



## Реализация моделей нейронных сетей для прогнозирования показателей в умной теплице

*В.А. Черепенин, С.П. Воробьев, В.Р. Серкезюк*

*Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)  
имени М.И. Платова, Новочеркасск*

**Аннотация:** Данная статья исследует внедрение и реализацию моделей нейронных сетей в сфере сельского хозяйства, с акцентом на их использование в умных теплицах. Умные теплицы представляют собой инновационные системы контроля микроклимата и других факторов, влияющих на рост растений. С использованием нейронных сетей, обученных на данных о влажности почвы, температуре, освещенности и других параметрах, возможно прогнозирование будущих показателей с высокой точностью. В статье рассматриваются этапы сбора и подготовки данных, процесс обучения нейронных сетей, а также практическая реализация данного подхода. Результаты исследования подчеркивают перспективы внедрения нейронных сетей в аграрном секторе и их важную роль в оптимизации процессов роста растений и увеличении производительности сельскохозяйственных предприятий.

**Ключевые слова:** нейронная сеть, прогнозирование показателей, умная теплица, искусственный интеллект, моделирование данных, микроклимат.

В эпоху растущей цифровизации и стремительного развития технологий сельского хозяйства, концепция умной теплицы становится всё более актуальной и перспективной. Умные теплицы объединяют в себе передовые агротехнологии и информационные системы, позволяя фермерам и садоводам повысить уровень контроля над окружающей средой и, следовательно, урожайность своих культур.

Ключевым элементом умных теплиц являются нейронные сети, позволяющие анализировать и прогнозировать показатели, такие как температура, влажность, освещение, и другие факторы, в реальном времени. В этой статье мы погрузимся в мир реализации моделей нейронных сетей в умных теплицах и рассмотрим, как эти технологии революционизируют сельское хозяйство, повышая эффективность производства и снижая его негативное воздействие на окружающую среду [1].

Почвы играют решающую роль в сельском хозяйстве и экологии, поскольку они обеспечивают основу для роста растений и важны для баланса

экосистем. Эффективное управление почвенными ресурсами является критически важным для увеличения урожайности и устойчивости сельского хозяйства, а также для предотвращения эрозии почв и других экологических проблем [2]. Однако почвенные свойства и их состояние могут значительно различаться в зависимости от местоположения и времени.

Для более точного и эффективного управления почвами фермеры, агроинженеры и ученые внедряют современные технологии и аналитические методы, включая моделирование данных [3]. В частности, создание и использование моделей для прогнозирования показателей почвы становится все более распространенным и важным аспектом сельского хозяйства и экологии.

Для реализации и обучения модели необходимо подготовить набор данных. Рассмотрим каждый из параметров данных:

- дата: дата и время замера;
- влажность почвы: влажность почвы на момент замера;
- температура почвы: температура почвы на момент замера;
- влажность воздуха: влажность воздуха на момент замера;
- температура воздуха: температура воздуха на момент замера;
- уровень засоленности почвы: отношение диэлектрической проницаемости и объемной электропроводности на момент замера;
- дата последнего полива: дата и время последнего полива;
- количество воды: количество использованной воды на метр квадратный.

В результате, набор данных содержит восемь характеристик, содержит данные за одну неделю, с шагом в 30 минут. Для обучения модели, данные будут разделены на три части: 70% - обучающие данные, 20% - проверочные данные, 10% - тестовые данные. После подготовки набор данных помещается

---

в файл в формате CSV. После обучения модель будет способна предсказывать несколько из параметров, в нашем случае будущая влажность и температура почвы. Схема входных и выходных параметров итоговой модели представлена на рис.1.

