

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ГЕНЕТИКИ,
БИОТЕХНОЛОГИИ И ИНЖЕНЕРИИ ИМЕНИ Н.И. ВАВИЛОВА»

II МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ
АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

САРАТОВ

21 ноября 2024 года

УДК 004.9:63
ББК 32.81:4
П 78

Рецензенты:

Егоров Игорь Владимирович,
кандидат технических наук, доцент кафедры «Техническая механика и
мехатроника» института машиностроения, материаловедения и транспорта
Саратовского технического университета имени Ю.А. Гагарина

Мельникова Юлия Владимировна,
кандидат экономических наук, доцент кафедры математического и
компьютерного моделирования
Саратовского национального исследовательского государственного
университета имени Н.Г. Чернышевского

**Материалы II Международной научно-практической конференции
«Проблемы и перспективы цифровизации агропромышленного
комплекса» / Под ред. А.В. Ключикова – Саратов: ФГБОУ ВО
Вавиловский университет, 2024. – 163 с. Материалы изданы в авторской
редакции**

ISBN 978-5-7011-0872-9

ISBN 978-5-7011-0872-9

© ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024
© Коллектив авторов, 2024

Ivan H. Dimovski

*Institute of Mathematics and Informatics Bulgarian Academy of Sciences, Sofia,
Bulgaria*

MULTI-VARIATE OPERATIONAL CALCULI FOR BOUNDARY VALUE PROBLEMS

Abstract. By the author proposed new approaches are encompassed almost all known nonlocal boundary value problems (BVP), as Bitsadze-Samarskii, Samarskii-Lonkin, Beilen and Tornley problems. The explicit solutions obtained can be used both for theoretical study, and numerical calculation of the solutions.

Keywords: partial differential equations, boundary value problems, new operational method

The problem of generalization of the direct algebraic approach of J. Mikusinski to Heaviside operational calculus in order to encompass operational calculi for boundary value problems is still open (see [1]). The main difficulty lies in the absence of appropriate convolutions to be used instead of the classical Duhamel convolutions. In [2] the author proposed some new convolutions, connected with basic one-dimensional BVP for the differentiation operator and for Sturm-Liouville operators. Here we extend these convolutions for functions of several variables in finite rectangular domains as a basis of multi-variate operational calculi. Compared with the Mikusinski's use of convolution fractions, we make a step further: we introduce multipliers fractions, instead of convolution fractions of the corresponding multi-variate convolution algebra.

The ring of the multipliers fractions contains as isomorphic parts the number field, the ring of the multipliers and the convolution rings of one and several variables functions. Characteristic for the operational calculus, developed in such a way, is the use of a unique algebraic system without any distinction between functions and "operators". We apply these operational calculi for obtaining explicit solutions of a large class of local and nonlocal BVP for linear equations of mathematical physics. These explicit representations, in fact, are extensions of the classical Duhamel principle, but for the space variables, instead of the time variable. By our approach are encompassed almost all known nonlocal BVPs, as Bitsadze-Samarskii, Samarskii-Ionkin, Beilen and Thornley problems.

Operational calculus and algebraic analysis have a common feature: both are branches of the linear functional analysts. Algebraic analysis consists of two algebraic systems: a linear space + a ring of operators. Operational calculus consists of one algebraic system and its extensions. An algebraic analysis system may be extended

into an operational calcul one could find a *suitable convolution* in the basic space. Further, it show kind of Mikusinski's approach.

Consider the class of BVP to which operational calculus method is applicable constructively. Let

$$x = (x_1, x_2, \dots, x_n), \quad t = (t_1, t_2, \dots, t_m), \quad u = u(x, t)$$

Domain

$$G = \prod_{k=1}^n \underbrace{(a_k, b_k)}_{(0,1)} \times \prod_{j=1}^m \underbrace{(0, T_j)}_{(0,\infty)}$$

Equation:

$$\sum_{j=1}^m P_j \left(\frac{\partial}{\partial t_j} \right) u = \sum_{k=1}^n Q_k (D_k) u + F(x, t), \quad D_k = \frac{\partial^2}{\partial x_k^2} - q_k(x_k),$$

P_j, Q_k – polynomials

Boundary value conditions

local:

$$\alpha_k \frac{\partial u_k}{\partial x_k} + \beta_k u|_{x_k=0} = f_k(x_1, \dots, x_{k-1}, x_{k+1}, \dots, x_n, t), \quad k = 1, 2, \dots, n$$

nonlocal

$$\Phi_{x_k}^k \{u\} = g_k(x_1, \dots, x_{k-1}, x_{k+1}, \dots, x_n, t), \quad \chi_{x_k}^{(j)} \{u\} = h_j(x, t_1, \dots, t_{j-1}, t_{j+1}, \dots, t_m),$$

$\Phi^{(k)}$ – linear functional on $C^1[0, 1]$, $\chi^{(i)}$ – linear functional on $C[0, T]$.

Operational calculi for $\partial/\partial t$ и $\partial^2/\partial x^2$

1. Basic space: $C(\Delta), \quad \Delta = [0, 1] \times [1, \infty)$
2. Convolution $(F * G)(x, t) = -\frac{1}{2} \Phi_\xi \chi_\tau \{h(x, t, \xi, \tau)\}$

$$h(x, t, \xi, \tau) = \int_{\tau-x}^t \int_x^\xi F(\xi + x - \eta, t + \tau - \sigma) G(\eta, \sigma) d\eta d\sigma -$$

$$- \int_{\tau-x}^t \int_x^\xi F(|\xi - x - \eta|, t + \tau - \sigma) G(|\eta|, \sigma) \operatorname{sgn}[\eta(\xi - x - \eta)] d\eta d\sigma$$

Here $C[\Delta, *]$ – convolution algebra. General definition of multiplier of $C[\Delta, *]$ is $M: C \rightarrow C$ – multiplier $\Leftrightarrow M(F * G) = (M F) * G, \quad \forall F, G \in C, \quad m$ – ring of multipliers, $C \subset m, \quad M$ – ring of multipliers fractions:

$$M = \left\{ \frac{A}{B}, \quad A, B \in m, B \neq 0, B \text{ nondivisor of } 0 \right\}, \quad \frac{1}{L} = S, \quad \frac{1}{l} = s$$

Basic formulae

$$l \left\{ \frac{\partial u}{\partial t} \right\} = u - \chi_\tau \{u(x, \tau)\}, \quad L \left\{ \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \right\} = u - x \Phi_\xi \{u(\xi, t)\} - (1 - \Phi\{1\} x) u(0, t)$$

Their equivalents

$$\frac{\partial u}{\partial t} = s u - [\chi_\tau \{u(x, \tau)\}]_t$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = S u - [x \Phi_\xi \{u(\xi, t)\}]_x - S \{(1 - \Phi\{1\}x)u(0, t)\}$$

For example,

$$u_{xx} + u_{yy} = F(x, y), \quad 0 < x < a, \quad 0 < y < b$$

$$u(x, 0) = u(0, y) = 0 \quad \Phi_\xi \{u(\xi, y)\} = g(y), \quad \Psi_\eta \{u(x, \eta)\} = f(x)$$

Convolution

$$(F * G)(x, y) = \frac{1}{4} \tilde{\Phi}_\xi \tilde{\Psi}_\eta \{h(x, y, \xi, \eta)\} \quad \text{with}$$

$$\Phi_\xi \{f(\xi)\} = \Phi_\xi \left\{ \int_0^\xi f(\sigma) d\sigma \right\}, \quad \tilde{\Psi}_\eta \{g(\eta)\} = \Psi_\eta \left\{ \int_0^\eta g(\tau) d\tau \right\} \quad \text{and}$$

$$L_x \{u(x, y)\} = \{x\}^* \{u(x, y)\}, \quad L_y \{u(x, y)\} = \{y\}^* \{u(x, y)\}$$

$$L_x L_y \{u(x, y)\} = \{x y\}^* \{u(x, y)\}, \quad \frac{1}{L_x} = S_x \quad \frac{1}{L_y} = S_y$$

$$(S_x + S_y)u = F(x, y) + [g(y)]_x + [f(x)]_y$$

$$u = \frac{1}{(S_x + S_y)} \{F(x, y)\} + \frac{1}{(S_x + S_y)} [f(x)]_y + \frac{1}{(S_x + S_y)} [g(y)]_x$$

A classical example: Dirichlet problem for a rectangle

$$\Delta u = 0, \quad 0 < x < a, \quad 0 < y < b$$

By operational calculus we obtained:

$$L_x, \quad L_y \text{ -- right inverses to } \frac{\partial^2}{\partial x^2} \quad \text{and} \quad \frac{\partial^2}{\partial y^2}, \quad S_x = [x]_y = \frac{1}{L_x} \quad S_y = [y]_x = \frac{1}{L_y}$$

$$u_{xx} = S_x u - L_x, \quad u_{yy} = S_y u - L_y, \quad (S_x + S_y)u = L_x + L_y$$

$$0 = (S_x + S_y)u - \left(\frac{1}{S_x} + \frac{1}{S_y}\right) \Rightarrow u = \frac{1}{S_x S_y} = L_x L_y = \{x y\}$$

Denote

$$\Omega(x_1, \dots, x_n; t) = \frac{1}{S_1 \dots S_n (s - \sum_{k=1}^n S_k)} \quad \text{-- the solution for } f(x_1, \dots, x_n) = x_1 x_2 \dots x_n,$$

$$\text{If } \Omega(x_k; t) = \frac{1}{S_k (s - S_k)} \quad \text{then} \quad \Omega(x_1, \dots, x_n; t) = \prod_{k=1}^n \Omega(x_k; t) \quad \text{and}$$

$$u = \frac{\partial^n}{\partial x_1 \partial x_2 \dots \partial x_n} (\Omega * f)$$

$$u_{xx}(x, y) + u_{yy}(x, y) = 0, \quad 0 < x < 1, \quad 0 < y < 1$$

$$u(x, 0) = u(0, y) = 0, \quad u(x, 1) = f(x), \quad u(0, y) = u\left(\frac{1}{2}, y\right),$$

$$u(x, t) = \frac{\partial^4}{\partial x^4}(\Omega^x * f)$$

Exact solution: [I.H. Dimovski, Convolutional Calculus, Dordrecht, 1990, p. 175 – 176].

$$u(x, y) = - \int_{\frac{1}{2}}^1 \left\{ \int_x^\xi U(\xi + x - \eta, y) f^{(4)}(\eta) d\eta - \int_{-x}^\xi U(x - \xi - \eta, y) f^{(4)}(|\eta|) \operatorname{sgn}(\eta) d\eta \right\} d\xi,$$

where

$$U(x, y) = \frac{1}{4\pi^3} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin 2\pi n x \cdot \operatorname{sh} 2\pi n y}{(2 - (-1)^n) n^3 \operatorname{sh} 2\pi k} - \frac{9}{2\pi^3} \sum_{m=-\infty}^{\infty} \frac{\sin(2\pi/3 + 4m\pi) x \cdot \operatorname{sh}(2\pi/3 + 4m\pi) y}{(1 - 6m)^3 \operatorname{sh}(2\pi/3 + 4m\pi)}$$

Assumptions on f :

$$f \in C^4[0, 1], \quad f(0) = f(1) - f\left(\frac{1}{2}\right) = 0, \quad f^n(0) = f^n(1) - f^n\left(\frac{1}{2}\right) = 0$$

$U(x, y)$ is the solution of the problem for

$$f(x) = \frac{x^3}{6} - \frac{7x}{24} = L_x\{x\}, \quad U_{xx}(x, y) + U_{yy}(x, y) = 0, \quad U(x, 0) = U(0, y) = 0,$$

$$U(x, 1) = \frac{x^3}{6} - \frac{7x}{24}, \quad U(1, y) = U\left(\frac{1}{2}, y\right)$$

Here $U(x, y)$ is not a classical solution, but it is generalized solution (in a corresponding sense).

Simplified exact solution

$$u(x, y) = \int_x^{\frac{1}{2}} U_x\left(\frac{1}{2} + x - \xi, y\right) f^{(2)}(\xi) d\xi - \int_{-x}^{\frac{1}{2}} U_x\left(\frac{1}{2} - x - \xi, y\right) f^{(2)}(|\xi|) \operatorname{sgn}(\xi) d\xi - \int_x^1 U_x\left(\frac{1}{2} + x - \xi, y\right) f^{(2)}(\xi) d\xi - \int_{-x}^1 U_x\left(\frac{1}{2} - x - \xi, y\right) f^{(2)}(|\xi|) \operatorname{sgn}(\xi) d\xi$$

where

$$U_x(x, y) = \frac{\partial U(x, y)}{\partial x}$$

$$U_x(x, y) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\cos 4\pi n x \cdot \operatorname{sh} 4\pi n y}{8\pi^2 n^2 \operatorname{sh} 4\pi n} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{3 \cos \frac{2}{3}(2n-1)\pi x \cdot \operatorname{sh} \frac{2}{3}(2n-1)\pi y}{2\pi^2 (2n-1)^n \cos \frac{2}{3}(1+n)\pi \cdot \operatorname{sh} \frac{2}{3}(2n-1)\pi}$$

Assumptions on f : $f(0) = f(1) - f(\frac{1}{2}) = 0$

The explicit solutions obtained can be used both for theoretical study, and for numerical calculation of the solutions.

References

- [1] *Guterman M.* An operational method in partial differential equations. *SIAM J. Appl. Math.* 17, p. 468-492.
- [2] *Dimovski I. H.* Convolutional Calculus, Kluwer. Dordrecht, 1990.

©Dimovski I. H., 2024

**Ирек Раилевич Азизов, Алексей Михайлович Шахов,
Владислав Валерьевич Горбачев**

*Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии
и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия*

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ IOT ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ШАМПИНЬОНОВ

Аннотация. Рассматриваются технологии интернета вещей (IoT), и применение его в сельском хозяйстве. Автоматизированные системы, обеспечивающие функционирование технологии интернета вещей. Рассматриваются преимущества удаленного мониторинга и управления климатическими параметрами посредством применения автоматизированных датчиков. Мониторинг следующих параметров среды: температура воздуха и почвы, влажность воздуха и почвы, соотношение CO₂. Также, рассматриваются преимущества применения автоматизированных систем полива и поддержания температуры среды. Общение автоматизированных устройств, применяемых в тепличных хозяйствах, в частности при выращивании шампиньонов, посредством использования технологии интернета вещей.

Ключевые слова: интернет вещей, автоматизированное выращивание шампиньонов, автоматизация, IoT технологии в теплицах, автоматический полив, автоматический контроль климатических условий

Irek R. Azizov, Alexey M. Shakhov, Vladislav V. Gorbachev

*Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after
N.I. Vavilov, Saratov, Russia*

THE USE OF IOT TECHNOLOGIES IN THE CULTIVATION OF CHAMPIGNONS

Abstract. The technologies of the Internet of Things (IoT) and its application in agriculture are considered. Automated systems that ensure the functioning of the Internet of Things technology. The advantages of remote monitoring and control of climatic parameters through the use of automated sensors are considered. Monitoring of the following environmental parameters: air and soil temperature, air and soil humidity, CO₂ ratio. Also, the advantages of using automated irrigation systems and maintaining the temperature of the environment are considered. Communication of automated devices used in greenhouses, in particular in the cultivation of champignons, through the use of Internet of Things technology.

Keywords: Internet of things, automated cultivation of champignons, automation, IoT technologies in greenhouses, automatic watering, automatic control of climatic conditions

Введение

Автоматизация сельского хозяйства претерпела значительные изменения в результате внедрения технологий интернета вещей (IoT). Эти технологии используются для повышения эффективности работы агропредприятий, минимизации затрат и увеличения объемов производства [1].

Основные аспекты автоматизации: системы мониторинга климата, автоматизированные системы управления поливом, а также технологии для контроля уровня углекислого газа.

Анализ данных, собранных этими системами, помогает агрономам принимать обоснованные решения и оперативно реагировать на изменения, что приводит к улучшению качества и количеству производимого урожая [2].

Развитием технологий автоматизации является применение роботизированных систем. Эти устройства способны работать круглосуточно, что увеличивает производительность труда и уменьшает необходимость в физическом труде со стороны людей. Однако, необходимо учитывать и недостатки автоматизации, такие как высокая стоимость первоначальных инвестиций и возможные технические сбои, которые могут привести к значительным потерям продукции.

Для повышения эффективности использования роботизированных систем в тепличных хозяйствах, и для удаленного отслеживания исследуемых параметров среды, применяется технология интернет вещей (IoT) [3].

Это концепция, когда различные устройства и объекты подключены к интернету и могут обмениваться данными друг с другом. Одним из ключевых преимуществ IoT является возможность удалённого мониторинга и управления [3]. Управление климатическими условиями является ключевым моментом в производственном процессе, так как шампиньонам, необходимы строго определённые условия для роста и развития. IoT-устройства, такие как: датчики температуры, влажности и уровня углекислого газа - позволяют агрономам непрерывно отслеживать изменения в климате теплицы и адаптировать условия в реальном времени. Исследования показывают, что эффективное управление климатом в теплицах может увеличить урожайность на 20-30%, что делает внедрение IoT-технологий не только целесообразным, но и экономически оправданным решением для агробизнеса [4].

Технологии IoT также применяются при процессе полива шампиньонов. Автоматический полив, являющийся частью «умных» систем, интегрированных в технологию интернета вещей, позволяет минимизировать человеческое вмешательство, сводя к минимуму ошибки, возникающие при ручном поливе.

Преимущества автоматизированного полива, по сравнению с ручным, является возможность заранее задать параметры для различных стадий роста грибов. В результате, работа такой системы приводит, к сокращению расхода во-

ды, в следствии точного ее использования, и к повышению урожайности, за счет поддержания оптимальных влагозапасов при выращивании культуры [5]. Также, интеграция IoT позволяет системам полива адаптироваться к изменяющимся условиям окружающей среды, например, увеличивать интенсивность полива в жаркую погоду и снижать ее при понижении температуры [4].

Технология IoT позволяет обеспечить постоянный контроль за физико-химическими характеристиками почвы: pH, влажность, уровень кислорода и температура (рис. 1). Внедрение сенсорных устройств, подключенных к сети, предполагает сбор данных в режиме реального времени, что дает возможность осуществлять точный контроль за условиями, необходимыми для успешного роста грибов.

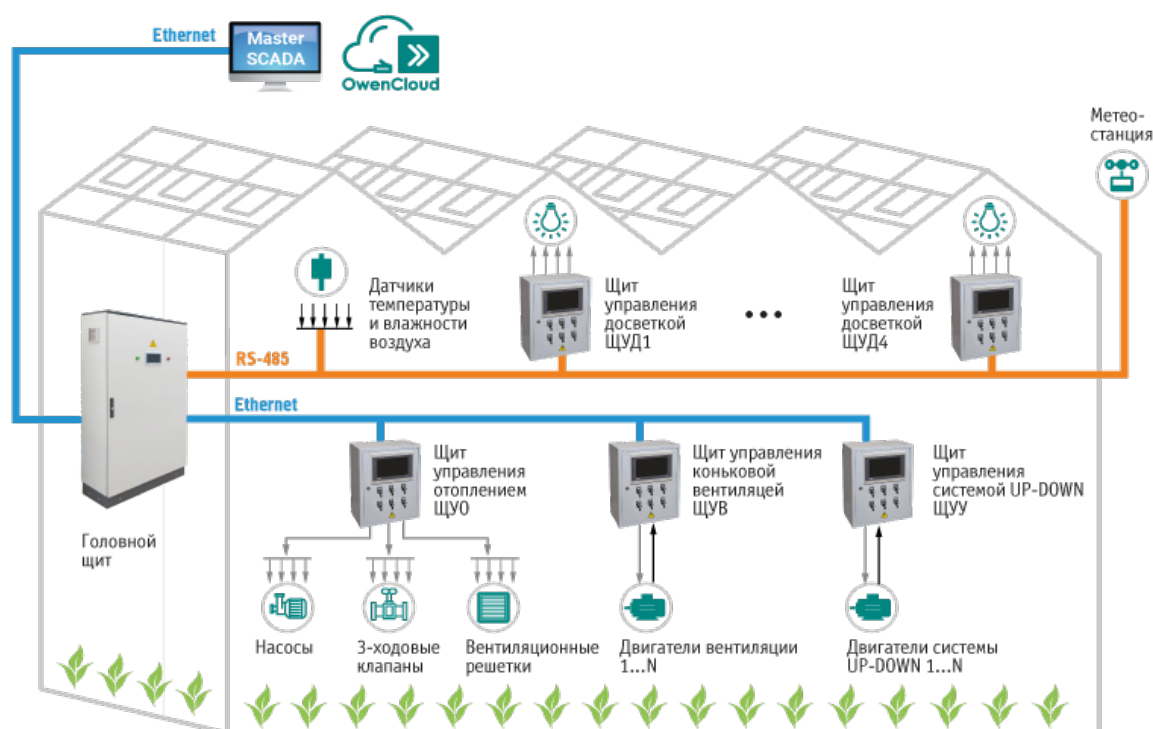


Рисунок 1 - Функциональная схема управления тепличным оборудованием

Системы автоматического мониторинга температуры состоят из многоуровневых датчиков, установленных в разных частях теплицы. Датчики фиксируют изменения температуры в пределах 1 м² и передают данные на центральный контроллер или облачную платформу. Умные термостаты и системы отопления также могут быть интегрированы в единую платформу интернета вещей.

Внедрение автоматизированных платформ и интернета вещей позволяет: повысить контроль за изменениями окружающей среды, снижает потребление энергии и затраты на отопление [5]. Также, в рамках автоматизированного контроля температуры в теплицах применяются следующие решения: вентиляторы, системы отопления и оборудование для охлаждения, которые обладают функцией дистанционного управления [2].

Поддержание оптимального уровня влажности не только способствует оптимальному росту грибов, но и минимизирует риск возникновения заболева-

ний. Использование технологий (IoT) позволяет эффективно контролировать этот процесс. Автоматические сенсоры устанавливаются в теплицах для измерения текущих уровней влажности в воздухе и в почве [6].

Неопытные агрономы могут недооценивать важность оптимального уровня влажности на каждом этапе роста шампиньонов. Недополив как и переполив приводит к сокращению урожая вплоть до 25% [6].

Примерами успешного применения технологии интернета вещей в сельском хозяйстве, могут служить:

- московский тепличный комплекс, оснащенный современными IoT-решениями. Этот пример иллюстрирует преимущества автоматизации в аграрном производстве. Основная задача заключалась в создании полностью автоматизированной системы, позволяющей управлять климатом внутри теплицы в зависимости от потребностей растения. Для достижения этой цели комплекс оснастили сенсорами, которые собирают данные о температуре, влажности, световом потоке, концентрации углекислого газа, а также использование систем автоматического полива, которые также интегрированы в платформу IoT [3];

- ферма по выращиванию шампиньонов, которая находится в Краснодарском крае. Здесь применяется технология интернета вещей (IoT) для автоматизации процессов выращивания грибов. Сенсоры отслеживают параметры: температуру, влажность, pH почвы и уровень углекислого газа. Благодаря этому ферма может быстро реагировать на изменения окружающей среды, что минимизирует риски, связанные с неблагоприятными погодными условиями или ошибками в поливе. Автоматизация процессов также позволяет снизить затраты на рабочую силу, так как многие операции теперь выполняются автоматически [4].

Заключение

Современные технологии в агрономии, такие как интернет вещей (IoT), искусственный интеллект, находятся на пересечении инноваций и потребностей сельского хозяйства. Эти технологии обещают кардинально изменить подходы к выращиванию сельскохозяйственных культур, в том числе шампиньонов, повышая эффективность и устойчивость агропроектов.

Технология IoT позволяет собирать и анализировать большие объемы данных о климатических условиях, здоровье растений и уровне влажности, что позволяет агрономам принимать обоснованные решения. Применение автоматизированных систем: повышает урожайность, экономит водные ресурсы и энергетические затраты. Внедрение таких технологий создает возможность для точного прогнозирования урожайности и мониторинга состояния посевов, что повышает урожайность выращиваемой культуры.

Интеграция IoT улучшает качество производства и открывает новые горизонты для экологической устойчивости аграрного сектора.

