lakomov A.F., Privalova M.V., Smirnova E.V., Maximova T.V. International internet platform iNaturalist as an observation base of plants included in the Red Data Book of Tula Oblast. *Phytodiversity of Eastern Europe*. 2020;14(4):549-559. (In Russ.). <http://doi.org/10.24411/2072-8816-2020-10088>
 16. Голицина И.Н. Как грамотно использовать веб-сервисы? *Народное образование*. 2017;5(1462):104-111. EDN YUQUER.
 17. Дмитриенко В.Д., Заковоротный А.Ю. Решение проблемы дообучения классических нейронных сетей. *Автоматизированные технологии производства*. 2015;4(10):32-40. EDN VDEWTP.
Dmitrienko V.D., Zakovorotnyi A.Y. Solving the problem of additional training of classical neural networks. *Avtomatizirovannye tekhnologii proizvodstva*. 2015;4(10):32-40. (In Russ.). EDN VDEWTP.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Коныгина Дарья Алексеевна, студент, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

e-mail: darya_konygina@mail.ru

Darya A. Konygina, Student, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, the Russian Federation.

Коценко Антон Александрович, аспирант, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

e-mail: randeren@mail.ru

ORCID: [0009-0009-3638-4521](https://orcid.org/0009-0009-3638-4521)

Anton A. Kotsenko, Postgraduate, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, the Russian Federation.

Варламов Олег Олегович, доктор технических наук, профессор, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана; главный научный сотрудник, Научно-исследовательский институт вычислительных комплексов им. М.А. Карцева, Москва, Российская Федерация.

e-mail: ovar@yandex.ru

ORCID: [0000-0002-2858-1383](https://orcid.org/0000-0002-2858-1383)

Oleg O. Varlamov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Professor, Bauman Moscow State Technical University; Chief Researcher, Kartsev Research Institute of Computing Complexes, Moscow, the Russian Federation.

Соколов Борис Олегович, студент, **Boris O. Sokolov**, Student, Bauman Moscow State
Московский государственный технический Technical University, Moscow, the Russian
университет им. Н.Э. Баумана, Москва, Federation.
Российская Федерация.
e-mail: bob.sokolov@yandex.ru

Грачева Анастасия Алексеевна, студент, **Anastasiya A. Gracheva**, Student, Bauman
Московский государственный технический Moscow State Technical University, Moscow, the
университет им. Н.Э. Баумана, Москва, Russian Federation.
Российская Федерация.
e-mail: melkij_grach@mail.ru

*Статья поступила в редакцию 20.03.2025; одобрена после рецензирования 15.04.2025;
принята к публикации 21.04.2025.*

*The article was submitted 20.03.2025; approved after reviewing 15.04.2025;
accepted for publication 21.04.2025.*