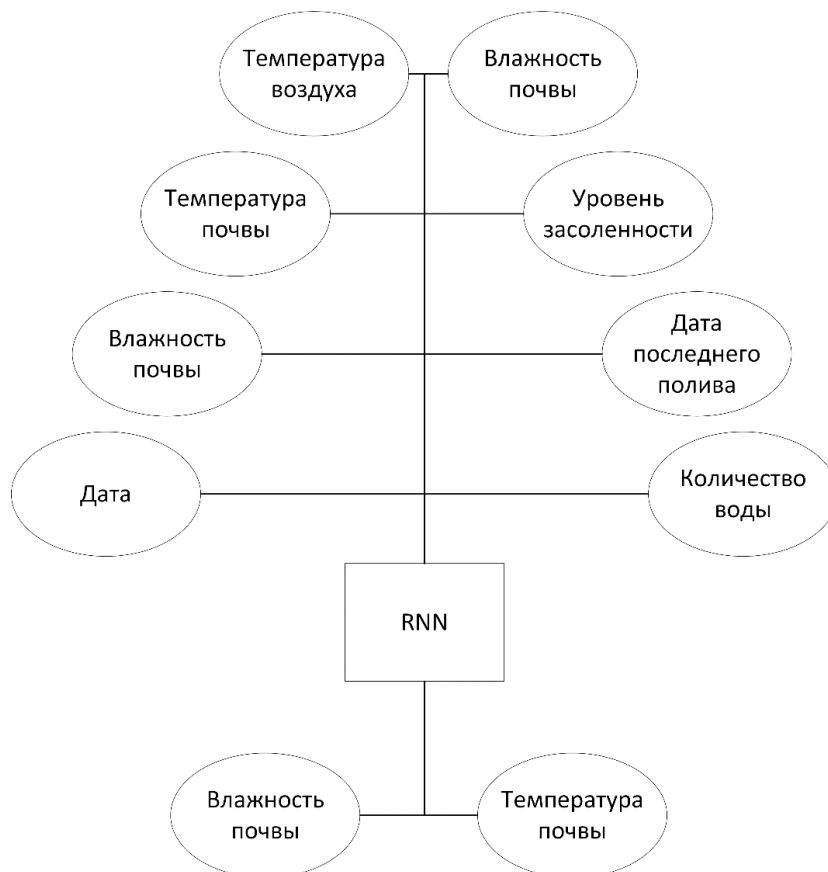


Рис. 1. – Схема входных и выходных параметров модели

Пользователи могут просматривать актуальные данные по каждой теплице, в том числе визуализированные в виде графиков. Экранная форма с графиками показателей микроклимата представлена на рис. 2. Значения, отмеченные желтым цветом – получены с помощью модели прогнозирования.

Возможность отслеживания показателей микроклимата, таких как температура, влажность, освещенность и других факторов окружающей среды, играет важную роль во многих сферах человеческой деятельности [4].

Это особенно важно в контексте сельского хозяйства, животноводства, исследований, производства, а также в повседневной жизни.

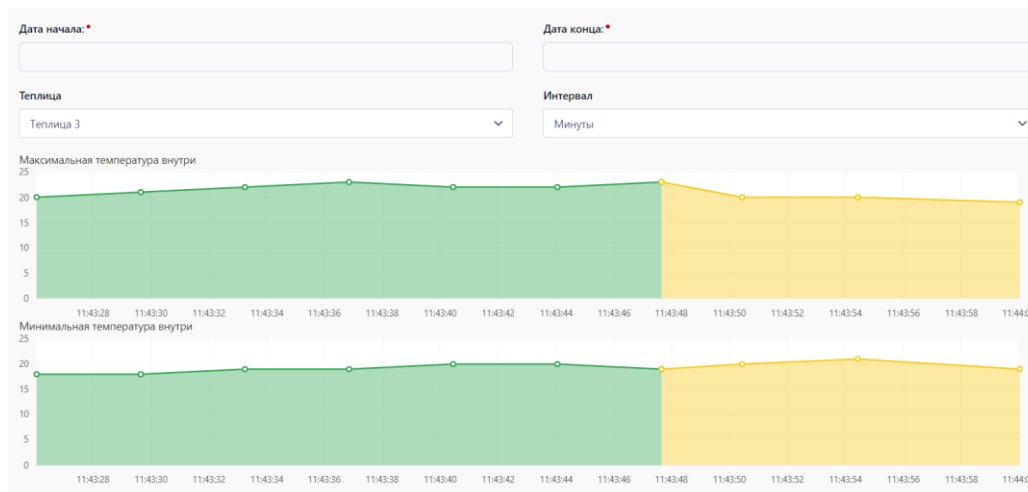


Рис. 2. – Экранная форма с показателями микроклимата

Контроль показателей микроклимата имеет целью обеспечить оптимальные условия для процессов и живых организмов. Верное поддержание микроклимата может увеличить урожайность, способствовать комфорту внутри помещений, обеспечивать безопасность в лабораторных условиях и многое другое [5].