Список источников

1. Сажин С.Г. Средства автоматического контроля технологических параметров: учебник / С.Г. Сажин. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 368 с.
2. Гарицкая М.Ю. Мониторинг почв: учебное пособие / М.Ю. Гарицкая, А. А. Шайхутдинова, Т.Ф. Тарасова. Оренбург : ОГУ, 2017. 139 с.
3. Лазарев Н.Т. Применение концепции Интернета вещей для сбора и передачи основных экологических факторов в сельском хозяйстве / Н.Т. Лазарев, У.К. Тлеболды. Текст : непосредственный // Молодой ученый. 2024. № 6 (505). С. 7-11.
4. Закупнев С.Л. Применение технологии "ИОТ" в сельском хозяйстве / С. Л. Закупнев, И. С. Вандышева // Молодежный вектор развития аграрной науки: материалы 74-й национальной научно-практической конференции студентов и магистрантов, Воронеж, 01 апреля 2023 года. Том Часть IV. Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2023. С. 517-524.
5. Механизация и автоматизация технологических процессов в АПК : учебное пособие / составитель Е.А. Ладыгин. Персиановский : Донской ГАУ, 2022. 254 с.
6. Азизов И.Р. Повышение качества полива грибов в тепличных условиях за счет применения установки полива, оборудованной веерной дождевальнoй насадкой: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Азизов Ирек Раилевич, 2024. 144 с.

©Азизов И.Р., Шахов А.М., Горбачев В.В., 2024

Максим Сергеевич Барышников

*Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии
и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия*

ИНТЕГРАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В АГРАРНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Аннотация. Исследованы концепции интеграции автоматизированных систем управления в аграрное производство. Проведен комплексный анализ существующих интегрированных систем управления, их преимуществ и ограничений. Исследование охватило теоретический анализ концепции, сравнительный анализ различных типов интегрированных систем, оценку преимуществ и ограничений в российских условиях, анализ влияния технологических изменений на структуру аграрных предприятий и оценку социально-экономических последствий.

Ключевые слова: автоматизированные системы управления, аграрное производство, искусственный интеллект, интернет вещей, blockchain, оптимизация процессов

Maxim S. Baryshnikov

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

INTEGRATION OF FUTOMATED MANAGEMENT SYSTEM IN AGRICULTURAL PRODUCTION

Abstract. The concepts of integration of automated control systems into agricultural production are investigated. A comprehensive analysis of existing integrated management systems, their advantages and limitations has been carried out. The research covered a theoretical analysis of the concept, a comparative analysis of various types of integrated systems, an assessment of advantages and limitations in Russian conditions, an analysis of the impact of technological changes on the structure of agricultural enterprises and an assessment of socio-economic consequences.

Keywords: automated management systems, agricultural production, artificial intelligence, Internet of Things, blockchain, process optimization

Аграрный сектор является основополагающим элементом экономической системы во множестве государств, выполняя значительную функцию по поддержанию пищевой независимости и стимулированию роста внутренних рынков. Однако современное сельское хозяйство сталкивается с рядом вызовов, включающие рост населения, изменение климата, увеличение спроса на продукты питания и сырье. В этих условиях эффективное управление ресурсами, оптимизация процессов и повышение производительности становятся критически важными задачами [1].

В последние годы наблюдается стремительное развитие цифровых технологий, открывающие новые возможности для трансформации сельского хозяйства. Интеллектуальные системы управления, искусственный интеллект, интернет вещей и blockchain-технологии уже показали свой потенциал в различных отраслях промышленности. Однако их применение в аграрном производстве пока находится на начальной стадии развития. Интегрированная автоматизированная система управления (ИАСУ) в аграрном производстве является сложной многоуровневой автоматизированной системой, предназначенной для комплексной автоматизации функций управления в различных аспектах сельского хозяйства [2]. Предиктивный анализ климата и почвенных условий для оптимизации агротехнологий позволяет сельскохозяйственным предприятиям лучше адаптироваться к меняющимся условиям окружающей среды. Это включает прогнозирование погоды и почвенных условий для принятия обоснованных решений о посеве и уходе за растениями.

Автоматическое распознавание проблем на полях с использованием сенсоров и дронов значительно повышает эффективность мониторинга и управления сельскохозяйственными угодьями. Это позволяет своевременно выявлять и решать проблемы, что повышает качество продукции. Улучшение путей транспортировки сырьевых материалов и товаров, учитывая актуальное дорожное положение, существенно повышает эффективность логистических операций в АПК. Это дает возможность уменьшить расходы на перевозку и увеличить результативность доставок. Изучение обширных массивов информации для обнаружения тенденций в производственном процессе и повышения эффективности работы составляет основную составляющую умной системы контроля агропромышленного комплекса. Это дает возможность делать осмысленные выборы касательно плана изготовления, покупок и реализации товаров. Самыми перспективными способами интеграции автоматических систем контроля являются три основных направления: использование IoT-технологий, применение blockchain-технологий и внедрение технологий искусственного интеллекта.

Использование IoT-технологий в логистике агропромышленного комплекса позволяет решить ряд важных проблем, значительно улучшая эффективность процессов. Одним из ключевых направлений является оптимизация транспортировки и сокращение времени в пути. Для достижения этой цели применяются различные устройства и системы мониторинга. GPS-трекеры и сенсоры обеспечивают постоянный контроль за положением грузовых автомобилей в реальном времени.

GPS-трекеры и сенсоры позволяют создать эффективную систему мониторинга и контроля работы комбайнов при уборке зерновых культур. GPS-трекеры устанавливаются на комбайны и отслеживают их точное местоположение в поле. Сенсоры отслеживают скорость движения комбайна, обороты двигателя, расход топлива и другие параметры работы. Данные с трекеров и датчиков передаются на центральный сервер. Система анализирует полученные данные и сравнивает их с заданными технологическими требованиями: проверяет, что комбайн работает в зоне поля и не выходит за его границы, устанавливает оптимальную скорость уборки для данного типа зерновой культуры, напоминает о необходимости соблюдения технологической скорости при транспортировке зерна. В случае отклонений от норм, система отправляет уведомления оператору комбайна или диспетчеру. Это позволяет создавать оптимальные маршруты с учетом текущего дорожного состояния и времени суток. Кроме того, алгоритмы оптимизации определяют оптимальные скорости движения для минимизации расхода топлива на каждом этапе пути. Повышение прозрачности процесса перевозки является еще одним важным аспектом применения IoT-технологий. Для этого используются различные инновационные решения. Например, RFID-технологии позволяют отслеживать местоположение грузов и условия их хранения. Создаются цифровые двойники грузов с подробным описанием их состояния в любой момент времени. Это значительно упрощает процесс контроля и позволяет быстро реагировать на любые изменения или проблемы [3]. Снижение влияния человеческого фактора также становится возможным благодаря применению IoT-технологий. Системы автоматического мониторинга обеспечивают постоянный контроль за состоянием грузов и условиями перевозки. Алгоритмы раннего предупреждения могут обнаружить нарушения температурного режима или влажности, что критически важно для сохранности многих продуктов питания. Кроме того, внедрение систем видеонаблюдения на борту автомобилей и использование машинного обучения для анализа данных о поведении водителей помогают выявлять потенциальные угрозы безопасности перевозок на ранних стадиях. Интеграция транспортных средств с доступом в интернет и внедрение системы удаленного управления автопарком являются ключевыми элементами оптимизации эксплуатации. Бортовые компьютеры собирают и обрабатывают данные с различных датчиков, что позволяет получать полную картину состояния автомобиля в реальном времени. Это позволяет автоматизировать обновление ПО и навигационных карт, что значительно упрощает процесс обслуживания. Централизованное управление парком автомобилей через облачные решения позволяет оптимизировать расходы на обслуживание и ремонт.

Внедрение IoT-технологий также позволяет оптимизировать управление цепочками поставок. Мониторинг уровня запасов в реальном времени обеспечивает быстрое обнаружение приближающихся дефицитов. Это позволяет принимать оперативные решения о необходимости дополнительных закупок или перераспределения имеющихся ресурсов. Кроме того, алгоритмы машинного обучения могут анализировать исторические данные и текущие тенденции для

прогнозирования потребностей клиентов, что помогает оптимизировать процесс доставки продукции [4].

Использование blockchain-технологий в сельском хозяйстве открывает широкие возможности для оптимизации процессов и повышения эффективности деятельности. Blockchain предоставляет прозрачный и надежный инструмент для контроля качества продукции на всех этапах, от производителя до потребителя. Это позволяет создать цифровой след каждого товара, обеспечивая неизменяемость данных и повышая доверие к продуктам и процессам. Blockchain-технологии могут значительно сократить сроки и стоимость экспорта и импорта сельскохозяйственной продукции. Системы автоматического отслеживания и управления позволяют быстро обрабатывать документооборот и проверять необходимые бумаги. Кроме того, технология обеспечивает возможность отслеживать происхождение продукции, создавая цифровые сертификаты качества на каждом этапе производства и хранения. Внедрение blockchain в сельское хозяйство также способствует повышению прозрачности процессов. Все транзакции и изменения состояния продукции фиксируются в blockchain, что позволяет анализировать данные о производстве, хранении и транспортировке товара. Это не только улучшает контроль за качеством, но и позволяет выявлять потенциальные проблемы на ранних стадиях. Blockchain-технологии могут значительно улучшить процесс транспортировки зерна из поля на склады и оттуда в порт или другие пункты назначения. Каждая тонна зерна, загружаемая на транспортное средство, регистрируется в blockchain с уникальным идентификатором, содержащим подробную информацию о грузе, транспортном средстве и контактах. При движении груза на каждом этапе происходит автоматическое обновление информации в blockchain, включая отслеживание времени ожидания и оповещение участников о задержках. При получении зерна на складе или в порту система проверяет соответствие фактического количества и качества зерна зарегистрированной партии. Все транзакции по продаже зерна регистрируются в blockchain, что обеспечивает прозрачность сделок и предотвращает мошенничество, делая весь процесс более эффективным и безопасным для всех участников рынка. Однако, несмотря на все преимущества, внедрение blockchain-технологий в сельское хозяйство имеет ряд вызовов. Необходимо инвестировать средства в оборудование и разработку специализированных решений. Требуется обучение персонала работе с новыми технологиями и обеспечить совместимость с существующими системами управления. Для успешного применения blockchain в сельском хозяйстве также важны вопросы законодательства и регуляторной среды. Необходимо разработать соответствующие нормативные акты для регулирования использования этой технологии. Кроме того, требуется согласование между различными странами по вопросам цифровых сертификатов и документов.

Безопасность и конфиденциальность данных также являются важными аспектами. Необходимо обеспечить защиту персональных данных и конфиденциальной информации, разработав специальные протоколы безопасности для blockchain-систем в сельском хозяйстве. Роботизация играет важную роль в со-

временном сельском хозяйстве, особенно при выполнении рутинных задач. Эти технологии широко применяются для различных процессов, включая посадку и сбор урожая, опрыскивание, прополку, окучивание, подкормку почвы и внесение пестицидов. Автономные системы управления комбайнами, тракторами и опрыскивателями на основе искусственного интеллекта способны анализировать изображения с видеокамер для оптимизации работы сельскохозяйственной техники. Эти системы могут автоматически определять тип почвы, состояние посевов и наличие препятствий на поле, что позволяет операторам принимать более обоснованные решения о проведении обработки или уборки. Кроме того, ИИ может контролировать расход ресурсов, таких как топливо и семена, оптимизируя их использование в зависимости от конкретных условий работы. При этом системы могут также обнаруживать нецелевое использование техники или нарушения правил безопасности, что повышает эффективность и безопасность сельскохозяйственных работ [5].

Интеллектуальные системы также управляют беспилотными тракторами при выполнении важных операций, таких как вспашка и посев. Эти технологии позволяют значительно оптимизировать процесс уборки урожая. Например, роботизированные системы с компьютерным зрением способны распознавать спелые фрукты или овощи, оценивать их качество и собирать только подходящие плоды. Это не только повышает эффективность процесса, но и позволяет минимизировать потери продукции. Таким образом, применение роботизации в сельском хозяйстве не только оптимизирует процессы, но и значительно повышает эффективность работы на полях, что в конечном итоге приводит к увеличению прибыли и конкурентоспособности предприятий. В таблице 1 представлен комплексный обзор рассмотренных технологий, которые могут быть интегрированы в систему управления.

Каждая из них имеет свои уникальные преимущества и возможности, которые могут быть использованы в зависимости от конкретных потребностей производства. Используя передовые технологии, такие как искусственный интеллект, интернет вещей, анализ больших данных и blockchain, компании агропромышленного комплекса могут открыть для себя новые перспективы и инструменты, которые помогут им повысить эффективность работы и сократить издержки. Концепция интеграции автоматизированных систем управления в аграрное производство открывает широкие возможности для оптимизации процессов, повышения эффективности и уменьшения издержек в аграрном секторе. Прогнозы экспертов Ассоциации европейского бизнеса указывают на потенциальное увеличение доходов агросектора за счет цифровизации на 1,5 трлн рублей в ближайшие пять лет. Цифровая трансформация сельского хозяйства интегрирована в национальную программу "Цифровая экономика Российской Федерации" и включает систематическую цифровизацию сельскохозяйственного производства.

Таблица 1 – Технологии для эффективной интеграции АСУ

Технология	Назначение
IoT-технологии	Автоматизация процессов
	Оптимизация использования ресурсов
	Повышение безопасности
	Улучшение качества продукции
Blockchain-технологии	Повышения безопасность данных
	Улучшения прозрачность
	Автоматизация сделок
	Уменьшение издержек
Машинное обучение	Анализ больших объемов данных
	Автоматическое принятие решений
	Оптимизация бизнес-процессов
	Предсказание тенденций

Однако, как показали исследования, реализация интегрированных автоматизированных систем управления в АПК сопряжена с рядом преимуществ и ограничений. Важно тщательно взвесить все факторы при принятии решений о внедрении таких систем. Министерство сельского хозяйства России уже определило семь основных направлений цифровой трансформации сельского хозяйства и научно-технологического развития в области "Цифрового сельского хозяйства", включающие такие важные направления как "Цифровые технологии в управлении АПК" и "Умное поле".

Список источников

1. Ковалев А.Н. Автоматизация и информатизация сельского хозяйства: опыт России и зарубежных стран / А.Н. Ковалев. М.: ИНХОЛД, 2019. 272 с.
2. Соколов В.П. Интеллектуальные системы управления в агропромышленном комплексе / В. П. Соколов. М.: ИНХОЛД, 2020. 320 с.
3. Галкин А.Н. Автоматизация и робототехника в сельском хозяйстве: опыт разработки и применения / А.Н. Галкин. Новосибирск: Издательский центр СО РАН, 2018. 240 с.
4. Агафонов А.В. Цифровая трансформация агропромышленного комплекса; состояние, проблемы, перспективы / А.В. Агафонов, Н.В. Субботина, А. А. Смирнова // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2022. Т.15. № 1. С. 133-150.
5. Сухарев В.В. Цифровая трансформация агропромышленного комплекса: мировой опыт и российские перспективы / В.В. Сухарев, А.В. Ксенофонов // АПК: экономика, управление. 2022. № 3. С. 12-20.

©Барышников М.С., 2024

Роман Дмитриевич Гончаров, Кирилл Сергеевич Никитенко

*Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии
и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия*

ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОТИВОПОЖАРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Аннотация. Рассмотрена концепция цифрового двойника и его применение в отрасли противопожарного оборудования. Представлено понятие цифрового двойника, разъяснены принципы его работы и перечислены задачи, для решения которых он используется: моделирование сценариев возгорания и распространения огня, тестирование новых систем противопожарной защиты, оптимизация расположения датчиков и другого оборудования, обучение персонала и отработка действий в чрезвычайных ситуациях. Особое внимание уделяется преимуществам использования цифровых двойников в отрасли противопожарного оборудования. Рассмотрены уже существующие примеры внедрения цифровых двойников.

Ключевые слова: цифровой двойник, цифровые технологии, автоматизация, противопожарное оборудование

Roman Dm. Goncharov, Kirill S Nikitenko

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

DIGITAL TWINS IN THE PRODUCTION OF FIRE-FIGHTING EQUIP- MENT

Abstract. The concept of a digital twin and its application in the fire protection equipment industry has been considered. The notion of a digital twin is presented, the principles of its operation are explained, and the tasks for which it is used are listed: modeling scenarios of ignition and spread of fire, testing new fire protection systems, optimizing the arrangement of sensors and other equipment, training personnel and practicing actions in emergency situations. Particular attention is paid to the advantages of using digital twins in the field of fire protection equipment. Existing examples of the implementation of digital twins are considered.

Keywords: digital double, digital technologies, automation, fire-fighting equipment

Введение

В современном мире технологии развиваются достаточно быстро, и цифровой двойник становится актуальным инструментом для решения различных задач [1-5]. Этот подход позволяет создавать точные модели объектов и систем, используемые для прогнозирования их поведения, оптимизации процессов, поддержки принятия решений и синхронизации с объектом в реальном времени. Цифровой двойник (ЦД) — это виртуальная модель, являющаяся точной копией реального объекта или системы. Это может быть физический продукт, процесс, организацию или даже человека. Цифровой двойник используется для моделирования, анализа и оптимизации работы объекта или системы в различных условиях [1-5]. Цифровой двойник состоит из нескольких взаимосвязанных моделей, отражающих различные аспекты объекта (рис. 1).

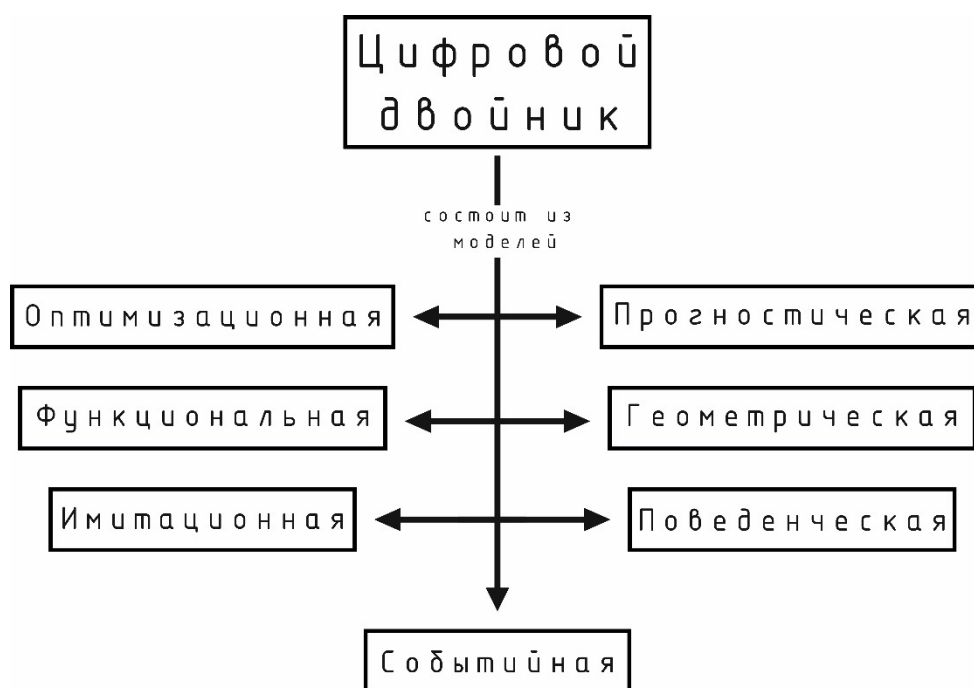


Рисунок 1 - Состав моделей цифрового двойника

Актуальность ЦД обусловлена его способностью предоставлять информацию о работе объекта или системы в режиме реального времени, что позволяет своевременно реагировать на изменения и принимать обоснованные решения. Также, цифровой двойник может использоваться для тестирования новых идей и стратегий без риска для реального объекта или системы [6].

Цифровой двойник применяется в различных областях, таких как производство, энергетика, транспорт, здравоохранение, строительство. В производстве он используется для оптимизации производственных процессов, повышения эффективности и снижения затрат. В энергетике цифровой двойник используется для прогнозирования работы энергетических систем и оптимизации их работы. В транспорте он позволяет моделировать движение и оптимизировать транспортные потоки [7].

Отрасль противопожарного оборудования в России охватывает разнообразный спектр продукции и услуг, направленных на обеспечение безопасности людей и защиту имущества от пожаров. В эту отрасль входят различные компании и предприятия, занимающиеся производством, разработкой, продажей и установкой противопожарного оборудования.

Основные виды продукции, представленные в отрасли противопожарного оборудования, состоят из [8]:

- огнетушители;
- системы автоматического пожаротушения;
- дымовые извещатели и системы оповещения о пожаре;
- средства индивидуальной защиты пожарных и спасателей;
- противопожарные двери и окна.

С 2018 года отрасль противопожарного оборудования активно развивается, что связано с ужесточением требований к пожарной безопасности для объектов различного назначения. Это касается как жилых зданий, так и промышленных предприятий, торговых центров, складов и других объектов инфраструктуры [8]. Такое развитие приводит к повышенному спросу на противопожарное оборудование, что создает для производителей как новые возможности, так и определенные вызовы:

- Увеличение объёмов производства. Чтобы удовлетворить растущий спрос, производители должны увеличить объемы производства противопожарного оборудования. Это может потребовать расширения производственных мощностей, найма дополнительных сотрудников и оптимизации процессов.

- Расширение ассортимента продукции. Производители могут расширить ассортимент своей продукции, чтобы удовлетворить различные потребности клиентов. Например, они могут разработать новые модели огнетушителей, пожарных рукавов, систем автоматического пожаротушения и других видов противопожарного оборудования.

- Обучение и сертификация персонала. Чтобы обеспечить высокое качество продукции и услуг, производители должны обучать и сертифицировать свой персонал. Это повысит квалификацию сотрудников и улучшит качество работы.

Одним из инструментов цифровых технологий может выступать цифровой двойник. Процессы в отрасли производства противопожарного оборудования, оптимизированные с использованием цифровых двойников:

- Мониторинг и контроль [10]. ЦД обеспечивают мониторинг и контроль работы противопожарного оборудования в режиме реального времени. Это позволяет своевременно реагировать на возможные проблемы и принимать меры по их устранению.

- Анализ и отчетность [11]. ЦД генерируют отчеты и аналитические данные о работе противопожарного оборудования. Эти данные способствуют принятию обоснованных решений о модернизации или улучшении продукции.

- Проектирование и тестирование [12]. С использованием ЦД можно создавать виртуальные модели эвакуации из здания, как на этапе планирования, так и на этапе эвакуации.

- Обучение и тренировка. ЦД могут использоваться для обучения и тренировки персонала, работающего с противопожарным оборудованием. Они позволяют моделировать опасные ситуации и отрабатывать навыки работы с оборудованием в безопасной среде. Одним из таких примеров является VR тренажер по пожарной безопасности Яндекс [13]. Программное решение применяется для обучения персонала, работающего с противопожарным оборудованием.

- Прогнозирование и планирование. ЦД позволяют прогнозировать спрос на противопожарное оборудование и планировать производство в соответствии с этими прогнозами. Это помогает избежать дефицита или избытка продукции на складе.

- Оптимизация процессов. ЦД помогают оптимизировать производственные процессы, что может привести к снижению затрат на производство и повышению качества продукции. Например, можно использовать ЦД для анализа и оптимизации логистических цепочек, управления запасами и планирования производства.

Обзор технологий

В цифровых двойниках для применения при производстве противопожарного оборудования, используются концепции и решения, изначально опробованные в других сферах. Подобно созданию цифрового двойника для контроля состояния сельскохозяйственной техники, который отслеживает её состояние и предоставляет рекомендации по обслуживанию, такие технологии могут быть использованы для мониторинга и управления противопожарными системами на объекте. Например, Тюменская компания создала ЦД для контроля исправности противопожарных систем [10]. В основе решения находится единое информационное пространство, где происходит мониторинг всех противопожарных систем в здании. При необходимости программа уведомляет сервисный центр о неисправностях системы. Кроме того, она выполняет декларирование противопожарной защиты и автоматически формирует показатели уровня противопожарной безопасности для определения необходимых корректирующих действий.

Существуют также системы для моделирования эвакуации из зданий. Одной из таких систем является программное обеспечение «Crowd Control» от компании Siemens. Программа имитирует опасную ситуацию в здании и позволяет анализировать время эвакуации и критические узкие места с учетом различных сценариев. В России так же проводились исследования [11] по оценке эффективности применения ЦД, при разработке системы обеспечения пожарной безопасности.

Цифровые двойники решают широкий спектр задач. ЦД позволяют ввести мониторинг состояния противопожарных систем, производить моделирование эвакуации людей из здания, повышать эффективность обучения персонала, оптимизировать производственные процессы, анализировать поведения оборудования без создания физических прототипов [10-11].

Заключение

В результате исследования рассмотрены возможности применения цифровых двойников в отрасли противопожарного оборудования. Цифровой двойник является виртуальной моделью физического объекта. Он охватывает жизненный цикл объекта и использует данные в реальном времени, отправленные с датчиков объекта, для моделирования поведения и мониторинга операций. Цифровой двойник необходим для детального изучения объекта, системы или человека в виртуальном пространстве. Он позволяет анализировать форму, поведение, взаимодействие с окружением, тестировать различные сценарии и оптимизировать процессы.

С помощью цифровых двойников можно оптимизировать временные и финансовые затраты на организацию противопожарной безопасности и производство противопожарного оборудования, что способствует повышению производительности труда.

Список источников

1. Прохоров А., Лысачев М. Цифровой двойник. Анализ, тренды и мировой опыт. М.: ООО «АльянсПринт», 2020. 401 с.
2. Боровков А.И., Марусева В.М., Рябов Ю.А. «Умные» цифровые двойники – основа новой парадигмы цифрового проектирования и моделирования глобально конкурентоспособной продукции нового поколения // Трамплин к успеху. 2018. № 13. С. 12-16.
3. Старожук Е.А. Анализ основных рисков снижения эффективности деятельности промышленных предприятий при внедрении цифровых двойников в автоматизированную систему управления жизненным циклом продукции / Е. А. Старожук, М. В. Яковлева // Вопросы инновационной экономики. 2020. Т. 10, № 3. С. 1381-1392.
4. Артемов И.В. Технология цифровых двойников и ее применение в горнодобывающей промышленности / И.В. Артемов, М.Б. Носырев // Маркшейдерия и недропользование. 2024. № 5(133). С. 38-43.
5. Денисов С.Г. Расширение сферы применения цифровых двойников / С. Г. Денисов // Бюллетень инновационных технологий. 2024. Т. 8, № 4(32). С. 18-25.
6. Боровков А.И. Цифровые двойники: определение, подходы и методы разработки / А.И. Боровков, Ю.А. Рябов // Цифровая трансформация экономики и промышленности: Сборник трудов научно-практической конференции с за-

рубежным участием, Санкт-Петербург, 20–22 июня 2019 года / Под редакцией А.В. Бабкина. Санкт-Петербург: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого". 2019. С. 234-245.

7. Что представляет собой технология цифрового двойника? Электронный ресурс. Режим доступа: <https://aws.amazon.com/ru/what-is/digital-twin/> (дата обращения 16.10.2024)

8. Лекция "Противопожарное оборудование и инвентарь, порядок использования их при пожаре". Электронный ресурс. Режим доступа: <https://вдпо.рф/ptm/lecture/547/> (дата обращения 16.10.2024)

9. МЧС предъявило новые требования к торговым центрам. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://www.pnp.ru/politics/mchs-predyavilo-novye-trebovaniya-k-torgovym-centram.html> (дата обращения 21.11.2024)

10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019662116 Российская Федерация. РЕПЛЕКС противопожарный цифровой двойник: заявлено 04.09.2019; опубликовано 17.09.2019. Бюл. № 9 / Васильев В. Ю.; правообладатель Общество с ограниченной ответственностью "Служба Мониторинга. Тюмень".

11. Королев Д.С., Вытовтов А.В. Анализ эффективности работы системы пожарной безопасности на основе цифрового двойника объекта защиты // Проблемы управления рисками в техносфере. 2022. № 2 (62). С. 42–51.

©Гончаров Р.Д., Никитенко К.С., 2024

**Юрий Николаевич Гrepечук, Александр Юрьевич Моршнеv,
Андрей Владимирович Перетятко**

*Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии
и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия*

ОЦЕНКА ЗРЕЛОСТИ ЯБЛОК НА ОСНОВЕ ФИЗИЧЕСКИХ И ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Аннотация. Данное исследование направлено на разработку системы автоматизированной оценки зрелости яблок с использованием данных об их физических и органолептических свойствах. Анализ выполнен на основе таблицы данных, содержащей параметры размера, веса, кислотности, сладости, хрусткости и сочности. Для классификации использованы алгоритмы RandomForestClassifier, LGBM Classifier и метод опорных векторов (SVC). Модели показали высокую точность, что подтверждает эффективность подхода и возможность его применения в агропромышленной отрасли.

Ключевые слова: модели машинного обучения, цифровая трансформация, алгоритмы обработки данных

Yuri N. Grepechuk, Alexander Yr. Morshnev, Andrey Vl. Peretyatko

*Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after
N.I. Vavilov, Saratov, Russia*

ASSESSMENT OF APPLE RIPENESS BASED ON PHYSICAL AND OR- GANOLEPTIC CHARACTERISTICS USING MACHINE LEARNING METHODS

Abstract. This study focuses on the development of an automated system for assessing apple ripeness using data on their physical and organoleptic properties. The analysis is based on a tabular dataset containing parameters such as size, weight, acidity, sweetness, crunchiness, and juiciness. Classification was performed using Random Forest Classifier, LGBM Classifier, and Support Vector Machine (SVC). The models demonstrated high accuracy, confirming the effectiveness of the approach and its applicability in the agro-industrial sector.

Keywords: machine learning models, digital transformation, data processing algorithms

Введение

Проблема точного определения зрелости плодов является ключевой задачей в сельском хозяйстве, от которой зависят качество продукции, эффективность логистики и уменьшение пищевых потерь. Традиционные методы оценки зрелости основываются на визуальном осмотре и субъективной оценке органолептических свойств, что может привести к ошибкам [1].

С появлением машинного обучения появилась возможность автоматизировать этот процесс, используя измеримые параметры и надежные алгоритмы анализа данных [2]. В данном исследовании предложен подход на основе машинного обучения для классификации зрелости яблок с использованием таблицы данных, содержащей измеренные свойства плодов.

Методы

Сбор данных. Для анализа использовался структурированный набор данных с характеристиками:

- **Размер (Size) и вес (Weight)** — физические параметры;
- **Сладость (Sweetness), сочность (Juiciness), хрусткость (Crunchiness) и кислотность (Acidity)** — органолептические свойства;
- **Зрелость (Ripeness)** — целевая переменная;
- **Label** — метка класса зрелости (например, "Незрелое", "Зрелое", "Перезрелое").

Предобработка данных. Данные были нормализованы, чтобы исключить влияние различий в масштабе признаков, а также были проверены на наличие пропусков и выбросов.

Выбор алгоритмов. Для классификации зрелости использовались три модели:

- **RandomForestClassifier:** алгоритм на основе ансамблевых методов, способный выявлять сложные зависимости между признаками.
- **LGBM Classifier:** оптимизированный градиентный бустинг, известный своей высокой скоростью и точностью.
- **SVC (SupportVectorClassifier):** модель, основанная на методе опорных векторов, которая эффективно работает на малых и средних объемах данных.

Оценка моделей. Модели оценивались по метрикам точности, F1-меры и значений ROC-AUC.

Результаты

Точность классификации:

- RandomForest: 93%
- LGBM: 95%
- SVC: 91%

F1-мера и ROC-AUC. LGBM показал наивысшие значения F1-меры (94%) и ROC-AUC (96%), что свидетельствует о его способности сбалансированно справляться с задачей классификации.

Интерпретация важности признаков. Наиболее значимыми признаками для оценки зрелости оказались **кислотность, сладость и хрусткость**, что подтверждает их ключевую роль в определении стадии зрелости яблок.

Сравнение с другими подходами

Результаты подтверждают, что алгоритмы машинного обучения, такие как LGBM и RandomForest, могут конкурировать с более сложными нейронными сетями, особенно на относительно небольших наборах данных [3]. Предложенный подход имеет ряд преимуществ перед методами на основе глубокого обучения, включая меньшие вычислительные затраты и более высокую интерпретируемость. Полученная точность классификации в пределах 90–95%, сопоставима с современными подходами на основе глубоких нейронных сетей, таких как VGG16[4], AlexNet и ResNet50, MDPI [5]. Использование текстурных и цветовых признаков является альтернативой более ресурсоемким методам глубокого обучения, которые требуют значительных вычислительных мощностей и больших объемов данных. Сравнительный анализ с решениями, основанными на глубоких сетях, продемонстрировал, что при ограниченном количестве данных классические алгоритмы (например, SVM, KNN) могут быть более эффективны, особенно если предварительно выполнена качественная обработка изображений (нормализация и выделение признаков).

Перспективы улучшения

- **Использование ансамблевых методов:** Интеграция нескольких моделей, таких как ансамбль SVM и случайных лесов, может улучшить производительность классификации.
- **Интеграция нейронных сетей:** Комбинированный подход, в котором глубокие сети используются для автоматического извлечения признаков, а SVM — для классификации, может повысить точность модели.
- **Реализация в реальных условиях:** Внедрение модели на платформы с низкими вычислительными ресурсами, такие как мобильные устройства или встраиваемые системы, возможно с использованием оптимизированных алгоритмов, например, LightGBM.

Заключение

В данном исследовании был разработан и протестирован подход к автоматизированной оценке зрелости яблок на основе физических и органолептических характеристик. Используемые модели показали высокую точность, а наиболее успешной оказалась LGBM Classifier, достигшая 95% точности.

Предложенная система может найти применение в агропромышленном секторе для автоматизации сортировки фруктов, что сократит затраты на ручной труд и уменьшит объем потерь урожая.

В будущем предполагается:

- Расширить методику для использования на реальных производственных линиях.
- Проверить работоспособность моделей на данных, собранных в полевых условиях.
- Разработать пользовательский интерфейс для интеграции системы в технологические процессы.

Таким образом, предложенный подход открывает новые возможности для повышения эффективности и точности процессов в сельском хозяйстве.

Список источников

1. Гордеев А.В., Патрушев Д.Н., Лебедев И.В., Архипов А.Г., Буланов К.А., Гребеньков Д.В., Косогор С.Н. Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство». Москва: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 48 с.
2. Александр С. Работа с BigData в облаках. Обработка и хранение данных с примерами из Microsoft Azure. СПб.: Питер, 2019. 448 с.
3. Big Data Statistics, Growth & Facts 2021. SaaS Scout URL: <https://saasscout.com/statistics/big-data-statistics> (дата обращения: 15.11.2024)
4. Cognitive Agro Pilot. Cognitive Agro Pilot URL: <https://promo.cognitivepilot.com> (дата обращения: 15.11.2024).
5. Prediction of Fruit Maturity, Quality, and Its Life Using Deep Learning Algorithms <https://www.mdpi.com/2079-9292/11/24/4100> (дата обращения: 15.11.2024)

©Грепечук Ю.Н., Моршнева А.Ю., Перетяцько А.В., 2024

Дмитрий Александрович Жданов

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ ОСЕТРОВЫХ В УСТАНОВКАХ ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Аннотация. Рассмотрен концепт системы, предназначенной для автоматизации, мониторинга, а также для контроля различных процессов в резервуарах для выращивания гидробионтов. Проведен анализ показателей среды для выращивания осетровых. Приведены функции, необходимые предложенной системе для эффективного применения. Проработана возможность интеграции технологий интернета вещей в аквакультуру. Предложен вариант по усовершенствованию установки.

Ключевые слова: интернет вещей, выращивание рыб, аквакультура, IoT-технологии в рыбоводстве

Dmitri Al. Zhdanov

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

IMPROVING THE EFFICIENCY OF STURGEON CULTIVATION IN CLOSED WATER SUPPLY INSTALLATIONS

Abstract. The article discusses the concept of a system designed for automation, monitoring, and control of various processes in reservoirs for growing aquatic organisms. The analysis of the indicators of the environment for the cultivation of sturgeon was carried out. The functions necessary for the proposed system for effective application are given. The possibility of integrating Internet of Things technologies into aquaculture has been worked out. An option for improving the installation is proposed.

Keywords: Internet of Things, fish farming, aquaculture, IoT technologies in fish farming

В установках замкнутого водоснабжения (УЗВ), применяемых для разведения осетровых, происходят различные процессы, связанные с физическими и химическими характеристиками воды. Эти процессы оказывают влияние на качество воды, состояние рыб и эффективность работы системы. Поэтому для успешного разведения гидробионтов необходимо контролировать этапы от подготовки воды до выращивания и сбора рыбы. Также необходимо поддерживать определенные гидрохимические и микробиологические параметры воды: температура, кислотность, жесткость, содержание растворенного кислорода, азотистые соединения, бактерии (табл. 1) [1]. Эти параметры определяют комфортные условия для рыб, предотвращают развитие заболеваний и стрессовых состояний.

Таблица 1 – Оптимальные показатели среды для выращивания осетровых

Показатель	ПДК Приказ № 552 от 13.12.2016 Минсельхоз
Сульфаты, мг/дм ³	100
Жесткость, мг-экв/л	3.0-7.0
Аммоний, мг/дм ³	0.5
Железо общее, мг/дм ³	0.1
Фосфаты, мг/дм ³	0.2
БПК ₅ , мгО ₂ /л	3
ХПК, мгО ₂ /л	10-15
Нитраты, мг/дм ³	40
Нитриты, мг/дм ³	0.08
ОМЧ, КОЕ/мл	3000000
Хлориды мг/дм ³	300

Для успешной реализации процесса выращивания осетровых необходимо обеспечить оптимальные условия жизнедеятельности рыб, зависящие от качества воды, где они содержатся. Для этого применяются специальные установки замкнутого водоснабжения, позволяющие поддерживать постоянный циркуляционный поток воды, очищать ее от различных загрязнений и насыщать необходимыми газами и элементами [2].

На территории Агроцентра при ФГБОУ ВО Вавиловский университет расположена установка, используемая для научных и образовательных целей. Она состоит из нескольких составных частей: бассейнов, где содержатся рыбы разных видов и размеров; фильтра грубой очистки, для удаления крупных механических примесей из воды; биофильтра для обеспечения биологической очистки воды от азотистых соединений; дегазатора по устранению избыточного газа из воды; озонатора для стерилизации воду от патогенных микроорганизмов; оксигенатора по насыщению воды кислородом. Также установка оснащена датчиками и сенсорами для контроля параметров воды: температура, pH, концентрация озона и растворенного кислорода [3].

Работа установки требует постоянного контроля и регулировки параметров воды, так как при отсутствии обслуживания может произойти сбой в работе установки и гибель выводка выращиваемых рыб.

Для повышения эффективности выращивания гидробионтов в УЗВ предполагается использовать технологии интернета вещей. Отслеживание параметров среды резервуаров установки проводится с использованием датчиков: pH значения, температуры, содержания O_2 , хлора, NO_2 и NO_3 [4].

Для поддержания параметров необходимо установить сигнализацию на случай нештатных ситуаций:

- отключение электричества. В случае отключения электричества должны быть запущены аварийные генераторы и активированы резервные насосы;
- сигнализация на падение уровня воды. При падении ниже критического значения должен быть включен дополнительный подача воды из резервуара;
- сигнализация на вскрытие бассейна или любого элемента установки. В таком случае должна быть прекращена циркуляция потока воды и вызвана служба безопасности.

Оповещение в случае отклонения контролируемых параметров в УЗВ от заданных, является необходимой функцией системы. В таком случае должны быть предприняты меры по корректировке, например, увеличение или уменьшение подачи озона или кислорода, регулирование pH с использованием щелочных или кислотных растворов.

Также в установке должна быть интегрирована функция записи контролируемых параметров в базу данных и ведется электронный журнал событий. Все данные о параметрах воды, аварийных ситуациях, действиях персонала должны быть сохранены в базе данных и доступны для просмотра и анализа в любое время.

Еще одним аспектом является цифровой контроль хранения и расхода кормов. Обеспечивается постоянный учет кормов, используемых для кормления рыб, а также контроль сроков годности и состава кормов [5].

Программное обеспечение для системы должно работать на современных операционных системах и поддерживать различные форматы данных. Графический интерфейс, должен позволять легко настраивать параметры установки, просматривать текущее состояние установки, получать уведомления о событиях в УЗВ, генерировать отчеты и статистику по работе установки. Возможность удаленного доступа и управления через интернет или мобильные приложения является неотъемлемой частью разрабатываемой системы.

Список источников

1. Тевяшов Г.К. Разработка системы мониторинга параметров воды для аквакультуры / Г.К. Тевяшов, Р.А. Пашенко, Ю.А. Баранова // Датчики и системы. 2024. № 2(274). С. 33-39.
2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023615494 Российская Федерация. Программная система непрерывного сбора и мониторинга параметров окружающей среды и технологических процессов : № 2023611516 : заявл. 01.02.2023 :опубл. 15.03.2023 / А.Г. Марахтанов, Н.Г. Беседный, С.А. Марченков ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "Интернет-бизнес-системы".
3. Патент на полезную модель № 152879 U1 Российская Федерация, МПК A01K 63/00. Устройство оптимизации водной среды для садков: № 2014149512/13 : заявл. 08.12.2014 :опубл. 20.06.2015 / С. А. Ефремов, А. Е. Курицын, Т. А. Макарова ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Петрозаводский государственный университет".
4. Корнейко О.В. Использование инновационных технологических решений в развитии рынка рыбопродукции // Территория новых возможностей. 2018. №4 (43). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-innovatsionnyh-tehnologicheskikh-resheniy-v-razvitii-rynka-ryboproduktsii> (дата обращения: 01.12.2024).
5. Сажин С. Г. Средства автоматического контроля технологических параметров : учебник / С. Г. Сажин. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 368 с.

©Жданов Д.А., 2024

**Кирилл Анатольевич Зыков, Борис Викторович Фисенко,
Ирина Игоревна Демакина**

*Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии
и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия*

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ БОЛЬШОГО ОБЪЕМА

Аннотация. В рамках научного проекта «Проектирование и апробация агро-климатического цифрового двойника сельскохозяйственного года» рассмотрены современные методы обработки агрометеорологических данных большого объема (на примере среднесуточной температура воздуха за период с 1912 по 2024 год по метеостанции Саратов Юго-Восток). Представлен алгоритм предиктивной модели среднесуточной температуры воздуха, включающий подготовку базы данных, разведывательного анализа, создания математической модели с применением методов машинного обучения, а также проведен выбор метрики для проверки спрогнозированных данных.

Ключевые слова: машинное обучение, алгоритмы регрессии, разведочный анализ, построение модели, большие данные, агрометеорология, прогноз температуры

Kirill An. Zykov, Boris V. Fisenko, Irina Ig. Demakina

*Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after
N.I. Vavilov, Saratov, Russia*

APPLICATION OF MATHEMATICAL MACHINE LEARNING METHODS FOR PROCESSING LARGE-SCALE AGROMETEOROLOGICAL DATA

Abstract. As part of the research work "Design and approbation of the agro-climatic digital double of the agricultural year", modern methods of processing large-volume agrometeorological data were considered (using the example of the average daily air temperature for the period from 1912 to 2024 at the Saratov South-East weather station). The article presents an algorithm for a predictive model of the average daily air temperature, including the preparation of a database, intelligence analysis, creation of a mathematical model using machine learning methods, and the selection of a metric for checking the predicted data.

Keywords: machine learning, regression algorithms, exploratory analysis, model building, big data, agrometeorology, temperature prediction

Введение

Цифровизация сельскохозяйственного производства невозможна без привлечения современных методов и технологий обработки информации. Необходимым условием организации сельскохозяйственных полевых работ, как и получения гарантированных урожаев сельскохозяйственных культур, является не только оперативное, но и прогностическое агрометеорологическое обеспечение [1]. Целью научного проекта «Проектирование и апробация агроклиматического цифрового двойника сельскохозяйственного года» является создание стандартной модели, состоящей из набора необходимых для обеспечения сельскохозяйственного производства метеорологических характеристик за продолжительный период времени. Основным источником метеорологических данных является информация, предоставленная сетью Росгидромета РФ (значение среднесуточной температура воздуха за период с 1912 по 2024 год по метеостанции Саратов Юго-Восток). Цифровой двойник позволяет проводить прогнозирование, как проявление любого параметра, так и осуществлять прогнозирование опасных атмосферных явлений (сухостей, атмосферная и почвенная засухи и др.). Решение задачи проектирования агроклиматического цифрового двойника невозможно без привлечения аппарата машинного обучения и обработки большого массива данных [2]

Машинное обучение позволяет автоматизировать анализ данных, выявлять скрытые закономерности и строить предсказательные модели. Актуальность машинной обработки агрометеорологических данных заключается в систематизации и формализации постоянно нарастающего объема данных. Такая информация необходима для поиска закономерностей и подтверждения гипотез корреляции различных природных признаков, влияющих на сельское хозяйство.

Нормализация данных необходима для корректной работы алгоритмов машинного обучения, так как различные показатели (например, температура, осадки) могут иметь разные единицы измерения и диапазоны значений (например, в России температура измеряется в градусах Цельсия, в США в градусах Фаренгейта, а в физических экспериментах используют градусы Кельвина). Нормализация позволяет привести данные к единому масштабу, что уменьшает вероятность ошибок, связанных с доминированием признаков с большими значениями. На этом этапе исключены пропуски, проведено масштабирование и обработка аномальных значений. По завершении первичной обработки, данные принимают вид стандартного набора – dataset (таблица данных, состоящая из нескольких столбцов в формате .csv – comma-separated values, то есть, где все данные построчно перечислены через запятую). На рисунке 1 показан получившийся набор данных, который состоит из 3 столбцов (date – дата, temperature – среднесуточная температура, precipitation – осадки) и 41181 строк.

	date	temperature	precipitation
0	1912-01-01	-9.3	NaN
1	1912-01-02	-10.1	NaN
2	1912-01-03	-5.8	NaN
3	1912-01-04	-0.9	NaN
4	1912-01-05	-4.5	1.7
...	...	...	...
41177	2024-09-26	10.8	NaN
41178	2024-09-27	13.3	NaN
41179	2024-09-28	14.4	NaN
41180	2024-09-29	15.3	NaN
41181	2024-09-30	18.2	NaN
41182 rows x 3 columns			

Рисунок 1 – dataset агрометеорологических данных

Разведочный анализ позволяет разработчику определить ключевые факторы, влияющие на предсказание, и визуализировать взаимосвязи между переменными. В ходе анализа агрометеорологических данных выявлены явные выбросы, не обработанные на этапе нормализации данных. Они заметны при построении графика посуточной температуры за все время (рис. 2). После повторной очистки данных с добавлением параметров на максимальную и минимальную температуру (минимально и максимально зафиксированные температуры в г. Саратов -37.3 и +40.9 градусов Цельсия соответственно) в наборе данных получился график без видимых отклонений (рис. 3).