Для осуществления и обучения модели требуется подготовить набор данных. Давайте анализировать каждый из параметров данных поочередно:

- дата: дата и время замера;
- максимальная температура внутри: максимальная температура за время замера внутри теплицы;
- средняя температура внутри: средняя температура за время замера внутри теплицы;
- минимальная температура внутри: минимальная температура за время замера внутри теплицы;
- максимальная влажность внутри: максимальная влажность за время замера внутри теплицы;

- средняя влажность внутри: средняя влажность за время замера внутри теплицы;
- минимальная влажность внутри: минимальная влажность за время замера внутри теплицы;
- максимальная температура снаружи: максимальная температура за время замера снаружи теплицы;
- средняя температура снаружи: средняя температура за время замера снаружи теплицы;
- минимальная температура снаружи: минимальная температура за время замера снаружи теплицы;
- максимальная влажность снаружи: максимальная влажность за время замера снаружи теплицы;
- средняя влажность снаружи: средняя влажность за время замера снаружи теплицы;
- минимальная влажность снаружи: минимальная влажность за время замера снаружи теплицы;
- уровень освещения: уровень освещения в теплице;
- дата последнего полива: дата и время последнего полива;
- количество воды: количество использованной воды на метр квадратный.

В итоге, в наборе данных содержится шестнадцать характеристик, охватывающих информацию за одну неделю с интервалом в 30 минут. Процедура подготовки данных аналогична описанной ранее модели. После завершения обучения, модель будет способна прогнозировать несколько параметров, конкретно в нашем случае - предсказание будущей средней влажности и температуры внутри теплицы. Структура входных и выходных данных для конечной модели представлена на рис.3.