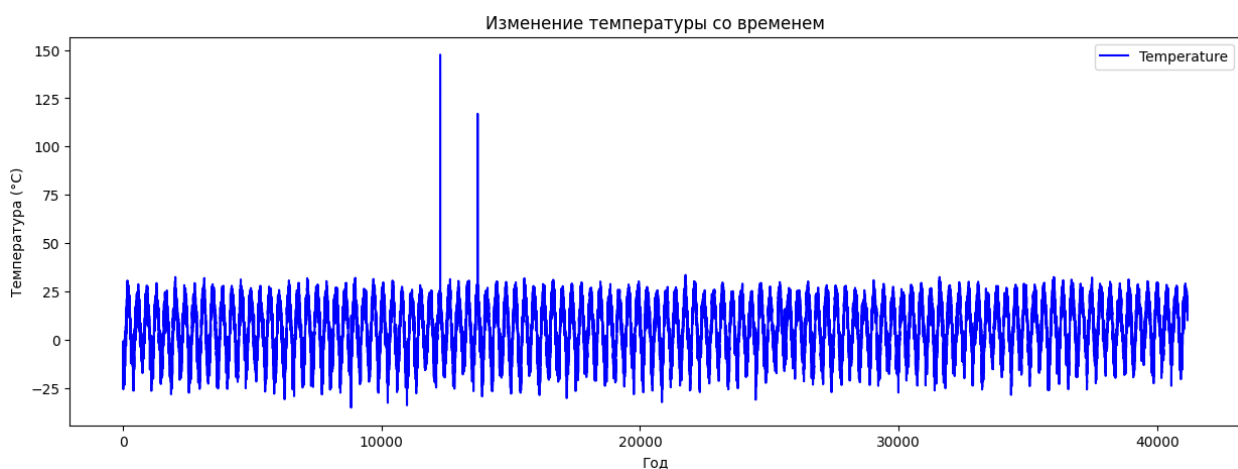


Рисунок 2 – График посуточной температуры до удаления выбросов

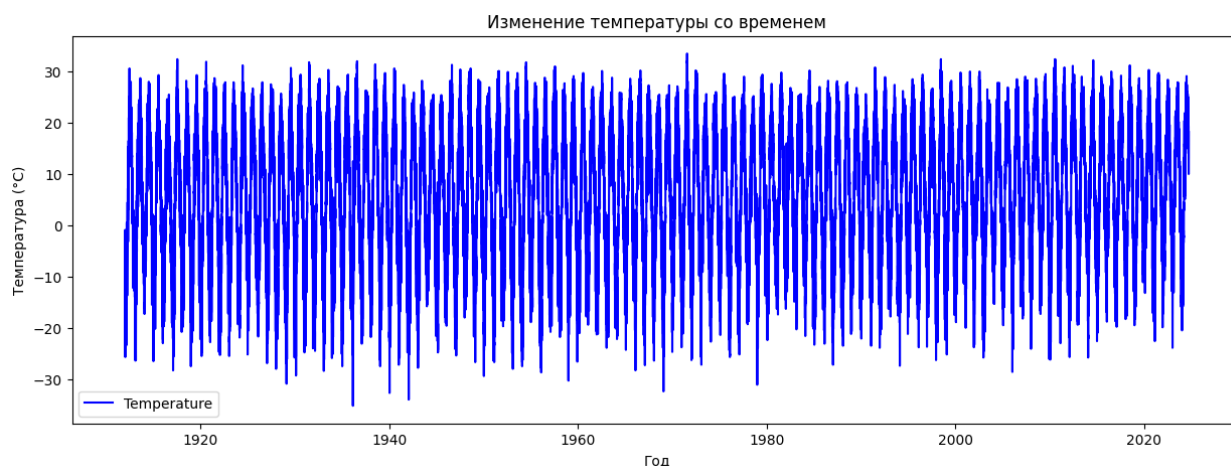


Рисунок 3 – График посуточной температуры после удаления выбросов

Следующим этапом предсказания температуры по агрометеорологическим данным является выбор модели для обучения. В этом случае подходит Random Forest Regression. Главными причинами выбора модели являются его устойчивость к шуму и возможность обработки нелинейных зависимостей. Так как Random Forest Regression является ансамблевым подходом (создает много деревьев решений, выбирающие подходящие на этапе агрегации прогнозов, поэтому подход делает эту модель устойчивой к выбросам и шуму в данных) [3]. Для построения модели обучения важно обрабатывать нелинейные зависимости, для взаимодействия с агрометеорологическими данными, так как температурные и остальные природные признаки не являются линейными. Также преимуществом Random Forest Regression является устойчивость к переобучению (алгоритм использует случайную выборку признаков для построения деревьев, что уменьшает риск переобучения). Однако, хотя нормализация и выполнена, модель ее не требует и возможна работа даже на не нормализованных данных, что все равно актуально при работе с «природными» данными. Схема работы модели RandomForestRegression представлена на рисунке 4. Формула для предсказания в модели Random Forest Regression выглядит следующим образом [4]:

$$\hat{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i(X),$$

где $T_i(X)$ — предсказание i -го дерева, n — общее число деревьев в ансамбле.

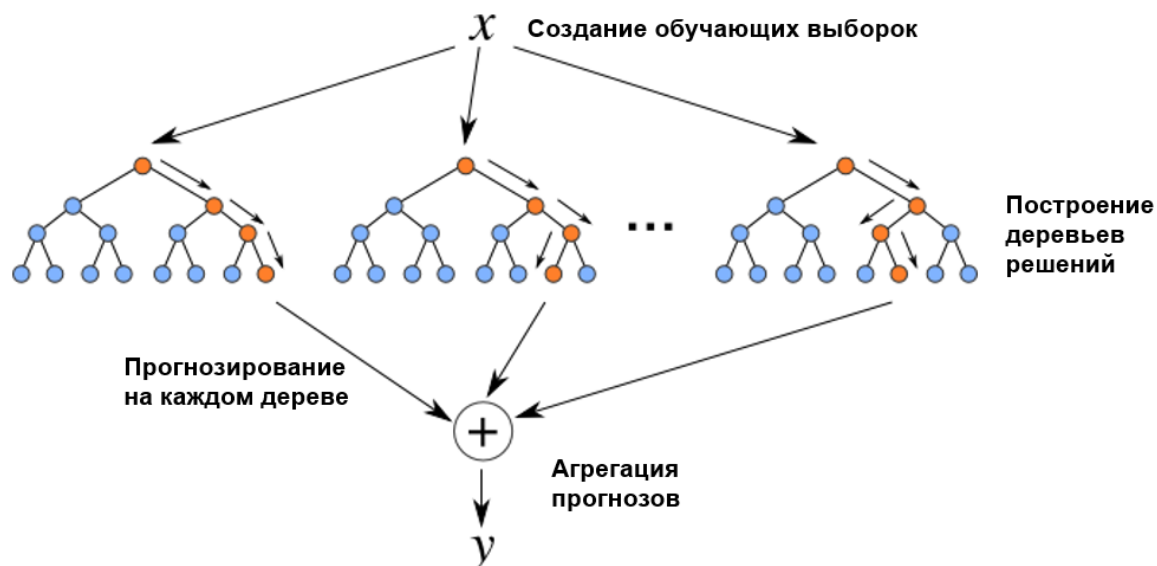


Рисунок 4 – Схема работы Random Forest Regression

Алгоритм обучался на агрометеорологических данных среднесуточной температуры и атмосферных осадков за каждый день с 1912 года. Обучение модели состоит из разделения данных на обучающую и тестовую выборки для проверки обобщающей способности модели. Процентное соотношение данных, поделенных на части, составило 80% и 20% для обучающей и тестовой выборок соответственно. Далее выполнена настройка гиперпараметров для алгоритма RandomForestRegression для повышения точности [5].

Тюнинг гиперпараметров — это этап, позволяющий добиться хорошей производительности модели. Random Forest имеет несколько параметров.

1. Количество деревьев ($n_estimators$) — это число деревьев, входящих в ансамбль. Большое значение делает модель более устойчивой, снижая влияние случайных колебаний в данных. Однако это увеличивает вычислительную сложность. Слишком малое значение может привести к недообучению.

2. Максимальная глубина дерева (max_depth) — определяет, сколько уровней может быть в каждом дереве. Глубокие деревья могут лучше подстраиваться под данные, но увеличивают риск переобучения. Оптимальный выбор помогает сохранить баланс между сложностью и обобщающей способностью модели.

3. Минимальное число образцов для расщепления ($min_samples_split$) — минимальное количество данных, необходимое для дальнейшего деления узла. Увеличение значения этого параметра может предотвратить переобучение.

4. Минимальное число образцов в листе ($min_samples_leaf$) — минимальное количество данных в конечных узлах (листьях). Увеличение параметра делает дерево более устойчивым к выбросам [6].

После проведения множества опытов с различными гиперпараметрами (рис. 5) выявлены значения, с наименьшими показателями метрики. Получе-

нызначения: `n_estimators = 100`, `max_depth = 10`, `min_samples_split = 10`, `min samples leaf = 1`.

```
# Тестирование разных гиперпараметров с помощью GridSearchCV
param_grid = {
    'n_estimators': [50, 100, 200],      # Число деревьев
    'max_depth': [10, 20, None],         # Глубина дерева
    'min_samples_split': [2, 5, 10],     # Минимальное число образцов для разделения узла
    'min_samples_leaf': [1, 2, 4]       # Минимальное число образцов в листе
}
```

Рисунок 5 – Варианты гиперпараметров для обучения модели Random-ForestRegression

Для оценки точности предсказания модели использована метрика RMSE (Root Mean Square Error) — среднеквадратичная ошибка. Эта метрика позволяет измерить, насколько предсказанные значения температуры отличаются от фактических. Метрика RMSE выражает среднее отклонение предсказаний в тех же единицах, что и исходные данные. Низкое значение RMSE указывает на высокую точность модели.

Формула метрики RSME для оценки точности предсказания:

$$RSME = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2},$$

где y_i — истинное значение, $\hat{y}_i$ — предсказанное значение, n — количество наблюдений [4].

Обученная модель Random Forest Regression показала удовлетворительную точность в предсказании температуры. Среднее значение RMSE составило 3.1°C, что подтверждает ее практическую применимость. Разведочный анализ и нормализация данных улучшили результаты, устранив шум и выбросы.

Обучение модели проводилось на ограниченном наборе данных, состоящем из показателей осадков и температуры. Эти признаки являются важными для прогнозирования температуры. Однако, их информативности может быть недостаточно для полного учета всех факторов, влияющих на изменения температуры в агрометеорологических условиях.

Модели машинного обучения, такие как Random Forest, улучшают точность предсказания от увеличения объема и разнообразия данных. Добавление новых признаков, таких как: атмосферное давление, влажность воздуха, скорость и направление ветра, интенсивность солнечного излучения, увеличивает размерность данных, позволяя алгоритму учитывать больше факторов и выявлять сложные взаимосвязи.

Интеграция новых переменных приведет к уменьшению остаточной дисперсии (дополнительные признаки помогают модели объяснять большее количество вариаций целевой переменной - температуры), снижению RMSE, а также к большей устойчивости модели.

Использование таких данных возможно при интеграции с внешними источниками, например, метеостанциями, спутниковыми системами или другими базами данных.

Будущее исследование будет расширено, используя интеграции временных и пространственных факторов, таких как местоположение (широта, долгота), сезонные и годовые тренды. Это даст возможность учесть региональные особенности, влияющие на температуру. Будут применены другие алгоритмы машинного обучения, в том числе нейронные сети и методы глубокого обучения, для повышения точности и учета сложных зависимостей в данных.

Список источников

1. Пространственно-временная динамика изменения агрометеорологических показателей на территории Саратовской области в условиях неустойчивости климата / И. И. Демакина, Е. В. Завьялова, Б. В. Фисенко [и др.] // Аграрный научный журнал. 2024. № 10. С. 12-18. – DOI 10.28983/asj.y2024i10pp12-18.

2. Изменения агроклиматических характеристик и их влияние на урожайность сельскохозяйственных культур в Саратовской области / Е. В. Завьялова, И. И. Демакина, Б. В. Фисенко, Е. В. Бажина // Аграрный научный журнал. 2023. № 12. С. 34-39. – DOI 10.28983/asj.y2023i12pp34-39.

3. Sean Miller, Curtis C.R. Busby-Earle, Multi-Perspective Machine Learning a Classifier Ensemble Method for Intrusion Detection // The 2017 International Conference on Machine Learning and Soft Computing. 2017.

4. Дайзенрот М. Математика в машинном обучении / М Дайзенрот. Питер, 2023. С. 512.

5. Шарден Б. Крупномасштабное машинное обучение вместе с Python / Б Шарден. ДМК-Пресс, 2018. С. 358.

6. Чжен Э., Казари А. Машинное обучение: Конструирование признаков / А. Казари, Э. Чжен. Бомбора, 2021. С. 220.

©Зыков К.А., Фисенко Б.В., Демакина И.И., 2024

Научная статья
УДК 004.94

Аркадий Викторович Ключиков, Максим Сергеевич Куприн
*Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии
и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия*

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛЬЮ РОБОТА

Аннотация. Разработан программный интерфейс (API) для управления объектами программного пакета. Архитектура сети использует протокол TCP для надежного обмена данными между программами и процессами. Разработана система кодирования и декодирования сообщений для передачи текстовых сообщений через Socket. Описаны возможности сервера и клиента, а также типы сообщений и разделителей. Написаны серверная и клиентская части API для передачи и обработки текстовых сообщений. Проведено тестирование протокола передачи данных.

Ключевые слова: имитационное моделирование, робототехника, Unity, RSMA

Arkady V. Klyuchikov, Maksim S. Kuprin
*Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after
N.I. Vavilov, Saratov, Russia*

APPLICATION OF THE GAMIFICATION METHOD IN THE STUDY OF AN OOP MODULE ON THE EXAMPLE OF A CONTEXTUAL ROLE-PLAYING GAME

Abstract. A program interface (API) for managing software package objects has been developed. The network architecture uses the TCP protocol for reliable data exchange between programs and processes. A system for encoding and decoding messages for transmitting text messages via Socket has been developed. The capabilities of the server and client, as well as the types of messages and separators, are described. The server and client parts of the API for transmitting and processing text messages have been written. The data transfer protocol has been tested.

Keywords: simulation modeling, robotics, Unity, RSMA

Введение

Программный интерфейс (API) – набор правил и протоколов для реализации взаимодействия компьютерных программ. API определяет методы и структуры данных, используемые для передачи информации между программами.

Для расширения функциональных возможностей программного пакета для имитационного моделирования роботов (RSMA)[1-2] и списка поддерживаемых языков программирования предложено разработать программный интерфейс, позволяющий управлять объектами Unity с применением сетевой модели передачи данных TCP/IP [3].

Структура и функции интерфейса

Для реализации функции управления объектами разработан класс `ObjectManager`. Он способен управлять основными объектами среды моделирования: роботами, микроконтроллерами, камерами и данными.

Для вызова методов класса `ObjectManager` и работы с объектами Unity создан обработчик команд, реализуемый статическим классом `CommandHandler`. При инициализации объекта `ObjectManager`, автоматически инициализируется объект `CommandHandler`, содержащий метод `Execute (string command)`, выполняющий обработку команды.

Разработан графический интерфейс пользователя, представленный терминалом для ввода текстовых команд. Интерфейс состоит из текстового поля ввода команд и вывода результатов выполнения.

Основой для передачи данных в API выбран протокол TCP, гарантирующий надежный обмен потоками данных и доставку пакетов в том же порядке, как были отправлены. В распространенных языках программирования высокого уровня (C#, Python, C/C++, JavaScript, Matlab) обмен данными, в том числе с использованием протокола TCP, реализуется через программный интерфейс `Socket`. В работе используется метод `Stream` предоставляющий два канала с защитой от дублирования данных. Процесс среды – сервер, а программы, подключаемые через API, являются клиентами (рис. 1).

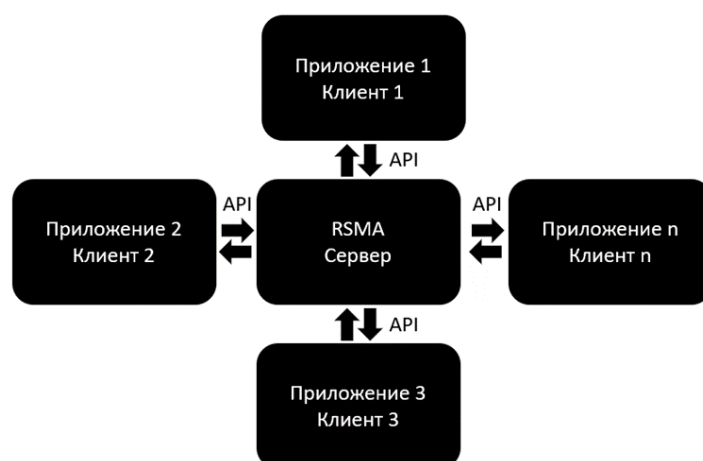


Рисунок 1 – Архитектура сети доступа к API

Применение Socket и модели TCP/IP позволяет устанавливать подключение и передавать данные в формате потоков байт между программами и процессами, выполняющиеся как на одном компьютере, так и на нескольких удаленных компьютерах.

Сервер и клиент обладают наборами поведений, определяющих возможности при взаимодействии. Возможности сервера и клиента представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Возможности сервера и клиента

Сервер		Клиент	
Поведение	Описание	Поведение	Описание
Bind	Резервирует адрес и порт для прослушивания подключений клиентов	Connect	Отправляет запрос на подключение и установление соединения
Listen	Прослушивает зарезервированный адрес и порт для подключения новых клиентов	Listen	Прослушивает зарезервированный адрес и порт для подключения новых клиентов
Accept	Принимает входящее подключение и устанавливает соединение	Receive	Считывает массив байт из канала соединения с клиентом
Receive	Считывает массив байт из канала соединения с клиентом	Send	Отправляет массив байт в канал соединения с клиентом
Send	Отправляет массив байт в канал соединения с клиентом	Shutdown	Завершает передачу данных, не разрывая соединение
Shutdown	Завершает передачу данных, не разрывая соединение	Close	Разрываетсоединение с сервером
Close	Разрываетсоединение с клиентом		

Для передачи текстовых сообщений разработана система кодирования, состоящая из двух типов сообщений (табл. 2) и строки разделители (табл.3).

Таблица 2 - Типы сообщений

Тип	Описание	Структура
Сообщение	Содержит строку сообщения и разделитель	цель<разделитель>текст< EOM >
Запрос	Содержит имя клиента и разделитель, отвечающий за тип запроса	имя<разделитель>< EOM >
Подтверждение	Подтверждает получение сообщения или запроса	<разделитель>< ACK >

Таблица 3 - Типы разделителей

Разделитель	Описание
< EOM >	Конецсообщения
< M >	Отделяет текст сообщения от имени клиента
< CR >	Помечает сообщение, как запрос подключение к серверу
< DR >	Помечает сообщение, как запрос на отключение от сервера
< CMD >	Помечает сообщение, как команду для CommandHandler

Разработано две реализации клиентской части API: с поддержкой C# и с поддержкой Python.

Проведено тестирование разработанного программного интерфейса. Для апробации написана программа на языке Python, выполняющая подключение к среде моделирования, отправку нескольких сообщений и отключение. Результат выполнения представлен на рисунке 2, в терминале выведены полученные сообщения.

```

RSMA...
Starting server on 127.0.0.1:7777
Client RSMAPy connected to server
Recived message from RSMAPy: Hello RSMA!
Recived message from RSMAPy: 2
Recived message from RSMAPy: 1
Recived message from RSMAPy: 3
Recived message from RSMAPy: 4
Client RSMAPy disconnected from server

```

Рисунок 2 – Результат выполнения программы вRSMAAPI

Заключение

Реализованный интерфейс передачи сообщений позволяет интерпретировать алгоритм передвижения робота из реальной среды в имитационную. Для разработки цифрового двойника на основе имитационной модели планируется дополнить программный пакет возможностью получения данных от микроконтроллера через UART интерфейс. Это позволит получать показания с датчиков и уточнять имитационную модель реальными данными.

Список источников

1. Simulation Modeling of Mobile Robotic Complexes Tool Analysis According to Physical Laws (a Review) / M. S. Kuprin, I. A. Osipov, A. V. Klyuchikov, N. E. Samokhin // *Mechatronics, Automation, Control*. 2023. Vol. 24, No. 3. P. 152-157. DOI 10.17587/mau.24.152-157.

2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023681185 Российская Федерация. Программный пакет имитационного моделирования мобильных роботов на основе движка Unity : № 2023669612 : заявл. 26.09.2023: опубли. 11.10.2023 / М. С. Куприн, И. А. Осипов, А. А. Фурсин [и др.]; заявитель общество с ограниченной ответственностью "Гримдарк технологии".

3. Куприн М.С. Разработка программных модулей имитации колес Илона и омниколес в мобильных роботах / М. С. Куприн, А. В. Ключиков // *Математические методы в технологиях и технике*. 2023. № 4. С. 77-80.

4. Annu A. Review of the OSI Model and TCP/IP Protocol Suite on Modern Network Communication / A. Annu, Dr. A. Dudy // *International Journal of Current Science Research and Review*. 2024. Vol. 07, No. 02. DOI 10.47191/ijcsrr/v7-i2-41.

©Ключиков А.В., Куприн М.С., 2024

**Аркадий Викторович Ключиков, Никита Евгеньевич Самохин,
Диана Антоновна Челышева**
*Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии
и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия*

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ГЕЙМИФИКАЦИИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ МОДУЛЯ ООП НА ПРИМЕРЕ КОНТЕКСТНОЙ РОЛЕВОЙ ИГРЫ

Аннотация. Исследовано применение современных методов преподавания при изучении языков программирования высокого уровня. Выявлена проблематика при изучении программирования и модуля объектно-ориентированного программирования (ООП) на языке C++, показывающие трудоемкость материала. Представлены эффективные инструменты, используемые в процессе обучения. Рассмотрен потенциал геймификации в контексте организации учебного процесса. Разработана архитектура курса по изучению объектно-ориентированного программирования с применением элементов геймификации. Проведено внедрение курса на различных фокус-группах. Получена положительная динамика освоения модуля ООП, что подтверждает эффективность применения подхода в обучении программированию.

Ключевые слова: программирование, C++, геймификация, контекстная игра, объектно-ориентированное программирование

Arkady V. Klyuchikov, Nikita Ev. Samokhin, Diana An. Chelysheva
*Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after
N.I. Vavilov, Saratov, Russia*

APPLICATION OF THE GAMIFICATION METHOD IN THE STUDY OF AN OOP MODULE ON THE EXAMPLE OF A CONTEXTUAL ROLE-PLAYING GAME

Abstract. The application of modern teaching methods in studying high-level programming languages is investigated. The problems in studying programming and the object-oriented programming (OOP) module in C++ are identified, showing the labor intensity of the material. Effective tools used in the learning process are presented. The potential of gamification in the context of organizing the educational process is considered. The architecture of the course on studying object-oriented programming using gamification elements is developed. The course is implemented

in various focus groups. Positive dynamics of mastering the OOP module is obtained, which confirms the effectiveness of the approach in teaching programming

Keywords: programming, C++, gamification, contextual game, object-oriented programming, individual projects

Среди самых популярных и востребованных языков программирования в современном IT мире является C++, однако он считается одним из самых сложных. Tiobe составил рейтинг самых популярных в 2024 г. языков программирования, где C++ занимает 2 место по шкале востребованности [1]. Язык отличается сложным синтаксисом и не подходит для новичков [2]. Особую трудность представляет раздел ООП, ключевой парадигмы разработки архитектуры программного обеспечения (ПО).

Предлагается решение проблемы обучения основам на занятиях с использованием элементов геймификации. Одним из подходов к геймификации образовательного процесса является создание игр. Используя простые примеры из мира ролевых игр, студенты овладевают навыками проектирования программ на уровне объектов, в том числе их свойства и методы, а также развивают логическое мышление и умения в написании программного кода. Разработка игр с использованием тривиальных примеров из setting'a ролевых игр помогает студентам освоить ключевые концепции ООП.

Для достижения этого эффекта определены задачи, требующие решения:

- проработка тематического плана курса изучения ООП;
- составление архитектуры приложения с учетом концепции и плана лекций;
- проработка логической взаимосвязи классов, методов и свойств в составе ПО;
- разработка примера реализации итоговой работы студента;
- проведение апробации курса на фокус-группах.

Предлагаемая концепция курса ООП основана на игре в стиле контекстной ролевой игры (КРИ), построенной на фэнтези вселенной с элементами рыцарства и магии, вдохновленной механикой настольной ролевой игры DungeonsandDragons. Студенты получают возможность вносить свои изменения в игру, изменяя названия классов и свойств, а также формулируя методы и основной поток программы (повествования сюжета), что делает игру еще более индивидуальной. Базовый курс по ООП в C++ построен на примере четырех классов: одного базового (абстрактного), двух наследуемых и одного с множественным наследованием. В архитектуре присутствуют все элементы из перечисленных тем курса. Программа курса состоит из изучения тем представленных на рисунке 1.