---

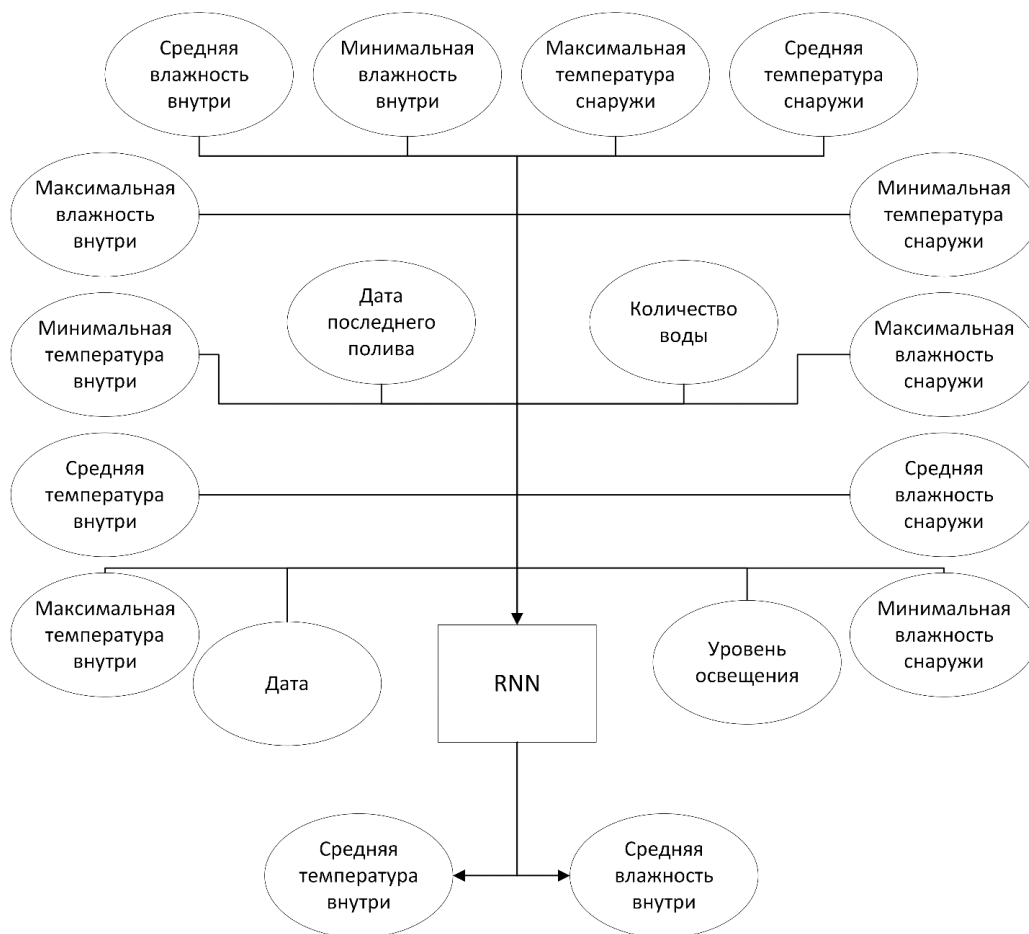


Рис. 3. – Схема входных и выходных параметров модели

Экранная форма с графиками показателей почвы представлена на рис.

4.

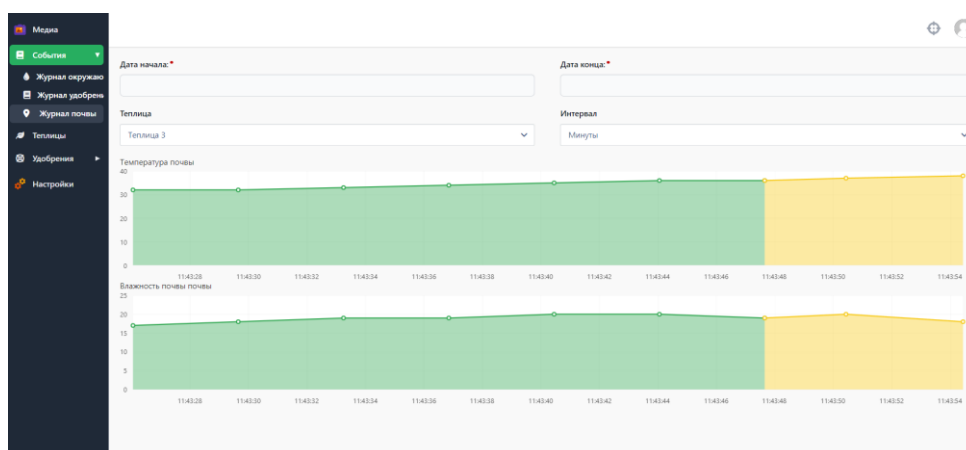


Рис. 4. – Экранная форма с показателями почвы

Значения, отмеченные желтым цветом – получены с помощью модели прогнозирования, описанной ранее. На данных формах пользователь может

выбрать дату начала и дату конца выборки, а также интервал, который он хочет исследовать.

Для реализации модели будет использована рекуррентная нейронная сеть [6-8]. Рекуррентная нейронная сеть (далее *RNN*) — это тип нейронной сети, хорошо подходящий для данных временных рядов. *RNN* обрабатывают временной ряд шаг за шагом, сохраняя внутреннее состояние от шага к шагу.

Модели реализованы с применением нейронных сетей, с помощью библиотеки *TensorFlow*. *TensorFlow* — открытая программная библиотека для машинного обучения, разработанная компанией *Google* для решения задач построения и тренировки нейронной сети [9].

Вызов реализованных моделей происходит из *PHP*-скрипта при помощи встроенной функции «*shell\_exec*». Модель возвращает в *PHP*-скрипт предсказанное значение, таким образом, по завершению его работы посредством чтения вывода *CLI*-интерфейса попадает предсказанное значение [10].