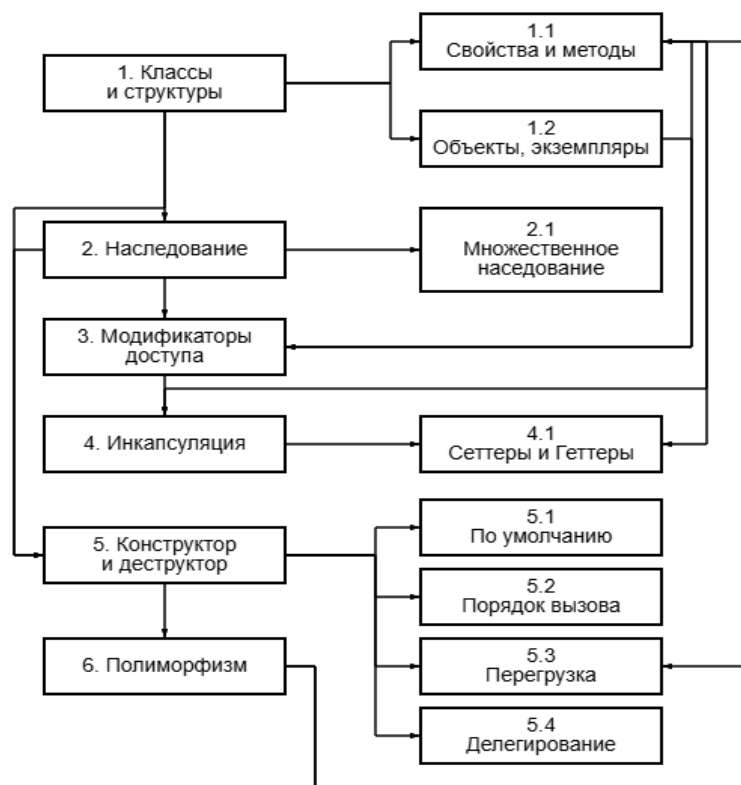


Рисунок 1 – Структура образовательного курса

Апробация курса проведена на фокус группах Вавиловского университета. 6 групп – 20-30 студентов в рамках проекта «Цифровая кафедра».

Результаты демонстрируют положительную динамику обучения. Студенты, прошедшие курс, успешно применяют полученные знания в IT-сфере. Курс оказался эффективным даже для студентов непрофильных направлений из-за игрового характера и качества подачи материала.

Исследование выявило проблему и необходимость в эффективных методах обучения ООП. Приведены результаты исследования о сложности восприятия слушателями этого направления обучения, а специализированные курсы могут быть дорогостоящими.

В рамках курса каждый студент разрабатывает собственный игровой проект, что позволяет ему применить все изученные концепции ООП на практике, развить творческие и профессиональные навыки, проявить свою креативность в разработке игровой механики, сюжета. Студент учится проектировать классы, определять их свойства и методы, использовать наследование, полиморфизм и другие ключевые концепции ООП в реальном проекте. Разработка игрового проекта позволяет студентам углубить свои знания и получить практические навыки программирования, которые они смогут применить в дальнейшей карьере.

Преимущества индивидуального подхода с геймификацией:

- повышенная мотивация: студенты более заинтересованы в работе над проектами, которые им интересны, и они с большим энтузиазмом изучают новые концепции и технологии;

- развитие практических навыков;
- индивидуальный темп обучения: студенты могут работать в своем темпе и сосредоточиться на тех аспектах проекта, которые представляют для них наибольший интерес.

Список источников

1. Рейтинг востребованности языков программирования // *tadviser* URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Рейтинг_востребованности_языков_программирования (Дата обращения 10.09.2024)

2. Обзор языка программирования C++ // *progkids* URL: <https://www.progkids.com/blog/c-plus-plus> (Дата обращения 10.10.2024)

3. Геймификация в обучении // *whiteedtech* URL: <https://blog.whiteedtech.ru/blog/gejmifikatsiya-v-obuchenii/> (Дата обращения 02.11.2024)

4. Козин А.Н. Проектирование обучающей программы по основам объектно-ориентированного программирования: Предпринимательская деятельность в поведенческой экономике: формы реализации и механизмы обеспечения: Материалы ежегодной Всеросс. науч.-практ. конф. / Под ред. Н.М. Прусс, А.Н. Грязнова, 2019. С. 110-112.

5. Жирнова М.А. Исследование средств геймификации в изучении программирования / М.А. Жирнова // *Образование и наука в современных реалиях: Сборник материалов IV Международной научно-практической конференции* (Чебоксары, 26 февраля 2018 года) / Редколлегия: О.Н. Широков [и др.]. Чебоксары: Общество с ограниченной ответственностью "Центр научного сотрудничества "Интерактив плюс", 2018. С. 191-192.

6. Бахарева А.С. Элементы геймификации в изучении объектно-ориентированного программирования: урок-квест / А. С. Бахарева // *Формирование результативных образовательных систем: принципы и содержательные аспекты: Сборник статей международной научно-практической конференции*, Заречный, 12 ноября 2018 года / Под редакцией О.Н. Арефьева. Заречный: Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ", 2018. С. 237-242.

7. Буз И.А. Программирование с детства. Есть желающие? // *Информатика. Всё для учителя! №5 (29). 2013. 7 с.*

8. Малова А.И. Проектирование онлайн - курса "разработка компьютерных игр для мобильных устройств" для обучения школьников основам программирования / А. И. Малова // *Поколение будущего: взгляд молодых ученых, 2021: сборник научных статей 10-й Международной молодежной научной конференции*, Курск, 11–12 ноября 2021 года. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2021. С. 259-262.

©Ключиков А.В., Самохин Н.В., Чельшева Д.А., 2024

Научная статья
УДК 339.13.012

Михаил Сергеевич Козинский

*Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии
и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия*

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ СЛЕЖЕНИЯ И АВТОПИЛОТОВ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Аннотация. Рассмотрены основные перспективы использования систем слежения и контроля на основе GPS, ГЛОНАСС. Проанализированы отечественные и зарубежные производители оборудования, используемого для слежения и контроля. Проведен обзор автопилотируемых систем сельскохозяйственной техники и приведены их примеры этих систем.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, цифровизация, автоматизация, GPS, ГЛОНАСС, курсоуказатель, автопилот

Mikhail S. Kozinsky

*Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after
N.I. Vavilov, Saratov, Russia*

MODERN TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF TRACKING SYSTEMS AND AUTOPILOTS IN THE AGRICULTURAL INDUSTRIAL COMPLEX

Abstract. The article discusses the main prospects for the use of GPS and GLONASS-based tracking and control systems. The domestic and foreign manufacturers of the equipment used for tracking and control are analyzed. Autopiloted systems of agricultural machinery are also considered, examples of these systems are given.

Keywords: agro-industrial complex, digitalization, automation, GPS, GLONASS, heading indicator, autopilot

Переход к индустриальной эпохе развития для сельского хозяйства охарактеризовался значительным упрощением труда, с применением машины, и многократным увеличением производительности, в том числе используя технические средства. В настоящее время наблюдается постиндустриальный этап развития человечества, подразумевающий частичную или полную замену человеческого труда автоматизированными и роботизированными системами. Это позволяет избавить работников от монотонных и опасных для здоровья операций и исключить субъективный фактор, что в конечном итоге увеличивает производительность и качество выполняемых работ.

Сейчас активно развиваются системы слежения за сельскохозяйственной техникой. Работают эти системы, используя GPS и ГЛОНАСС. Точность позиции отслеживаемого объекта достаточна для наблюдения. Однако при использовании автопилотируемых машин дополнительно устанавливают локальные станции, использующие для передачи координат метод RTK (Real Time Kinematic), что исключает задержки и повышает точность позиционирования до 2.5 см. (пять метров у GPS и восемь метров у ГЛОНАСС).

Используя программное обеспечение (ПО) происходит контроль траектории движения машин, их скорости, производительности, расхода горючего. За процессом можно следить на нескольких устройствах, в том числе на смартфоне. Также ПО умеет вести статистику выполненных работ, а оператор может производить дистанционное управление техникой с соответствующей возможностью.

На настоящий момент лидером на рынке ПО для мониторинга сельскохозяйственной техники является белорусская компания Wialon, также в России пользуются популярностью информационные продукты от Omnicomm, родом из США. Существует большое количество отечественных аналогов выше перечисленного ПО, функционально не уступающих лидерам рынка. Примером могут служить компания ООО «ТехноКом» основанная в Челябинске в 1993 году со своим продуктом «АвтоГРАФ», саратовская организация Инфобис с продуктом «АгроСигнал» (существует с 2004 г.) [1]. Основной проблемой отечественных программ является низкая популярность из-за малого потребительского спроса. Однако, в случае отказа от зарубежного ПО, отечественные компании смогут закрыть потребность сельскохозяйственных предприятий в мониторинге техники и в то же время получают возможность для дальнейшего развития. Также возможной мерой продвижения отечественной it-продукции являются меры государственной поддержки, такие как популяризация из-за процесса снижения цены на услуги или дополнительные привилегии: субсидии, предоставление платных функций ПО безвозмездно.

Для работы ПО необходимы датчики слежения, устанавливаемые в наблюдаемую технику. Ссылаясь на данные исследования лидирующей компании Wialon (рейтинг GPS Hardware Manufacturers 2023) тройку лидеров по производству GPS-трекеров для сельскохозяйственной техники, занимают компании: «Teltonika Telematics» (Литва), Навтелеком (Россия), Queclink

Wireless Solutions (Китай) [2]. Исходя из того, что мы видим отечественного производителя на втором месте, можем сделать вывод, что Россия при развитии данной отрасли может не только обеспечивать внутренний рынок, но и выйти на мировой.

Развитие автопилотируемых систем подразумевает полную автономность движения и выполнения поставленных задач. Самым значительным недостатком является то, что таким машинам нужны операторы, запускающие системы, следящие и обрабатывающие получаемые данные для корректировки операций и задач, а также в случае неисправности каких-либо систем, принимающие решения. Поэтому техника не может быть полностью автономной. Нужны люди, которые смогут заниматься её ремонтом и обслуживанием. В связи с этим, станут актуальны специалисты, умеющие ремонтировать электронику.

Сегодня существует три вида автоматического управления техникой: курсоуказатели, системы параллельного вождения, системы автоуправления. Первые курсоуказатели появились в судовождении, позднее — в авиации. И только относительно недавно их начали использовать в сельском хозяйстве. Задача устройства — показать механизатору, идет ли он по заданной прямой или отклонился.

Системы параллельного вождения требуют обязательного наличия двух подсистем: курсоуказателя и подруливающего устройства. Подруливающие устройства бывают электрические и гидравлические.

Электрические проще, дешевле, их можно установить практически на любую самоходную агромашину. Но из-за более длительного отклика они обеспечивают меньшую точность вождения, чем гидравлические.

Гидравлические подруливающие устройства требуют предварительной подготовки машины для интеграции ее гидравлики с внешним оборудованием. И не во все сельхозмашины возможно внедрить подобные устройства. Современные модели самоходной сельхозтехники готовят к возможности установки гидравлических подруливающих устройств в заводских условиях.

Подруливающее устройство включает в себя привод, датчик угла поворота ведущих колес и контроллера. Последний получает сигнал от курсоуказателя, обрабатывает его с учетом неровностей поля и передает команды на привод.

Подруливающие устройства сами по себе не являются самостоятельными системами. Они могут работать только в комплексе с курсоуказателем. Поэтому под названием «подруливающее устройство» подразумевают как раз комплект оборудования.

Вышеперечисленные системы нельзя назвать полноценным автопилотом, а лишь предтечами к его образованию. Сельскохозяйственный автопилот должен уметь: самостоятельно передвигаться по полю, управлять орудием и регулировать скорость движения.

Сейчас существует две разновидности автопилотов по принципу управления движением: с помощью простейших датчиков приближения и

управление, основанное на искусственном интеллекте, получающего данные с установленных на сельхозмашине камер.

Более распространён первый тип автопилотов, так как он менее экономически затратен. Российский производитель предлагает установленный в заводских условиях автопилот “РСМ Агротроник Пилот 1.0/2.0”

В зарубежной сельхозтехнике также имеются свои заводские автопилотируемые системы, однако их обслуживание становится неоправданно дорогим, а также урезается ряд функций для российских пользователей. Это приводит к внедрению в имеющуюся технику отечественных систем автопилотирования. Расходы на переоборудование значительны, но бывают единственным альтернативным вариантом.

Отечественные фермерские хозяйства, особенно малые, пока финансово не готовы к внедрению вышеуказанных технических новшеств.

Чтобы упростить процесс цифровизации и автоматизации с помощью вспомогательных систем, необходимо внедрять их постепенно.

Первым этапом при этом необходимо введение систем слежения, помогающие проанализировать динамику передвижения сельхозтехники и в дальнейшем на основе анализа провести её улучшение.

После полного установления системы мониторинга техники стоит внедрять системы помощи водителю, также благотворно влияющие на увеличение производительности.

Дальнейший этап подразумевает введение автопилотов, персонал при этом может переквалифицироваться на операторов, следящих за рабочим процессом и обслуживающих технику во время поломок.

Применение таких высокотехнологических методов улучшения производительности сельскохозяйственных операций оправдано только в крупных агрохолдингах. Поэтому, чтобы увеличить спрос на технологии и понизить потребительскую стоимость, необходимо начинать внедрение с крупных сельскохозяйственных организаций. Немалую роль в этом вопросе могут оказать спонсоры, в том числе государство. Особенно значительна будет помощь малому и среднему сегменту, где самостоятельное внедрение является невозможным.

Кроме наземных автопилотов большую популярность получают летающие аппараты. Они представляют собой либо квадрокоптеры, либо небольшие самолеты, справляющиеся с поставленными сельскохозяйственными задачами: мониторинг местности, всхожести культур, создание карт рельефа, обработка культур препаратами от вредителей, внесение удобрений.

Выводы. На сегодняшний день стоит задача повышения производительности операций в АПК. Наиболее значимыми процессами, способствующими решению задачи, являются цифровизация и роботизация. Эти процессы являются основой точного земледелия, где наибольшую роль играет увеличение урожайности за счет применения современных технологий. Потребность в получении большей урожайности при меньшем участии

человека вызвана двумя процессами – рост населения и урбанизация. В российских условиях процесс цифровизации и роботизации может быть реализован, используя большое количество обрабатываемых территорий. Также технологии автоматического управления в сфере АПК могут развиваться параллельно с другими, не менее важными в нашей стране сферами, такими как военная промышленность и горное дело.

Применение систем автоматизации в АПК позволит разгрузить человека от монотонных и опасных для здоровья операций, тем самым сэкономя для него свободное время для развития. Это будет успешным шагом к созданию “человека будущего” – более культурного и образованного.

Список источников

1. Рейтинг систем мониторинга в России: https://www.1cbit.ru/blog/kakuyu-sistemu-sputnikovogo-monitoringa-vybrat/?utm_referrer=https://www.google.com
2. GPS Hardware Manufacturers Top 10 рейтинг 2023 : <https://wialon.com/ru/blog/2023-gps-hardware-manufacturers-top-10>
3. «Обзор международного опыта внедрения цифровых технологий на предприятиях агропромышленного комплекса» / М. А. Комиссарова, М. А. Komissarova, С. Н. Землякова, S. N. Zemlyakova // Вестник Южно-Российского государственного технического университета (Новочеркасского политехнического института). Серия: Социально-экономические науки. 2024
4. «Инженерно-технологические решения проблем развития АПК и общества. Сборник трудов LVIII международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Стратегические ресурсы Тюменского АПК: люди, наука, технологии», Материалы конференции. Тюмень : ГАУ Северного Зауралья, 2024-1457
5. Казарова А. Я. Проблемы развития отраслей АПК: учебное пособие / А. Я. Казарова, Е. А. Косинова. Ставрополь : СтГАУ, 2021. 80 с.»

©Козинский М.С., 2024

**Марина Васильевна Кораблева, Никита Олегович Пахомов,
Владимир Анатольевич Шибайкин, Татьяна Владимировна Пахомова**
*Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии
и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия*

ВЛИЯНИЕ БОЛЬШИХ ДАННЫХ НА ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

Аннотация. В последние годы большие данные (Big Data) играют ключевую роль в развитии искусственного интеллекта (ИИ). С ростом объёмов данных, доступных для анализа, ИИ становится всё более точным и эффективным. В данной статье мы рассмотрим, как большие данные влияют на прогресс ИИ, обсудим их роль в обучении нейронных сетей, а также затронем проблемы, связанные с обработкой больших объёмов информации. Особое внимание будет уделено современным технологиям, которые помогают эффективно интегрировать большие данные в системы ИИ, и примерам их применения в реальных условиях.

Ключевые слова: Big Data, искусственный интеллект

**Marina V. Korableva, Nikita OI. Pakhomov, Vladimir An. Shibaykin,
Tatyana VI. Pakhomova**
*Saratov State University of Genetics, Biotechnology, and Engineering named after
N.I. Vavilov, Saratov, Russia*

THE IMPACT OF BIG DATA ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Abstract. In recent years, Big Data has played a key role in the development of artificial intelligence (AI). As the volume of data available for analysis grows, AI becomes increasingly accurate and effective. This article examines how Big Data influences AI progress, discusses its role in training neural networks, and addresses challenges related to processing large volumes of information. Special attention is given to modern technologies that enable the effective integration of Big Data into AI systems, along with examples of their application in real-world scenarios.

Keywords: Big Data, artificial intelligence

Введение

Искусственный интеллект (ИИ) стал одним из самых быстро развивающихся направлений в области технологий, охватывая широкий спектр задач, от распознавания образов и обработки естественного языка до автономных систем и предсказательной аналитики. Однако основным драйвером этого развития является доступность больших данных, которые представляют собой огромные массивы информации, поступающие из разнообразных источников, таких как социальные сети, интернет вещей (IoT), системы видеонаблюдения, медицинские и финансовые системы.

Большие данные предоставляют ИИ возможность обучаться на реальных примерах, что значительно повышает его точность и способность решать сложные задачи. Кроме того, они позволяют ИИ системам адаптироваться к изменениям в окружающей среде, улучшать свои модели и предоставлять более персонализированные решения. В данной статье будет рассмотрено, как именно большие данные способствуют прогрессу ИИ и какие вызовы они представляют.

Основное влияние больших данных на искусственный интеллект

Улучшение качества обучения моделей. Одним из ключевых факторов, влияющих на эффективность искусственного интеллекта, является наличие большого количества данных для обучения. Большие данные предоставляют ИИ моделям огромные массивы информации, что позволяет им находить сложные паттерны и зависимости, которые были бы недоступны при меньших объемах данных. Это особенно важно для глубокого обучения (Deep Learning), где качество и количество данных напрямую влияют на производительность моделей.

В нейросетях, таких как сверточные (CNN), применяемые для обработки изображений, или рекуррентные (RNN), используемые для анализа временных рядов, доступ к большим данным позволяет значительно повысить точность. Например, для системы распознавания изображений, обученной на миллионах изображений, вероятность ошибки гораздо ниже, чем у системы, обученной на небольшом наборе данных [1,3].

Персонализация решений. Большие данные позволяют искусственному интеллекту создавать более персонализированные решения. Взаимодействуя с огромными массивами данных о пользователях, их поведении и предпочтениях, ИИ может предлагать индивидуализированные рекомендации, повышая уровень удовлетворенности клиентов. Например, в электронной коммерции системы рекомендаций на основе ИИ анализируют предыдущие покупки и поведение пользователей, чтобы предлагать товары, которые будут им интересны.

Кроме того, в медицине большие данные позволяют ИИ системам обрабатывать миллионы историй болезни, диагностических изображений и генети-

ческих данных для разработки индивидуальных схем лечения, что повышает шансы на успех терапии.

Предсказательная аналитика. Еще одной областью, где ИИ и большие данные играют важную роль, является предсказательная аналитика. Системы ИИ, обученные на больших данных, способны анализировать историческую информацию и делать точные прогнозы. Например, в финансах ИИ использует исторические данные о ценах акций, макроэкономические показатели и новостные потоки для предсказания рыночных трендов.

Аналогичные системы применяются в логистике и производстве, где ИИ прогнозирует спрос на товары, оптимизирует маршруты доставки и предсказывает возможные поломки оборудования на основе данных с датчиков.

Современные подходы к обработке больших данных в ИИ

Облачные вычисления. Для эффективной работы с большими данными требуется значительная вычислительная мощность. Облачные вычисления предоставляют масштабируемые ресурсы, которые позволяют обрабатывать и анализировать огромные массивы данных с использованием ИИ. Облачные платформы, такие как Amazon Web Services (AWS), Google Cloud и Microsoft Azure, предлагают сервисы для обработки больших данных и выполнения сложных ИИ-алгоритмов.

С помощью облачных технологий компании могут быстро анализировать данные, не тратя средства на создание собственной инфраструктуры. Это делает использование больших данных доступным даже для небольших организаций.

Технологии распределенной обработки данных. Обработка больших данных требует распределённых систем, таких как Hadoop и Apache Spark, которые могут параллельно обрабатывать данные на множестве узлов. Эти системы обеспечивают быструю обработку и анализ огромных массивов информации, что особенно важно для ИИ-моделей, требующих больших вычислительных мощностей [2,4].

Технологии распределённой обработки позволяют ИИ системам быстро обучаться и анализировать данные, не сталкиваясь с проблемами, связанными с масштабированием традиционных подходов.

Усиленное обучение (Reinforcement Learning). Усиленное обучение, одна из передовых областей ИИ, требует больших объёмов данных для создания точных моделей. Эта технология используется в робототехнике, автономных системах и играх, где ИИ взаимодействует с окружающей средой и обучается через процесс проб и ошибок. Доступ к большим данным позволяет системам усиленного обучения более эффективно изучать среду, делая их более адаптивными и точными.

Проблемы и вызовы

Качество данных. Несмотря на наличие огромных объёмов данных, не все они являются качественными. Для ИИ систем качество данных играет решающую роль: некорректные, неструктурированные или зашумлённые данные могут приводить к ошибочным выводам и ухудшению производительности моделей. Поэтому важной задачей при работе с большими данными является их очистка, нормализация и предварительная обработка.

Этические вопросы и конфиденциальность. С увеличением объёмов собираемых данных возрастает и количество вопросов, связанных с конфиденциальностью и безопасностью. Использование больших данных в ИИ требует соблюдения этических норм и защиты персональной информации пользователей. Важно разработать методы анонимизации данных и обеспечить соблюдение законодательных норм, таких как GDPR в Европе, которые регулируют обработку персональных данных.

Высокие вычислительные затраты. Обработка больших данных требует значительных вычислительных ресурсов, что может стать проблемой для небольших компаний и организаций. Несмотря на развитие облачных технологий и систем распределённой обработки, использование ИИ для анализа больших данных остаётся дорогостоящим процессом. Это требует разработки более эффективных алгоритмов и архитектур ИИ, способных работать с меньшими вычислительными затратами.

Примеры использования больших данных в ИИ

Медицина: анализ больших данных о пациентах позволяет ИИ диагностировать заболевания на ранних стадиях и предлагать персонализированные планы лечения. Системы на основе ИИ, такие как IBM Watson Health, анализируют медицинские записи, генетические данные и результаты обследований для улучшения точности диагностики.

Автономные системы: для создания самоуправляемых автомобилей используются огромные массивы данных, собираемые с датчиков, камер и лидаров. Эти данные позволяют ИИ моделям обучаться в реальных условиях, предсказывать поведение других участников движения и принимать решения на основе текущей дорожной ситуации [1].

Финансы: большие данные в сочетании с ИИ используются для предсказания рыночных тенденций, анализа кредитных рисков и выявления мошеннических операций. Например, такие компании, как JPMorgan Chase, применяют ИИ для анализа транзакционных данных и управления активами.

Заключение

Большие данные оказывают значительное влияние на развитие искусственного интеллекта. Они обеспечивают доступ к огромным объёмам информации, необходимым для обучения и улучшения ИИ систем. Однако работа с большими данными требует значительных ресурсов, что порождает новые вызовы и задачи для разработки более эффективных технологий обработки. Несмотря на это, их совместное использование открывает новые возможности в различных сферах, от медицины и логистики до финансов и автоматизации. В будущем, с развитием технологий обработки данных и алгоритмов ИИ, мы увидим ещё больше инновационных решений, которые будут улучшать повседневную жизнь людей и повышать эффективность бизнес-процессов.

Список источников

1. Бобров С.В., Корневский А.В. Большие данные и искусственный интеллект: технологии и перспективы // Информационные технологии и вычислительные системы. 2020. С. 152-154.
2. Логвиненко М. В. Искусственный интеллект в сельском хозяйстве / М.В. Логвиненко, Л.А. Слепцова, Т.В. Пахомова // Экономико-математические методы анализа деятельности предприятий АПК : Материалы VIII Международной научно-практической конференции, Саратов, 25 апреля 2024 года. Саратов: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова", 2024. С. 222-225.
3. Цифровые технологии в АПК / П. И. Ерзова, Т. В. Пахомова, А. Н. Толстова [и др.] // Экономико-математические методы анализа деятельности предприятий АПК : Материалы VII Международной научно-практической конференции, посвященной 110-летию Вавиловского университета , Саратов, 21 апреля 2023 года / Под редакцией С.И. Ткачева. Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2023. С. 107-112.
4. Цифровые платформы для сельского хозяйства / Т. В. Пахомова, С. Н. Рубцова, Л. А. Слепцова, А. В. Ключиков // Экономико-математические методы анализа деятельности предприятий АПК : Материалы VII Международной научно-практической конференции, посвященной 110-летию Вавиловского университета , Саратов, 21 апреля 2023 года / Под редакцией С.И. Ткачева. Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2023. С. 235-239.

©Кораблева М.В., Пахомов Н.О., Шибайкин В.А., Пахомова Т.В., 2024

**Марина Васильевна Кораблева, Никита Олегович Пахомов,
Владимир Анатольевич Шибайкин, Татьяна Владимировна Пахомова**
*Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии
и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия*

ОСНОВНЫЕ АРХИТЕКТУРЫ НЕЙРОСЕТЕЙ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Аннотация. В данной статье рассматривается использование нейросетей для обработки и анализа больших данных. Современные технологии генерации данных создают колоссальные объемы информации, которые традиционные методы обработки уже не способны эффективно анализировать. Нейросети позволяют автоматизировать и ускорить обработку данных, находить скрытые закономерности и делать точные предсказания. Мы рассмотрим основные методы нейросетевого анализа, особенности архитектур нейросетей и примеры их использования в реальных приложениях, таких как анализ текстов, изображений, данных социальных сетей и финансовых показателей.

Ключевые слова: нейросети, архитектура нейросетей, анализ больших данных

**Marina V. Korableva, Nikita Ol. Pakhomov, Vladimir An. Shibaykin,
Tatiana Vl. Pakhomova**
*Saratov State University of Genetics, Biotechnology, and Engineering named after
N.I. Vavilov, Saratov, Russia*

THE MAIN ARCHITECTURES OF NEURAL NETWORKS AND THEIR APPLICATION

Abstract. This article examines the use of neural networks for processing and analyzing Big Data. Modern data generation technologies produce vast amounts of information that traditional processing methods are no longer capable of analyzing effectively. Neural networks enable the automation and acceleration of data processing, uncover hidden patterns, and make accurate predictions. We review the primary methods of neural network analysis, the features of neural network architectures, and examples of their application in real-world cases, such as text analysis, image recognition, social media data analysis, and financial metrics.

Keywords: neural networks, neural network architecture, Big Data analysis

Введение

Эпоха больших данных (Big Data) привела к значительным изменениям в способах хранения, обработки и анализа информации. С каждым годом объемы данных, поступающих из различных источников, таких как социальные сети, интернет вещей (IoT), электронная коммерция, медицинские системы и другие, растут экспоненциально. Этот рост данных требует создания новых инструментов и методов для их обработки, поскольку традиционные подходы становятся неэффективными.

В последние годы нейросети стали одной из ключевых технологий, способных справляться с задачами анализа больших данных. Их способность обучаться на примерах, выявлять сложные связи и находить скрытые паттерны делает их незаменимыми для автоматизации и оптимизации процессов обработки данных. Нейросети могут применяться в различных областях: от компьютерного зрения и обработки естественного языка до предсказательной аналитики и диагностики заболеваний.

Классификация и области применения нейросетей

Многослойные перцептроны (MLP). Многослойные перцептроны являются базовым видом искусственных нейросетей, которые состоят из нескольких слоев нейронов. Каждый нейрон получает на вход данные, преобразует их с использованием весов и нелинейных функций, а затем передает результат на следующий слой. MLP подходят для решения задач классификации и регрессии, где требуется определение зависимостей между входными и выходными данными. Например, такие сети могут применяться для прогнозирования спроса на товары в магазинах, анализа финансовых данных или классификации изображений.

Свёрточные нейросети (CNN). Свёрточные нейросети (Convolutional Neural Networks) были разработаны для обработки изображений и видео. Они эффективно справляются с задачами, где важны пространственные данные, благодаря специальным свёрточным слоям, которые извлекают ключевые признаки изображения, такие как края, текстуры и формы. CNN активно используются в системах распознавания лиц, машинного зрения для автомобилей, медицинской диагностики (например, для анализа рентгеновских снимков) и даже в создании систем автоматического управления.

Рекуррентные нейросети (RNN) и их модификации (LSTM, GRU). Рекуррентные нейросети разработаны для работы с последовательными данными, такими как текст, аудио или временные ряды. Они запоминают информацию из предыдущих шагов и используют её при анализе следующих элементов последовательности. Это позволяет моделям выявлять долгосрочные зависимости в данных. Модификации RNN, такие как LSTM (Long Short-Term Memory) и GRU (Gated Recurrent Unit), устраняют проблемы, связанные с затуханием градиента, и позволяют обрабатывать длинные последовательности данных. Эти сети

находят применение в задачах анализа текстов, автоматического перевода, распознавания речи и прогнозирования временных рядов (например, предсказания цен на акции) [1-6].

Применение нейросетей для анализа больших данных

Анализ текстовой информации. Один из ключевых источников данных в современной экономике — это текстовая информация. Социальные сети, отзывы клиентов, новости и научные статьи содержат огромные массивы текстовых данных. Нейросети, особенно RNN и трансформеры, могут анализировать тексты, выделять ключевые темы и даже понимать контекст. Это открывает возможности для создания интеллектуальных чат-ботов, автоматического перевода текста и анализа настроений в социальных сетях.

Обработка изображений и видео. Обработка изображений и видео — ещё одна область, где нейросети показали свою эффективность. С помощью CNN можно анализировать фотографии, видео, а также создавать системы для автоматического распознавания объектов и лиц. Современные алгоритмы нейросетей позволяют создавать системы видеонаблюдения, определять дефекты на производственных линиях и даже диагностировать заболевания по медицинским снимкам [7-10].

Финансовая аналитика. Финансовые организации активно применяют нейросети для анализа больших данных и прогнозирования рыночных тенденций. Модели могут обрабатывать огромные массивы исторических данных, учитывать текущие новости и события, чтобы делать точные предсказания движения цен акций. Например, с помощью нейросетей можно выявлять аномалии в финансовых операциях, что позволяет предотвратить мошенничество.

Преимущества и вызовы использования нейросетей для работы с большими данными

Преимущества.

- **Высокая точность.** Нейросети могут анализировать данные с большей точностью, чем традиционные алгоритмы, особенно при решении сложных задач.
- **Автоматизация.** Возможность автоматического обучения и адаптации под новые данные позволяет сократить время и трудозатраты на анализ.
- **Масштабируемость.** Нейросети могут быть адаптированы для работы с любыми объемами данных, от небольших наборов до массивов терабайтного уровня.

Вызовы.

- **Требования к вычислительным ресурсам.** Для обучения глубоких нейросетей необходимы мощные графические процессоры (GPU) и большие объемы памяти.

- Обработка и подготовка данных. Нейросети чувствительны к качеству данных, поэтому важной задачей является правильная подготовка и очистка информации.

- Проблемы интерпретируемости. Нейросетевые модели часто рассматриваются как «черные ящики», и сложность их внутренних процессов затрудняет объяснение результатов анализа[11].

Заключение

Применение нейросетей для анализа больших данных открывает новые горизонты в различных отраслях. От анализа текстов и изображений до финансовых прогнозов и медицинской диагностики — нейросети демонстрируют высокую точность и способность выявлять скрытые закономерности, недоступные традиционным методам. Однако важным направлением дальнейших исследований остаётся разработка более эффективных алгоритмов, которые смогут работать с меньшими ресурсами и будут более интерпретируемыми для пользователей. Нейросети становятся неотъемлемой частью современных систем обработки данных, и их развитие продолжает двигать индустрию вперед.

Список источников

1. Иванов В.А., Смирнов П.С. Нейронные сети в анализе больших данных: возможности и ограничения // Вестник информационных технологий. 2020, С. 25-23.

2. Кузнецова Е.Н., Брагин Д.М. Машинное обучение и нейросетевые методы в анализе больших данных // Журнал компьютерных технологий. 2021, С-45-47.

3. Лебедев С.В., Карпов И.И. Использование глубоких нейронных сетей в анализе данных: перспективы и вызовы // Труды института системного анализа РАН. 2019. 152 с.

4. Логвиненко М.В. Искусственный интеллект в сельском хозяйстве // Экономико-математические методы анализа деятельности предприятий АПК : Материалы VIII Международной научно-практической конференции, Саратов, 25 апреля 2024 года. Саратов: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова", 2024. С. 222-225.

5. Цифровые технологии в АПК / П.И. Ерзова, Т.В. Пахомова, А.Н. Толстова [и др.] // Экономико-математические методы анализа деятельности предприятий АПК : Материалы VII Международной научно-практической конференции, посвященной 110-летию Вавиловского университета Саратов, 21 апреля 2023 года / Под редакцией С.И. Ткачева. Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2023. С. 107-112.

6. Цифровые платформы для сельского хозяйства / Т.В. Пахомова, С.Н. Рубцова, Л.А. Слепцова, А. В. Ключиков // Экономико-математические методы анализа деятельности предприятий АПК : Материалы VII Международной

научно-практической конференции, посвященной 110-летию Вавиловского университета, Саратов, 21 апреля 2023 года / Под редакцией С.И. Ткачева. Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2023. С. 235-239.

7. Нагоркина А.В. Будущее ветеринарной диагностики с использованием машинного обучения / А. В. Нагоркина, Т. В. Пахомова // Экономико-математические методы анализа деятельности предприятий АПК : Материалы VIII Международной научно-практической конференции, Саратов, 25 апреля 2024 года. Саратов: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова", 2024. С. 268-271.

8. Роль машинного обучения и искусственного интеллекта в анализе данных ветеринарной медицины / А.С. Немтинова, Т.В. Пахомова, Е.В. Бердникова, Л.А. Слепцова // Экономико-математические методы анализа деятельности предприятий АПК : Материалы VIII Международной научно-практической конференции, Саратов, 25 апреля 2024 года. – Саратов: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова", 2024. С. 272-276.

9. Рубцова С.Н. Цифровизация: ключ к эффективности в агропромышленном комплексе / С.Н. Рубцова, Т.В. Пахомова, Л.А. Слепцова // Экономико-математические методы анализа деятельности предприятий АПК : Материалы VIII Международной научно-практической конференции, Саратов, 25 апреля 2024 года. Саратов: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова", 2024. С. 317-319.

10. Чебакова Т.В. Цифровизация в Российской экономике и обществе / Т. В. Чебакова, Т.В. Пахомова // Проблемы и перспективы развития АПК: технические и сельскохозяйственные науки : Материалы Региональной научно-технической конференции, посвященной 110-летию Вавиловского университета, Саратов, 13–17 февраля 2023 года. Том Выпуск 1. Саратов: Общество с ограниченной ответственностью "Амирит", 2023. С. 126-130.

11. Свидетельство о государственной регистрации базы данных Dashboard - анализ ресурсного потенциала УНПО «Поволжье» на базе цифровой платформы «Агросигнал» : № 2023622530 : заявл. 02.08.2023 : опубл. 15.08.2023 / Т.В. Пахомова, С.Н. Рубцова, И. В. Шарикова [и др.] ; заявитель «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова».

©Кораблева М.В., Пахомов Н.О., Шибайкин В.А., Пахомова Т.В., 2024

Научная статья
УДК 622.32.003

**Антон Валериевич Косарев, Людмила Анатольевна Волощук,
Сергей Иванович Ткачев, Светлана Валентиновна Чумакова,
Андрей Владимирович Перетятко**

*Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии
и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия*

ПРОГНОСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КУРСА ЦЕН НА БАРРЕЛЬ НЕФТИ

Аннотация. Осуществлен прогностический анализ курса цен на баррель нефти за 2014 – 2024 г.г. на период 2025 – 2028 г.г. Проведена сезонная декомпозиция временного ряда цен. Установлено, что основной компонентой ряда является тренд-циклическая компонента, при этом сезонным фактором можно пренебречь. С использованием метода ARIMA установлено, что в течение прогнозируемого промежутка времени цена будет колебаться вокруг среднего значения 79 \$.

Ключевые слова: цены на нефть, прогнозирование цен, ARIMA

**Anton V. Kosarev, Ludmila An. Voloshchuk, Sergey Iv. Tkachev,
Svetlana V. Chumakova, Andrey Vl. Peretyatko**

*Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I.
Vavilov, Saratov, Russia*

FORECAST MODEL OF THE PRICE RATE PER BARREL OF OIL

Abstract. The article provides a prognostic analysis of the price exchange rate for a barrel of oil based on data for the period of 2014-2024 for the period of 2025-2028. A seasonal decomposition of the time series of prices was carried out, it was established that the main component of this series is the trend-cyclical one, while the seasonal factor can be neglected. Using the ARIMA method, it is determined that during the predicted time frame, the price will fluctuate around the average value of \$79.

Keywords: oil, price, forecast, ARIMA

Прогнозирование цен на нефть обусловлено сложностями в расчетах, определяющих его высокую неопределенность. Факторы, влияющие на цены, имеют тенденцию к краткосрочным изменениям. К ним относятся: глобальные экономические условия, такие как рецессии или рост, значения которых оказывают влияние на соотношение спроса и предложения [1]. Технологические изменения, например, рост производства нефти сланцевого типа или переход к альтернативным источникам энергии может изменить структуру спроса [2]. Долгосрочные прогнозы осложняются влиянием климатической политики и международных соглашений, направленных на снижение углеродных выбросов. Наконец, использование статистических моделей и исторических данных для прогнозирования цен может быть затруднено непредсказуемыми событиями, такими как природные катастрофы или пандемии [3]. Все эти факторы визуализируют необходимость комплексного подхода к прогнозированию цен на нефть.

Brent – это эталонная марка нефти, добываемая в Северном море, состоящая из нескольких сортов нефти. Эта нефть стала экономическим эталоном, с 1980-х годов цена на эту марку нефти является основой для ценообразования многих других сортов нефти.

Цель работы –осуществить прогноз цен на баррель нефти Brent за время 2014 – 2024 г.г. на период 2025 – 2028 г.г.

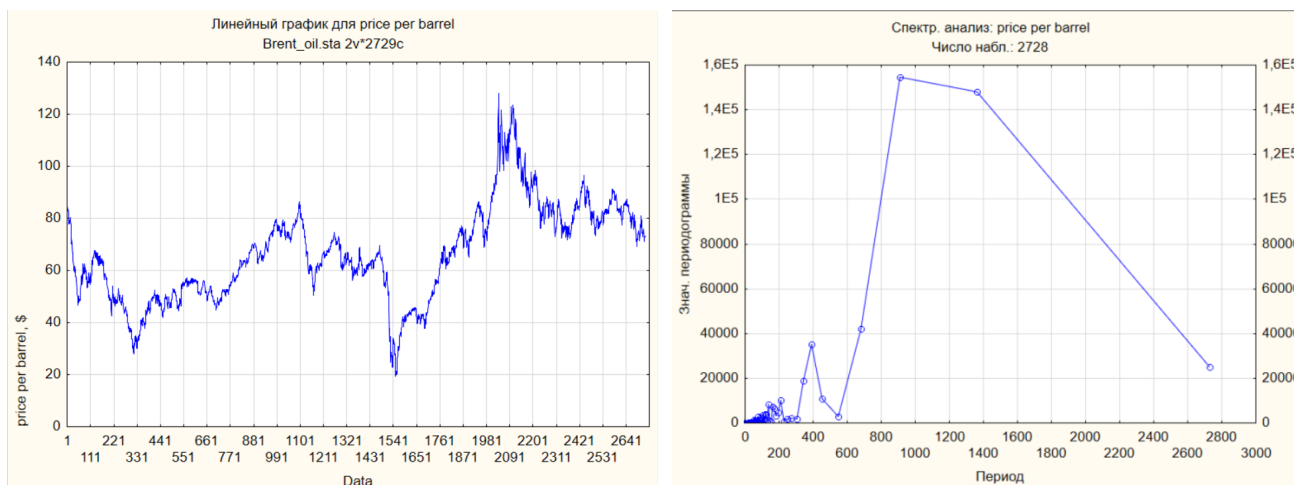
Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

- проведена сезонная декомпозиция временного ряда цен на баррель нефти Brent;
- осуществлен Фурье-анализ и анализ автокорреляционных функций с целью выявления роли сезонного фактора;
- используя метод авторегрессии скользящего среднего (ARIMA) вычислить прогностический интервал кривой изменения цен на нефть на период 2025-2028 гг.

Построение регрессионных моделей и графическое представление результатов моделирования реализовано в программном комплексе Statistica, v.10, предназначенном для анализа данных и их статистической обработки. Преимуществом программного комплекса является набор инструментария для анализа одномерных и многомерных данных и возможности для их визуализации.

Источником данных для моделирования и прогнозирования является открытый ресурс [4], аккумулирующий информацию для инвесторов.

Для оценки приемлемости временных рядов применялись процедуры нахождения автокорреляционных функций, гистограммы нормального распределения остатков, а также модуль анализа и прогнозирования временных рядов из блока «Advanced model». Визуальный анализ графика цен на нефть показывает отсутствие повторяемости его фрагментов. При этом явно заметен незначительно возрастающий тренд (рис.1а) и отсутствие сезонности, подтвержденное отсутствием выраженных пиков на периодограмме Фурье (рис.2б).



а б
Рисунок 1 – Временной график цен за баррель нефти Brent, где: а – динамика за период 2014 – 2024 г.г., б – периодограмма Фурье

Для того, чтобы охарактеризовать динамику данных временного ряда, произведено построение его автокорреляционных функций. Как видно из рисунка 2, динамика цен на нефть мало зависит от сезонности, так как отсутствует периодичность в изменении значений автокорреляционной (рис. 2а) и частной автокорреляционной функций (рис. 2б). При этом все коэффициенты автокорреляции являлись статистически значимыми. Этот факт обусловлен тем, что рассматриваемый временной ряд цен на нефть содержит отчетливую трендовую компоненту.

Непересечение текущего лага границы доверительного интервала, отмеченного красной линией, свидетельствует об отсутствии автокорреляции на этом лаге. При этом имеется пересечение границы автокорреляционной функции первым, вторым и несколькими последующим лагами, что свидетельствует о наличии автокорреляции. Однако процедура исключения первого лага методом вычитания может привести к качественному изменению автокорреляционной функции и, как следствие, искажению результата, поэтому временные ряд цен на нефть анализировался в исходном виде.

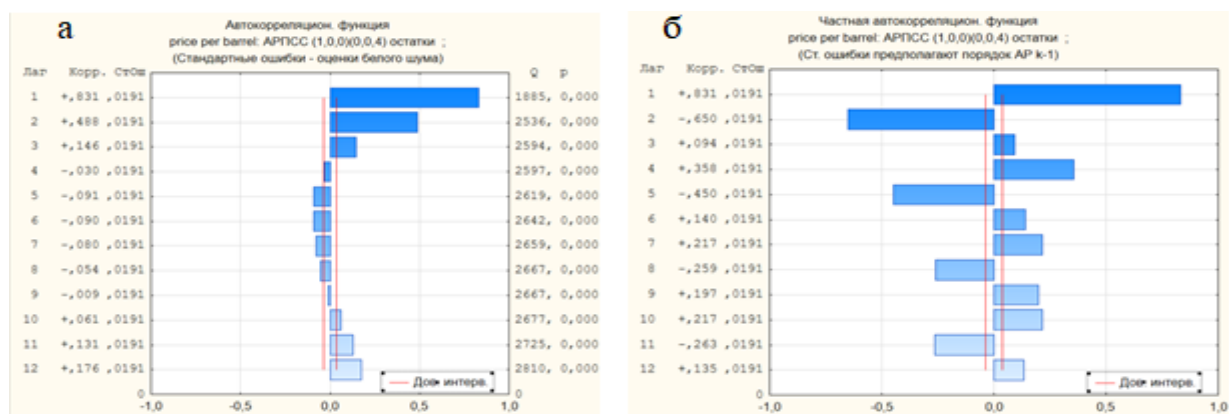


Рисунок 2 - Автокорреляционные функции, где: а – интегральная, б-частная временного ряда цен на нефть Brent

Исследуемый ряд цен состоит из тренд-циклическую и иррегулярную компоненты. Для отделения последней к исходному временному ряду применена процедура сезонной декомпозиции (рис. 3 а, б).

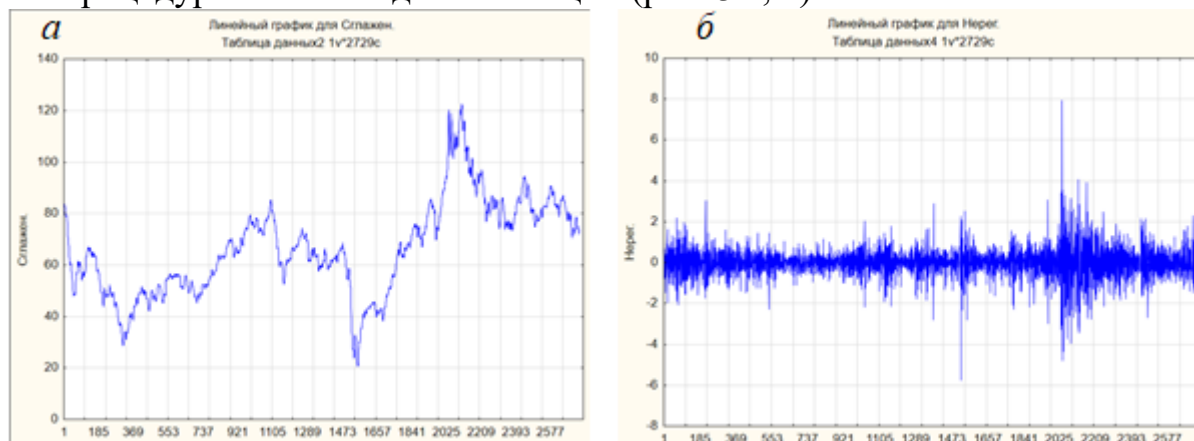


Рисунок 3 - Результат сезонной декомпозиции временного ряда цен на нефть, где: а – тренд-циклическая, б–иррегулярная компоненты

На следующем этапе работы построен прогноз рассматриваемого временного ряда на период 2025 - 2028 г.г. Для его реализации применена модель авторегрессии скользящего среднего (ARIMA) при значении числа лагов, равного 12. Результаты прогноза показали, что в течение прогнозируемого промежутка времени цена будет колебаться вокруг среднего значения 79 \$.

Малое колебание цен на нефть вокруг среднего значения в течение нескольких лет может быть связано с несколькими факторами.

Во-первых, стабильность спроса и предложения. Если мировая экономика находится на стабильном уровне, спрос на нефть не сильно колеблется. Это может происходить в условиях умеренного экономического роста, когда потребление энергии остается предсказуемым.

Во-вторых, влияние крупных производителей и их согласованные действия по ограничению добычи, тоже играет важную роль. Совместные решения о квотах на добычу позволяют сгладить резкие колебания цен.

Третьим фактором является накопление запасов. Если запасы нефти в мире высоки, это может действовать как буфер против резких ценовых колебаний.

Финансовые инструменты и спекуляции на рынке могут приводить к ограничению волатильности цен. Инвесторы хеджируют свои риски, что также способствует менее значительным колебаниям.

Все эти факторы вместе способствуют устойчивому ценовому уровню на нефть в долгосрочной перспективе.

Список источников

1. Мазурчук Т.М. Возможности реализации государственных крупных нефтяных проектов при различных сценариях изменения цены на нефть// Экономические системы. 2020. Т. 13. № 4. С. 207-215.

2. Бабаев К.В., Ильинская И.Д., Лозинский А.Н., Сазонов С.Л. Итоги развития китайского автопрома в 2022 году и перспективы на будущее часть 2. водород и другие альтернативы//Транспорт на альтернативном топливе. 2023. № 5 (95). С. 30-44.