В заключение, реализация моделей нейронных сетей для прогнозирования показателей в умной теплице представляет собой перспективный и эффективный подход к оптимизации процессов в сельском хозяйстве и контроле за условиями выращивания растений. Нейронные сети, обученные на основе предоставленных данных о микроклимате, влажности почвы и других факторах, могут предсказать будущие показатели с высокой точностью. Это позволяет сельскохозяйственным предприятиям принимать более информированные решения, увеличивать урожаи и оптимизировать использование ресурсов, таких как вода и энергия.

При этом важно подчеркнуть, что успешная реализация таких моделей требует не только качественных данных, но и компетентной настройки нейронных сетей и постоянного мониторинга их работы. С ростом доступности сенсоров и систем сбора данных, а также с развитием методов

---

глубокого обучения, перспективы использования нейронных сетей в аграрном секторе обещают быть все более важными.

Таким образом, реализация моделей нейронных сетей в умных теплицах является важным шагом в сторону более устойчивого и эффективного сельского хозяйства. При правильной настройке и использовании этих технологий можно достичь оптимизации роста растений, сокращения затрат и повышения общей производительности.

### Литература

1. Сергеев Д.А. Энтропийные параметры структурных параметров систем. // Наука, техника и образование. 2016. № 3. URL: [lor.my-ivanovo.ru/images/PDF/2016/21/NTO-3-21.pdf](http://or.my-ivanovo.ru/images/PDF/2016/21/NTO-3-21.pdf).

2. Jones Z., Taft K., Sidhu S. The state of food security and nutrition in the world. Building climate resilience for food security and nutrition. Rome: Food and Agriculture Organization; 2018. URL: [fao.org/publications/home/fao-flagship-publications/the-state-of-food-security-and-nutrition-in-the-world/2022/en](http://fao.org/publications/home/fao-flagship-publications/the-state-of-food-security-and-nutrition-in-the-world/2022/en).

3. Al-Doghman F., Chaczko Z., Ajayan A.R., Klempous R. A review on Fog Computing Technology // Conference Proceedings of 2016 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, SMC 2016 (Budapest, Hungary, October, 9–12, 2017). Institute of Electrical and Electronics. URL: [researchgate.net/publication/313586966\\_A\\_review\\_on\\_Fog\\_Computing\\_technology](https://researchgate.net/publication/313586966_A_review_on_Fog_Computing_technology).

4. Alexandratos N, Bruinsma J. World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. Rome: Food and Agriculture Organization; 2012. URL: [fao.org/3/ap106e/ap106e.pdf](http://fao.org/3/ap106e/ap106e.pdf).

5. Bren d'Amour C, Reitsma F, Baiocchi G, Barthel S, Güneralp B, Erb K-H. Future urban land expansion and implications for global croplands.

---





Proceedings of the National Academy of Sciences. 2016;114(34). URL: [pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28028219/](http://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28028219/)

6. Воробьев С.П., Горобец В.В. Исследование модели транзакционной системы с репликацией фрагментов базы данных, построенной по принципам облачной среды // Инженерный вестник Дона. - 2012. - № 4. - URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1149](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1149)

7. Bychkova SM, Zhidkova EA, Andreeva OO. Innovative controlling technologies. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(3). URL: [fptt.ru/en/issues/1988/2581/?ysclid=lpqx6ilrmk307796095](http://fptt.ru/en/issues/1988/2581/?ysclid=lpqx6ilrmk307796095)

8. Brito M.S.D., Hoque S., Magedanz T., Steink R., Willner A., Nehls D., Keils O., Schreiner F. A Service Orchestration Architecture for Fog enabled Infrastructures // 2017 2nd International Conference on Fog and Mobile Edge Computing, FMEC 2017 (Valencia, Spain, May, 8–11, 2017). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2017 P. 127–132. URL: [researchgate.net/publication/317639602\\_A\\_service\\_orchestration\\_architecture\\_for\\_Fog-enabled\\_infrastructures](http://researchgate.net/publication/317639602_A_service_orchestration_architecture_for_Fog-enabled_infrastructures).