3. Акимов А.А. Формирование рыночных цен на мировом рынке нефти и нефтепродуктов в условиях пандемии//Вектор экономики. 2020. № 9 (51). С. 9.

4. [Электронный ресурс] URL: <https://investfunds.ru/indexes/624/> (дата обращения: 15.11.2024)

©Косарев А.В., Волощук Л.А., Ткачев С.И., Чумакова С.В., Перетяцько А.В., 2024

Научная статья
УДК 528.9

**Антон Валериевич Косарев, Людмила Анатольевна Волощук,
Дмитрий Сергеевич Белов, Светлана Валентиновна Чумакова,
Владимир Анатольевич Шибайкин**

*Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии
и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия*

КАРТОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПЛОТНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА САРАТОВА

Аннотация. Проведен графический анализ функции распределения численности населения г. о. Саратов с использованием кросс платформенной программной системы QGIS. Визуализировано распределение максимумов численности населения. Отражено равномерность распределения населения на территории центральных районов г.о. Саратов. Показано, что распределение приобретает иррегулярную структуру по мере удаления к селитебной зоне.

Ключевые слова: город Саратов, численность населения, картография, цифровая трансформация

**Anton V. Kosarev, Ludmila An. Voloshchuk, Dmitriy S. Belov,
Svetlana Vl. Chumakova, Vladimir An. Shibaikin**

*Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after
N.I. Vavilov, Saratov, Russia*

CARTOGRAPHIC ANALYSIS OF POPULATION DENSITY IN THE TER- RITORY OF SARATOV CITY

Abstract. The article provides a graphical analysis of the population distribution function of the city of Saratov using the cross-platform software system QGIS. It is shown that the distribution of the maxima of this function is more uniform in the territory of the central districts of the city, and acquires an irregular structure as you move away from the residential zone.

Keywords: Saratov, population, cartography, digital transformation

Картографирование численности населения в городе применяется при менеджменте и планировании городской инфраструктуры. Во-первых, это необходимо для выявления распределения населения по различным районам, что требуется для оптимизации распределения ресурсов и услуг, таких как образование, здравоохранение, транспорт и социальная инфраструктура[1]. Во-вторых, данные о численности населения позволяют понимать потребности различных групп, что способствует планированию жилищного строительства и социальной политики [2]. Также картографирование позволяет анализировать изменения демографической ситуации — например, миграцию и старение населения.

Карты численности населения могут быть полезны для бизнеса, например, для определения целевой аудитории и выбора места для размещения магазинов или офисов. Также картографические данные являются ключевыми для проведения научных исследований и разработки стратегий устойчивого развития города, учитывающих социальные и геоэкологические аспекты[3].

Цель работы – изучить функцию плотности населения, распределенного по г.о. Саратов и выяснить факторы, влияющие на ее распределение.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

- проанализирована информация по удельной численности населения на территории г.о. Саратов;
- разработана гео-модель, связывающая плотность населения с территорией проживания;
- построена 3D-картограмма распределения численности населения по территории г.о. Саратов.

Данные по плотности населения в оценке на 2025 г. Саратовской области получены из открытого интерактивного ресурса [4] и сохранены в формате растрового слоя «populationdensity.tif», содержащего информацию о количестве жителей на площади в 1 га (Рис.1).

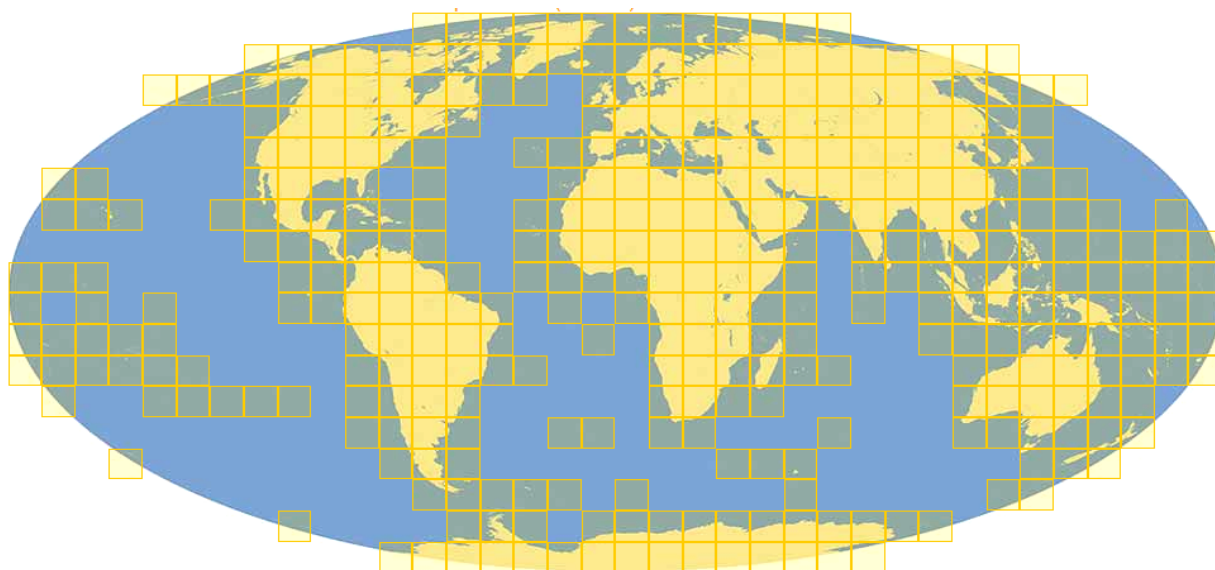


Рисунок 1 - Кластерная форма хранения данных о численности населения на ресурсе

Первый слой – территория г.о. Саратов, второй слой-сетка шестигранников «Site.shp» нанесена с использованием последовательности действий «Вектор-Анализ-создать сетку», тип сетки-шестигранники, охват - «рассчитать из слоя «Саратов», размеры ячейки сетки-250 на 250 м (рис. 2а). Система координат проекта – математическая система координат проекции EPSG 3857. Слой сетки обрезался по границе г.о. Саратов с использованием последовательности действий «Вектор-Анализ-выбрать по расположению» (Рис.2б).

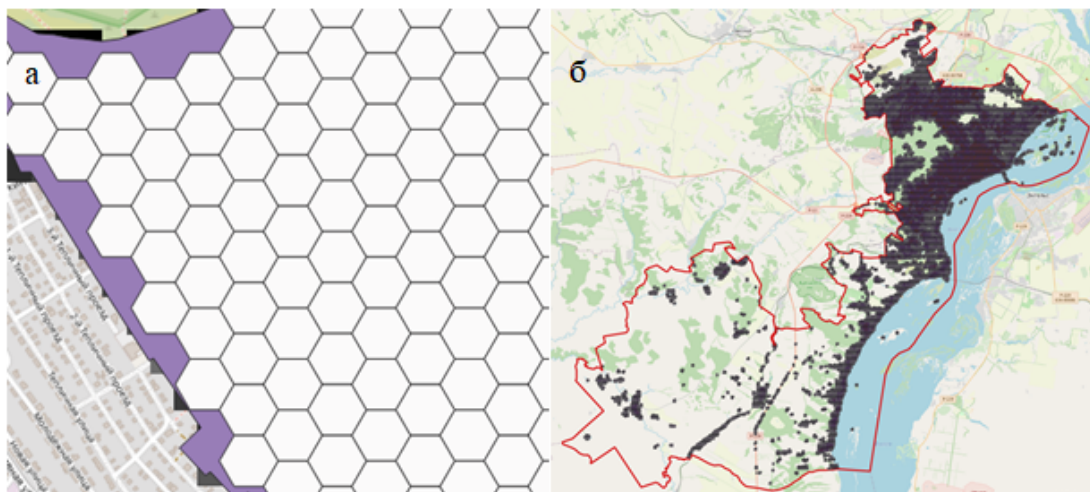


Рисунок 2 - Файл сетки «Site.shp»; а – вписанный в файл границы территории г. Саратова; б – распределенный по территории городской черты

Растр «populationdensity. tif» обрезался по маске границы г.о. Саратовс формированием слоя «populationdensity_Saratov. tif». Для определения среднего числа жителей (чел/га) «mean» в расчете на одну ячейку исходного слоя «populationdensity_Saratov. tif» применялся инструмент «Зональная статистика». Исходным слоем выступал слой сетки, а растровый слой – слой «populationdensity_Saratov. tif».

Число жителей в расчете на одну ячейку созданного слоя «Site» рассчитывалось с использованием модуля «CalculateGeometry» как произведение площади ячейки («area») (в га) на величину «mean» (чел/га). Полученные данные сохранены в формате слоя «Saratov_plp. tif». Далее слой сетки окрашивался с использованием градиентной заливки «RdPu». 3D-модель распределения численности разработана с использованием плагина Qgis2threejs. При этом в настройках «SceneSettings» параметр z-Aggregate принимаем равным 1, поле высоты пиков «Altitude» настраивается пропорциональным значениям в слое «Saratov_plp. tif»(рис.3).

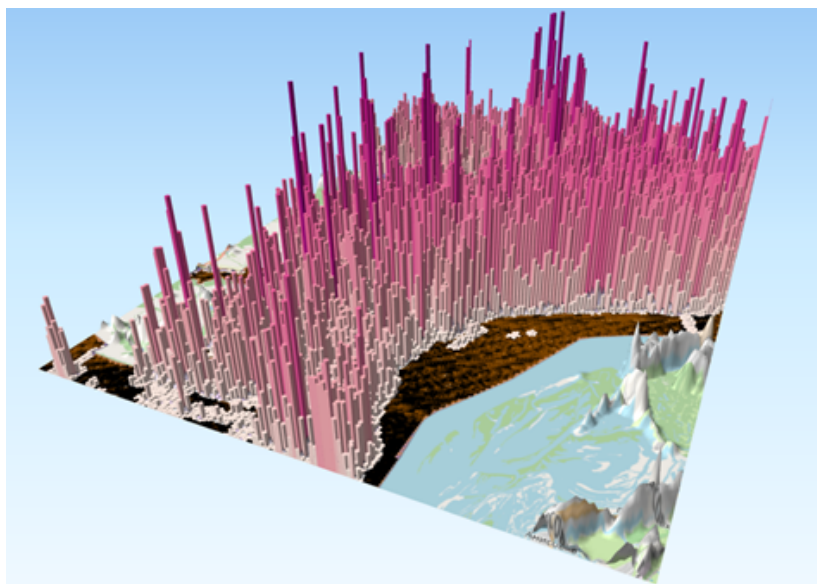


Рисунок 3 - 3D-модель распределения населения на территории г.о. Саратов

Разработанная цифровая модель местности может быть представлена в интерактивном формате, допускает изменение масштаба и изменение угла обзора на 360.

Распределение максимумов численности населения примерно равномерно проявляется на территории центральных районов г.о. Саратов, и приобретает иррегулярную структуру по мере удаления к селитебной зоне. Сходное распределение численности населения в прилегающих к городу сельских территориях и в центральных районах города можно объяснить несколькими факторами:

1. Влияние городской миграции. Люди стремятся перебраться в более доступные по цене и комфортные районы, сохраняя при этом близость к рабочим местам и услугам, которые предлагает город

2. Развитие инфраструктуры, в том числе: дороги, общественный транспорт и социальные учреждения, – делает сельские территории более привлекательными для жизни. Транспортная связь с центром города позволяет жителям добираться до работы и учебы, что способствует росту численности населения в этих районах. Также следует учитывать, что городская экспансия затрагивает ближайшие сельские территории, а новые жилые комплексы и застройки способствуют увеличению плотности населения. Кроме того, изменение образа жизни, такое как удаленная работа, также приводит к тому, что люди выбирают тихие места для жизни, оставаясь на связи с городом.

Эти факторы в сумме создают схожее распределение численности населения между городскими и сельскими районами. По мере удаления от центра к селитебной зоне наблюдается снижение менее равномерное распределение. Это связано с рядом факторов: отсутствием качественной инфраструктуры, меньшим количеством рабочих мест и социальными услугами, а также большим количеством свободного пространства, которое не всегда активно застраивается. В результате, части населения могут быть изолированы друг от друга, и сосредоточение населения становится нерегулярным. Кроме того, в селитебной зоне

увеличивается влияние природных факторов и земельных ресурсов, что также влияет на размещение населения.

Список источников

1. Кирюнин И.И., Тихий В.И. Анализ и картографирование структуры пригородного расселения города Орла // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2022. Т. 28. №2. С. 160-171.

2. Богданов В.Н., Дугарова Г.Б. Картографирование дифференциации пространства города на микроуровне (на примере Улан-батора) // Геодезия и картография. 2024. Т. 85. №3. С. 14-23.

3. Галкин П.А. Оценка и картографирование геоэкологических условий на территории крупного города (на примере Витебска) // Природопользование. 2023. № 1. С. 93-112.

4. GHSL - Global Human Settlement Layer [Электронный ресурс] URL: <https://human-settlement.emergency.copernicus.eu> (дата обращения: 09.11.2024)

©Косарев А.В., Волощук Л.А., Белов Д.С., Чумакова С.В., Шибайкин В.А., 2024

Научная статья
УДК 625.768.1

**Игорь Павлович Курочкин, Аркадий Викторович Ключиков,
Никита Евгеньевич Самохин**

*Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии
и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия*

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМ УБОРКИ И ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ РОБОТА-УБОРЩИКА ДЛЯ ЗЕРНОХРАНИЛИЩ

Аннотация. Осуществлена модернизация робота-уборщика для зернохранилища. Проведено сравнение параметров всасывающих механизмов. Обновлено конфигурация всасывающего механизма. Разработана щетка для забора мусора и крепеж для датчика считывания угла поворота. Выбран бесщёточный двигатель для механизма всасывания.

Ключевые слова: агробототехника, робот уборщик, уборка зернохранилища, электронные схемы

Igor P. Kurochkin, Arcady V. Klyuchikov, Nikita Ev. Samokhin

*Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after
N.I. Vavilov, Saratov, Russia*

MODERNIZATION OF CLEANING AND POSITIONING SYSTEMS OF CLEANING ROBOT FOR GRANARIES

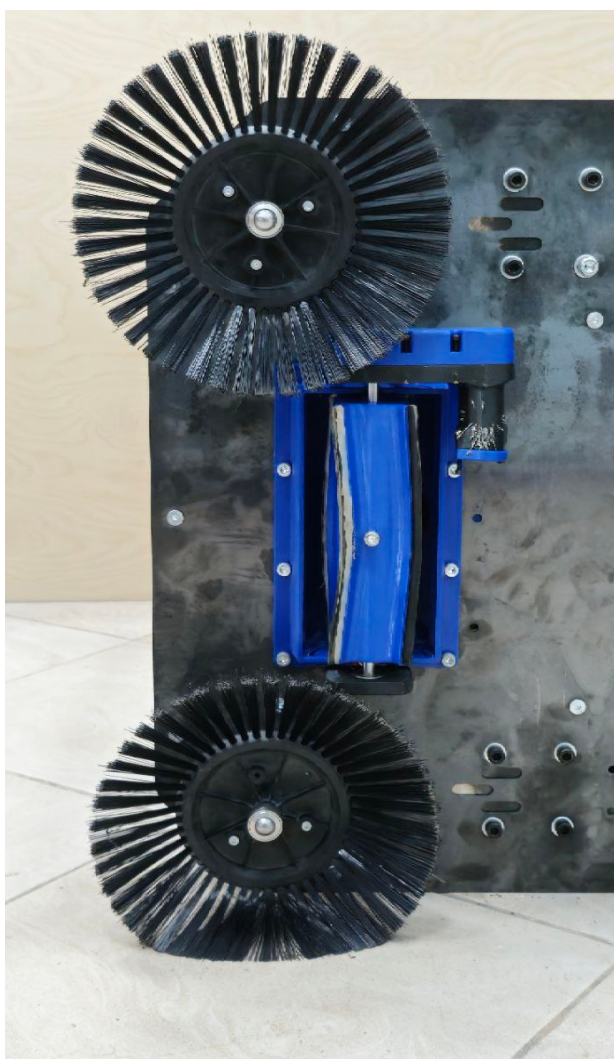
Abstract. The robotic cleaner for the granary has been modernized. A comparison of the parameters of suction mechanisms was carried out. The suction mechanism configuration has been updated. A brush for collecting debris and fasteners for the rotation angle reading sensor have been developed. Brushless motor selected for suction mechanism

Keywords: agro-robotics, cleaning robot, granary cleaning, electronic circuits

Введение

Общество использует технологии роботизации для решения повседневных задач. Среди них одним из наиболее востребованных направлений является применение мобильной робототехники [1]. Мобильные роботы используются для задач перевозки грузов, проведение инвентаризации, а также для уборки помещений. Робот-уборщик интегрируется в рабочие процессы для повышения качества уборки, используя автоматизацию и современные технологии. Существуют роботы-уборщики с функционалом и характеристиками для применения в быту, но полностью автономных роботов-уборщиков, адаптированных для уборки промышленных помещений, складов и зернохранилищ на рынке не представлено

[2]. На решение этой задачи направлена разработка робота-уборщика, специально адаптированного для использования в промышленных условиях.



Для очистки помещений робот-уборщик применяет щетки и всасывающий механизм для забора мусора в бак. Две щетки, расположенные в передней части по краям необходимы для подметания мусора ближе к середине робота, где расположена третья щетка для забора мусора (рис. 1). Щетка поднимает мусор ближе к трубопроводу для всасывания. Всасывающий механизм должен быть достаточно мощным, чтобы пропустить поток воздуха с мусором по трубопроводу до циклонного фильтра, где основной его часть оседает в баке. После воздух с мелкими частицами пыли-почвы проходит через угольный фильтр для предотвращения повреждений мотора всасывающего механизма [3].

Для предотвращения повреждения щетки забора мусора конструктивный элемент устанавливается на механической подвеске (рис. 2). Применяются линейные подшипники, перемещающиеся по валам, возврат щетки в исходное положение

Рисунок 1 – Щетки робота-уборщика
осуществляется пружинами, расположенными с двух сторон от щетки.

Щетка для забора мусора с резиновыми вставками не обеспечивала эффективность уборки. Корпус щетки имел размеры 64 на 64 мм. и иногда цеплялся о поверхность и переставал вращаться при перемещении. В новой версии

уменьшен размер корпуса щетки на 37,5%, увеличена длина резиновой вставки, а также добавлена дополнительная с ворсом. На рисунке 3 представлен вид сборки на корпус старого и нового типа щеток для забора мусора. Отверстие для установки щетки на валу диаметром 8.5 мм. Изменились крепления для резиновой вставки и их количество. Они теперь расположены на расстоянии 14 мм. от центра вместо 26 мм. Для улучшения качества уборки вместо двух резиновых вставок добавились две с ворсом (рис. 4а).



Рисунок 2 – Механическая подвеска щетки для забора мусора

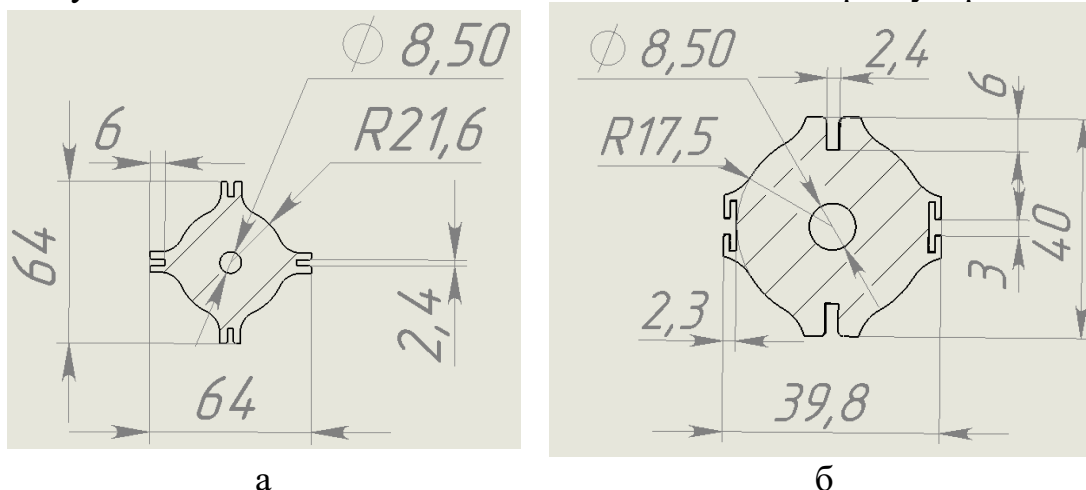


Рисунок 3 – Форма корпуса вид сбоку; а – старая, б – новая



Рисунок 4 – Щетка для подметания со вставками из резины и ворса; а – вид сбоку, б – вид спереди

Фиксация щетки на валу осуществляется с применением установочных винтов и вплавляемых латунных резьбовых гайка (рис. 4б).

В текущей версии робота уборщика применяется мотор всасывающего механизма мощностью 300 Вт. Мотор аккумуляторный и подключен к аккумулятору напряжением 36 В. Мощности всасывания недостаточно для забора подметаемого мусора в бак. Около 30% мусора оставалось на поверхности при засасывании с расстояния 10 мм. Также текущий мотор всасывающего механизма коллекторного типа. Этот тип моторов оснащен двумя щетками из угля, которые для подвода электричества от аккумулятора к мотору. При работе происходит трение, выделяется тепло, а также может происходить искрение в обмотке. Это может привести к пожароопасной ситуации [4-6]. Принято решение заменить коллекторный мотор всасывающего механизма на бесколлекторный мощностью 500 Вт. Напряжение питания 25 В.

Для управления бесколлекторным типом двигателя необходим контроллер скорости.

Спроектирован всасывающий механизм под бесколлекторный мотор (рис. 5). Механизм состоит из:

- 1) бесколлекторный мотор;
- 2) Корпус всасывающего механизма с выходом на шланг 40 мм;
- 3) Пластина для установки угольного фильтра;
- 4) Прижимная пластина для крепления мотора;
- 5) Крышка для быстрой замены фильтрующего элемента;
- 6) Крышка для доступа к мотору.

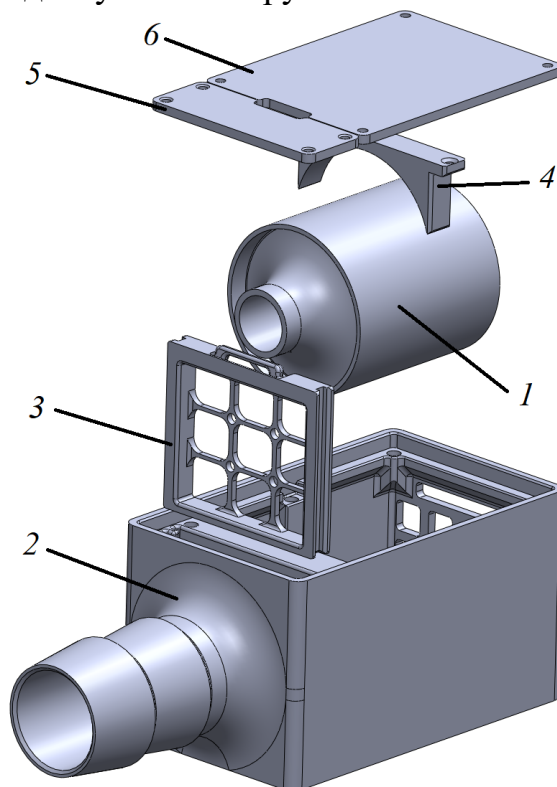


Рисунок 5 – Новый всасывающий механизм

Новый всасывающий механизм имеет большую мощность мотора, а также меньше по габаритам. Сравнение основных параметров всасывающих механизмов в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение параметров всасывающих механизмов

Механизм	Длина мм.	Ширина мм.	Высота мм.	Масса Кг.	Напряжение питания В.	Мощность Вт
Старый	292	205	159	2.7	36	300
Новый	192	74	69	0.63	25	500

Заключение

Проводя тестирования робота-уборщика, обнаружены недостатки, связанные с очисткой помещения. Изменен размер щетки для забора мусора и добавлена ворсовая вставка для сбора более мелкого мусора. Выбран новый тип мотора для всасывающего механизма. А также создан новый корпус. Для считывания угла поворота колес принято решения использовать отдельный датчик, расположенный вне мотор-колеса. Выбран тип датчика и разработано крепление на механической подвеске робота. А также подготовлен макет для создания наклейки с равноудаленными друг от друга прорезями для считывания угла поворота мотор-колеса.