9. Михайлов В.К., Скоба А.Н., Бадашев В.В., Шахов Д.В., Реков А.В., Можаяев А.Л. Имитационные модели функционирования распределенных систем обработки информации и их программная реализация // Инженерный вестник Дона. - 2021. - №8. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n8y2021/7172](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n8y2021/7172)

10. Bonomi F., Milito R., Zhu J. and Addepalli S. Fog Computing and Its Role in the Internet of Things // Proceedings of the 1st ACM Mobile Cloud Computing Workshop, MCC'12 (Helsinki, Finland, August). URL: [researchgate.net/publication/235409978\\_Fog\\_Computing\\_and\\_its\\_Role\\_in\\_the\\_Internet\\_of\\_Things](http://researchgate.net/publication/235409978_Fog_Computing_and_its_Role_in_the_Internet_of_Things).

## References

1. Sergeyev D.A. Nauka, tekhnika i obrazovaniye. 2016. №3. URL: [lor.myivanovo.ru/images/PDF/2016/21/NTO-3-21.pdf](http://lor.myivanovo.ru/images/PDF/2016/21/NTO-3-21.pdf)
  2. Jones Z., Taft K., Sidhu S. Rome: Food and Agriculture Organization; 2018. URL: [fao.org/publications/home/fao-flagship-publications/the-state-of-food-security-and-nutrition-in-the-world/2022/en](http://fao.org/publications/home/fao-flagship-publications/the-state-of-food-security-and-nutrition-in-the-world/2022/en)
  3. Al-Doghman F., Chaczko Z., Ajayan A.R., Klempous R. Conference Proceedings of 2016 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, SMC 2016 (Budapest, Hungary, October, 9–12, 2017). Institute of Electrical and Electronics. URL: [researchgate.net/publication/313586966\\_A\\_review\\_on\\_Fog\\_Computing\\_technology](http://researchgate.net/publication/313586966_A_review_on_Fog_Computing_technology)
  4. Alexandratos N, Bruinsma J. Rome: Food and Agriculture Organization; 2012. URL: [fao.org/3/ap106e/ap106e.pdf](http://fao.org/3/ap106e/ap106e.pdf)
  5. Bren d'Amour C, Reitsma F, Baiocchi G, Barthel S, Güneralp B, Erb K-H. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2016; 114. URL: [pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28028219/](http://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28028219/)
  6. Vorobyov S.P., Gorobets V.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2012. № 4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1149](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1149)
  7. Bychkova SM, Zhidkova EA, Andreeva OO. Food Processing: Techniques and Technology. 2019; 49. URL: [fptt.ru/en/issues/1988/2581/?ysclid=lpqx6ilrmk307796095](http://fptt.ru/en/issues/1988/2581/?ysclid=lpqx6ilrmk307796095)
  8. Brito M.S.D., Hoque S., Magedanz T., Steink R., Willner A., Nehls D., Keils O., Schreiner F.A. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2017 URL: [researchgate.net/publication/317639602\\_A\\_service\\_orchestration\\_architecture\\_for\\_Fog-enabled\\_infrastructures](http://researchgate.net/publication/317639602_A_service_orchestration_architecture_for_Fog-enabled_infrastructures)
-



9. Mikhailov V.K., Skoba A.N., Badashev V.V., Shakhov D.V., Rekov A.V., Mozhaev A.L. Inzhenernyj vestnik Dona. 2021. №8. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n8y2021/7172](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n8y2021/7172)

10. Bonomi F., Milito R., Zhu J. and Addepalli S. Proceedings of the 1st ACM Mobile Cloud Computing Workshop, MCC'12 (Helsinki, Finland, August). URL: [researchgate.net/publication/235409978\\_Fog\\_Computing\\_and\\_its\\_Role\\_in\\_the\\_Internet\\_of\\_Things](http://researchgate.net/publication/235409978_Fog_Computing_and_its_Role_in_the_Internet_of_Things)

**Дата поступления: 25.11.2023**

**Дата публикации: 3.01.2024**