Список источников

1. Тенденции развития мобильных роботов [Электронный ресурс] URL: <https://controleng.ru/innovatsii/robototekhnika/tendencii-razvitiya-mobilnyh-robotov/>
2. Рынок промышленных роботов в мире и России [Электронный ресурс] URL: <https://roscongress.org/materials/rynok-promyshlennykh-robotov-v-mire-i-rossii-demografiya-diktuet-spros/>
3. Курочкин И.П. Мобильный автономный робот уборщик зернохранилища / И. П. Курочкин // В мире научных открытий: Материалы VII Международной студенческой научной конференции, Ульяновск, 14–15 марта 2023 года / Редколлегия: Богданов И.И. [и др.]. Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2023. С. 2175-2178
4. Система всасывающего механизма мобильного автономного робота уборщика зернохранилища / И.П. Курочкин, А.В. Ключиков, Ю.Н. Грепечук, А. Ю. Моршнева // Аграрные конференции. 2022. № 2(32). С. 6-10.
5. Курочкин И.П. Разработка аппаратной части промышленного робота уборщика зернохранилищ / И.П. Курочкин, А.В. Ключиков, Е.Д. Воробьев // Проблемы и перспективы цифровизации агропромышленного комплекса : Материалы Международной научно-практической конференции, Саратов, 07 де-

кабря 2023 года. Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, 2023. С. 70-75.

6. Курочкин И.П. Конструкция мобильного автономного робота уборщика зернохранилищ / И.П. Курочкин, А.В. Ключиков // Фундаментальные основы механики. 2023. № 11. С. 76-79.

©Курочкин И.П., Ключиков А.В., Самохин Н.Е., 2024

Научная статья
УДК 631.15:004.4

Юлия Владимировна Лажауникас

*Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии
и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ В УПРАВЛЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Аннотация. Рассмотрена область и перспективы применения современных цифровых технологий в управлении сельскохозяйственным предприятием. Даны рекомендации по выбору оптимальных цифровых инструментов. Сделан вывод, что цифровизация агропромышленного комплекса может улучшить его конкурентоспособность и устойчивость на мировом рынке, однако требуются инвестиции в технологии, образование и инфраструктуру.

Ключевые слова: цифровизация, цифровой инструмент, программное обеспечение, агропромышленный комплекс, сельскохозяйственное предприятие

Julia Vl. Lazhauninkas

*Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after
N.I. Vavilov, Saratov, Russia*

THE USE OF DIGITAL TOOLS IN THE MANAGEMENT OF AN AGRICULTURAL ENTERPRISE

Abstract. The article examines the scope and prospects of the application of modern digital technologies in the management of an agricultural enterprise. Recommendations on the choice of optimal digital tools are given. Digitalization of the agro-industrial complex can significantly improve its competitiveness and sustainability in the global market, but it requires investments in technology, education and infrastructure.

Keywords: digitalization, digital tool, software, agro-industrial complex, agricultural enterprise

Управление сельскохозяйственным предприятием – задача, требующая точного планирования и мониторинга, учитывая множество аспектов. В связи с активным развитием цифровизации, а также для повышения эффективности и улучшения управления, используется специализированное программное обеспечение. Цифровые инструменты становятся частью управления ресурсами сельскохозяйственных предприятий. Их применение увеличивает эффективность процессов и способствует рациональному использованию ресурсов.

Основными аспектами и преимуществами использования цифровых решений являются:

1. Системы управления хозяйством (FMS). Эти платформы интегрируют данные об аспектах производства: от планирования посевов до учета затрат. FMS используются при планировании и координации работ, а также в мониторинге прогресса.

2. Датчики и IoT-устройства. Установленные на полях датчики могут отслеживать параметры окружающей среды, такие как температура, влажность и уровень pH. Эти данные помогают оптимизировать полив, удобрения и защиту растений.

3. Геоинформационные системы (ГИС) позволяют анализировать пространственные данные и визуализировать результаты на картах. Используя ГИС можно определить места для посадки, оценить состояние почвы и реализовать точное земледелие.

4. Программное обеспечение для управления затратами способствуют контролю затрат на материалы, рабочую силу и ресурсы. Это позволяет своевременно выявлять проблемы и оптимизировать бюджет.

5. Платформы для мониторинга урожайности. Используя данные об урожайности на участках поля, фермеры могут адаптировать свои стратегии, улучшая качество продукции и повышая общую эффективность.

6. Облачные технологии обеспечивают доступ к данным в режиме реального времени, что позволяет принимать решения на основе актуальной информации, независимо от местоположения.

7. Мобильные приложения предоставляют фермерам возможность получать нужную информацию и управлять процессами в реальном времени — от записи данных до получения рекомендаций по агрономии.

8. Аналитика и прогнозирование исторических данных и текущих трендов способствует планированию ресурсов и снижению рисков.

Рассмотрим аспекты, рекомендуемые для анализа при выборе языка программирования и стека технологий:

1. Определение потребностей. Сначала следует проанализировать текущие процессы и выявить, какие задачи требуют автоматизации или оптимизации. Далее определить ключевые функции: учет урожая, управление запасами, планирование поливов, мониторинг здоровья животных.

2. Ознакомьтесь с существующими решениями на рынке. Для разных сегментов сельского хозяйства существуют специализированные программы.

3. Проведите проверку функционала выбранного программного обеспечения. Убедитесь, что выбранное ПО предлагает необходимые вам функции.

4. Оцените интерфейс программы. Он должен быть интуитивно понятным и удобным для пользователей. Проверьте наличие обучающих материалов и поддержки, чтобы облегчить процесс внедрения.

5. Масштабирование цифровых инструментов необходимо для долгосрочного использования. Убедитесь, что в приобретаемом ПО существует возможность расширения существующих функций и добавления новых.

6. Обратите внимание на меры безопасности от поставщика программного обеспечения. Защита данных и резервное копирование должны быть в приоритете.

7. Сравните стоимость различных цифровых решений. Учтите первоначальные затраты на покупку и возможные скрытые расходы, такие как: обновления, обучение пользователей и техническая поддержка.

8. Если возможно, воспользуйтесь пробной версией ПО. Это позволит оценить его функционал перед покупкой.

9. Оцените меры поддержки, предлагаемые разработчиком, а также частоту выхода обновлений. Регулярные обновления важны для обеспечения безопасности и добавления новых функций.

10. Проверьте, можно ли интегрировать выбранное ПО с другими используемыми системами (бухгалтерские программы или системы мониторинга).

Следуя этим рекомендациям, можно выбрать программное обеспечение, соответствующее потребностям сельскохозяйственного предприятия и способствовать его эффективному управлению. Внедрение цифровых инструментов в управление сельскохозяйственным предприятием повышает его конкурентоспособность и способствует устойчивому развитию сельского хозяйства, уменьшая нагрузку на окружающую среду и улучшая продовольственную безопасность.

Список источников

1. Ивойлова И.В. Инновации в сельском хозяйстве: цифровизация / И.В. Ивойлова // Экономика и бизнес: теория и практика. 2022. № 2 (84). С. 58-62.

2. Коротких Ю.С. Цифровые технологии в АПК как способ повышения эффективности деятельности сельхозорганизаций / Ю.С. Коротких, К.Л. Тюгай // Экономика сельского хозяйства России. 2022. № 6. С. 33-37.

3. Лажауникас Ю.В. Разработки в области робототехники для АПК / Ю.В. Лажауникас, А.Л. Горш // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы. Материалы Международной научно-практической конференции. Саранск, 2023. С. 18-21.

4. Литвина Н.И. Цифровизация сельского хозяйства / Н.И. Литвина, М.В. Черкашов, Н.В. Савичкина // Бизнес. Образование. Право. 2023. № 2 (63). С. 174-180.

5. Мурина Э.В. Цифровая трансформация бухгалтерского учета предприятий агропромышленного комплекса / Э.В. Мурина, Г.Я. Остаев, Г.Р. Алборов, Е.Я. Сефектияров // Бухучет в сельском хозяйстве. 2024. № 4. С. 234-242.

6. Незамова О.А. Цифровизация как основной тренд развития сельского хозяйства / О.А. Незамова, А.А. Ступина, Ю.А. Оленцова // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2022. Т. 11. № 2 (39). С. 72-76.

©Лажауникас Ю.В., 2024

Научная статья
УДК 004.03

Леона Сергеевна Цагарейшвили

*Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии
и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия*

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ЭКОНОМИКИ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОСТРОЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО ОБЩЕСТВА

Аннотация. Рассмотрено использование цифровых технологий для оптимизации общественно-экономических отношений и повышения эффективности организаций. Отмечены элементы, которые позволяют выстроить устойчивые общественные системы. Проведён анализ элементов, оцифрованных в рамках цифровой трансформации. Рассмотрены технологии, связанные с процессом цифровизации на различных этапах.

Ключевые слова: оптимизация, цифровизация, процессная аналитика, цифровая трансформация, саморегуляция, бизнес-аналитика

Leona S. Tsagareishvili

*Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after
N.I. Vavilov, Saratov, Russia*

DIGITALIZATION OF THE ECONOMY AS A TOOL FOR BUILDING A SUSTAINABLE SOCIETY

Abstract. This article examines the use of digital technologies to optimize socio-economic relations and improve organizational efficiency. It highlights elements that contribute to building resilient social systems. An analysis is conducted of the elements that should be digitized as part of digital transformation. The technologies associated with the digitization process at various stages are also considered.

Keywords: optimization, digitalization, process analytics, digital transformation, self-regulation, business analytics

Введение

Общество как часть природы является саморегулирующейся системой. Изменчивость различных характеристик подчиняется нормальному распределению, а всё возникающее движение зависит от движения ресурсов [1]. Продолжая борьбу жизни за ресурсы, общество выстраивает различные взаимоотношения и способы получения ресурсов для того, чтобы удовлетворить потребности членов этого общества. Человеческое общение представляет собой взаимодействие отдельных организмов, которым необходимо получать ресурсы для продолжения своей жизнедеятельности, ведь только постоянно используя приток свободной энергии, система может непрерывно обновляться и этим тормозить свое нисхождение в состояние термодинамического равновесия, которое Эрвин Шредингер назвал состоянием смерти [2].

Капиталистические отношения являются примером саморегуляции, так как отражают реальные потребности людей (пользу), выраженные в спросе. Таким образом, рыночные отношения позволяют выстроить баланс между пользой и вознаграждением и регулируют, куда люди будут направлять свои силы, на производство каких товаров и услуг, показывая заинтересованность остальных в денежном эквиваленте.

Стоит учитывать, что понятие пользы в данном случае относительно, так как не всегда связано с реальной пользой для сохранения эффективности жизнедеятельности (организма), ведь уровень эффективного выстраивания отношения с окружающим миром с целью извлечения пользы напрямую зависит от степени организованности организма и его мышления, а также прогресса общества в интеллектуальном развитии. Для примера можно сравнить возрастающий с прогрессом коэффициент полезного действия двигателей или изобретение лекарств как способа использования объектов окружающего мира для сохранения работоспособности систем организма. Как ситуацию, когда спрос не связан с пользой, можно рассмотреть распространение эстетического действия – «моды». Отсутствие прямой пользы для организма у моды как явления можно отметить, наблюдая за возникновением традиций у высших приматов – например, тренда у шимпанзе из Замбии носить травинку в ухе [3].

Вознаграждение за удовлетворение потребности (производство товара или услуги) можно рассматривать как эквивалент сложности действия, включающую два элемента: зона ответственности и уникальность. Об этом говорит распространенное в бизнес-среде утверждение о том, что высшей степенью развития специалиста является две позиции: тимлида (от англ. teamlead или teamleader – руководитель команды), означающую большую зону ответственности, и эксперта, обладающего уникальным знанием.

Каждый сотрудник обладает своей зоной ответственности, но взаимодействие с ним может происходить и в зоне интересов. Зона интересов – это то, что не входит в прямые обязанности, но в перспективе может принести выгоду человеку (не только материальную). Запросы вне зоны ответственности и интересов трактуются людьми как просьбы, надоедливая реклама, навязчивые промо-

утеры с листовками – всё то, что мозг отмечает как «не приносящее выгоду», если его не убедили в обратном.

Говоря о выгоде, можно отметить, что выгода, получаемая компаниями, аналогична выгоде, получаемой организмами. В обоих случаях есть затраты (поиск, добыча ресурсов) и есть выгода – ресурсы, которые распределяются между частями системы. Эффективность добычи ресурсов зависит от оптимизации организации системы, как в живой природе и в обществе людей (нации), так и у организаций, которые формируют это общество (государство).

Построение устойчивого общества, вероятно, зависит от двух факторов: наличия эффективных информационных каналов (например, в устойчивых экосистемах леса, где корни деревьев и мицелий грибов создает информационную паутину, перенаправляя ресурсы [4]) и отказоустойчивости элементов системы. Принципом построения отказоустойчивых систем является создание систем, действующих по принципу отрицательной обратной связи, избыточность которых, может приводить к саморегуляции[5].

Цель работы – анализ возможностей внедрения цифровизации на всех уровнях организации производства для создания устойчивой экономической системы.

Результаты исследований

Первым этапом любого взаимодействия организации с клиентом или пользователем является его привлечение. Цифровизация в данном контексте значительно повысила возможности привлечения клиентов, создав сеть, позволяющую мгновенно доносить информацию и актуализировать её. Для того, чтобы это понять, можно сравнить организацию, ведущую активный маркетинг в социальных сетях с организацией, не занесенной на электронные карты (поисково-информационные картографические службы, например, «Яндекс Карты»). Ведь в место, куда не добрались «нервы цифровизации», поток ресурсов (клиентов) направляется значительно медленнее, вскоре организация начнёт испытывать ишемию и при условии конкуренции – будет неспособна её выдержать (прекратит своё существование). Таким образом, первым элементом, подвергнутым цифровизации можно рассматривать – взаимодействие организации с потенциальными клиентами и их привлечение, создание «информационной копии» организации в цифровом пространстве.

Следующим этапом взаимодействия организации с пользователем является оказание услуги (предоставление товара). И примером использования обратной связи для организации оптимизации производства является новое направление в аналитике данных – «Процессная аналитика», использование AI в процессной аналитике – средство создания частично саморегулирующейся системы, инструмент автоматизации.

Процессная аналитика – совокупность методов и инструментов отслеживания, исследования и совершенствования процессов в информационных си-

стемах или реально протекающих бизнес-процессов предприятия на основании системных данных о выполненных операциях.

К технологиям автоматизации производства можно отнести:

- CRM (Customer Relationship Management) – системы для управления продажами и клиентским сервисом;
- HRM (HumanCapitalManagement) – системы для автоматизации кадровых служб и управления персоналом;
- ECM (EnterpriseContentManagement) – системы для управления корпоративным цифровым контентом;
- BPM (Business Process Model) – системы для моделирования и управления бизнес-процессами в компании;
- WMS (WarehouseManagementSystem) – системы для управления запасами, складом и ведения складского учёта;
- TMS (TransportationManagementSystem) – системы для управления перевозками, которая помогает бизнесу управлять логистикой;
- ERP (Enterprise Resource Planning) – это группа систем, в которой объединены другие инструменты автоматизации – например, CRM, HRM, ECM, WMS.

К технологиям процессной аналитики можно отнести:

- Дашборды или панель индикаторов (ключевых метрик) – инструмент для визуализации и анализа информации о бизнес-процессах и их эффективности;
- Task Mining (аналитика операций) – это технология, которая собирает данные о действиях сотрудников для анализа и оптимизации бизнес-процессов и операций;
- Process Mining (аналитика процессов) – это технология непрерывного восстановления карт реальных бизнес-процессов на основе данных, хранящихся в информационных системах предприятия. Построенные карты процессов используются для расчёта расширенной аналитики, позволяющей повысить операционную эффективность предприятия, доходность его продуктов или услуг.

Все вышеназванные способы совершенствования эффективности производства не только улучшают оптимизацию его расходов, но и повышают качество предоставляемых услуг. Таким образом, эффективно привлекая через цифровизацию клиента, необходимо реализовать услугу таким образом, чтобы он вернулся снова.

Примером, который определяет динамику создания устойчивых и оптимизированных общественных систем с помощью цифровизации, является то, что клиентами компаний, предоставляющих услуги процессной аналитики являются государственные организации, например, Федеральная налоговая служба (по данным компании Proceaset).

Последним элементом, требующим цифровизации, является – исследование рынка, потребителей и их потребностей. Ведь прибыль и выгоды, которая получает компания, напрямую зависят от актуальности и нужности оказываемых услуг, производимых товаров. Веб-трекинг, маркетинговые исследования

и другие способы дата-майнинга (добычи больших данных) является примерами использования цифровизации для исследования потребителей. Считывать параметры среды и приспосабливаться – стратегия, которую подсказывает сама жизнь.

Заключение

Итогом цифровизации экономики и составляющих её организаций может стать оптимизация расходов и повышение устойчивости производства и потребления в обществе, и построение устойчивой экосистемы государства.

Список источников

1. Гудкова Л.К. Изменчивость как понятие и как основное содержание физиологической (экологической) антропологии. Часть I // Вестник Московского университета. Серия 23. Антропология. 2013. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izmenchivost-kak-ponyatie-i-kak-osnovnoe-soderzhanie-fiziologicheskoy-ekologicheskoy-antropologii-chast-i>(дата обращения: 03.12.2024).
2. Что такое жизнь? Физический аспект живой клетки. Москва - Ижевск: НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика". 2002. 92 с.
3. Van Leeuwen, E.J.C., Cronin, K.A. & Haun, D.B.M. A group-specific arbitrary tradition in chimpanzees (*Pan troglodytes*). *AnimCogn* 17, 1421–1425 (2014). <https://doi.org/10.1007/s10071-014-0766-8>
4. Simard, S.W. Mycorrhizal Networks Facilitate Tree Communication, Learning, and Memory. In: Baluska, F., Gagliano, M., Witzany, G. (eds) *Memory and Learning in Plants. Signaling and Communication in Plants*. Springer, Cham. 2018.
5. Цагареишвили, Л.С. Цифровизация как способ оптимизации процессов производства через выстраивание отрицательной обратной связи / Л.С. Цагареишвили, М.Р. Цагареишвили, А.В. Ключиков // Проблемы и перспективы цифровизации агропромышленного комплекса: Материалы Международной научно-практической конференции, Саратов, 07 декабря 2023 года. Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, 2023. С. 111-115.

©Цагареишвили Л.С., 2024

Научная статья
УДК 004.041

Денис Константинович Липилин, Владимир Анатольевич Шибайкин
*Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии
и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия*

ВЛИЯНИЕ БОЛЬШИХ ДАННЫХ НА ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ЕГО РАЗВИТИЕ

Аннотация. Изучено влияние больших данных на искусственный интеллект в различных сферах жизни. А также влияние больших данных на скорость и качество развития ИИ.

Ключевые слова: большие данные, развитие искусственного интеллекта, машинное обучение, современные технологии

Denis K. Lipilin, Vladimir An. Shibaykin
*Saratov State University of Genetics, Biotechnology, and Engineering named after
N.I. Vavilov, Saratov, Russia*

BIG DATA RESEARCH ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND ITS DEVELOPMENT

Abstract. The influence of big data on artificial intelligence in various spheres of life has been studied. And also the impact of big data on the speed and quality of AI development.

Keywords: big data, development of artificial intelligence, machine learning, modern technologies

Введение

Большие данные (Big Data) играют ключевую роль в развитии искусственного интеллекта (ИИ) и его улучшении. Влияние больших данных на ИИ можно рассмотреть через несколько ключевых аспектов.

Обучение моделей машинного обучения. Искусственный интеллект, особенно в области машинного обучения (ML), требует больших объемов данных для обучения. Чем больше данных, тем точнее и разнообразнее модель может выявлять закономерности и делать прогнозы. Например, алгоритмы глубокого обучения (deep learning) сильно зависят от больших наборов данных, так как они требуют множества примеров для оптимизации своих параметров. Если данных недостаточно, модель может не достичь высоких результатов [1].

Улучшение качества предсказаний. Когда алгоритмы машинного обучения обучаются на огромных объемах данных, они могут выявить более точные паттерны и связи, которые могут быть неочевидны на меньших наборах. Например, в здравоохранении анализ больших данных может привести к более точным диагностикам заболеваний, предсказаниям возможных осложнений и более персонализированному лечению.

Адаптация и совершенствование алгоритмов. Большие данные помогают ИИ-системам становиться более адаптивными и развиваться со временем. ИИ может продолжать обучаться на новых данных, что позволяет системам обновляться и корректировать свои алгоритмы в реальном времени. Например, в рекомендационных системах (как в Netflix или YouTube) ИИ адаптируется к новым данным, чтобы улучшить качество рекомендаций для пользователей.

Повышение эффективности в различных областях. ИИ с большими данными помогает в решении задач в самых разных областях. В финансовом секторе анализ больших данных позволяет ИИ предсказывать изменения на рынках и минимизировать риски. В логистике и транспорте ИИ помогает оптимизировать маршруты и предсказывать спрос, что значительно повышает эффективность бизнеса.

Развитие новых приложений и технологий. Большие данные создают возможности для разработки новых технологий и приложений в области ИИ. Например, в области автономных автомобилей данные с сенсоров, камер и других устройств используются для обучения машин, которые могут принимать решения в реальном времени, адаптироваться к новым условиям и улучшать безопасность.

Проблемы с этикой и приватностью. С увеличением объемов данных также возникают вызовы в области этики, конфиденциальности и безопасности. Не все данные, особенно персональные, могут быть использованы без нарушения прав человека или законодательства. Важно разрабатывать модели ИИ, которые могут работать с данными этично и с соблюдением законодательства [1].

Устранение ошибок и предвзятости. Большие данные также могут помочь в выявлении и исправлении предвзятости в моделях ИИ. Например, если алгоритм обучения использует разнообразные наборы данных, это может при-

вести к уменьшению риска предвзятых решений, особенно в таких областях, как правосудие и рекрутинг.

Аспекты взаимовлияния искусственного интеллекта и больших данных

Big Data влияют на искусственный интеллект (ИИ) и его развитие в разных аспектах, такие как:

Мощность вычислений и масштабируемость. Для эффективной работы с большими данными необходимы мощные вычислительные ресурсы. В последние годы технологии обработки данных значительно улучшились, что позволило ИИ системам работать с гораздо большими объемами информации. Мощные облачные вычисления, распределенные вычислительные сети и специализированные чипы (например, графические процессоры, используемые для глубокого обучения) позволяют быстро обрабатывать и анализировать огромные массивы данных. Прогресс в вычислительных мощностях непосредственно способствует совершенствованию алгоритмов машинного обучения, которые раньше не могли эффективно работать с такими объемами информации [2].

Проблемы обработки и хранения данных. Одним из ключевых аспектов работы с большими данными является необходимость в эффективных методах их хранения и обработки. Для успешного использования ИИ важно не только собрать большие объемы информации, но и уметь быстро извлекать из них полезные данные. Это требует разработки новых технологий, таких как базы данных NoSQL, распределенные вычисления (например, Apache Hadoop, Apache Spark), а также новых алгоритмов сжатия и анализа данных. Без эффективных методов хранения и обработки данных, ИИ не сможет использовать весь потенциал больших данных. Проблемы хранения и обработки данных также включают обеспечение их безопасности, защиту от утечек и недобросовестного использования [2].

Модели машинного обучения и обработка данных

Искусственный интеллект, особенно в сфере машинного обучения (ML), учится на данных. Проблемы и сложности, с которыми сталкивается ИИ, сильно зависят от качества и количества этих данных.

- **Обучение на больших данных:** алгоритмы машинного обучения (особенно алгоритмы глубокого обучения) требуют очень больших наборов данных для того, чтобы научиться извлекать закономерности, находить корреляции и делать точные прогнозы. Например, для классификации изображений или распознавания речи необходимы миллионы аннотированных примеров.

- **Обработка неструктурированных данных:** большие данные часто включают текст, изображения, видео, аудио и другие формы неструктурированных данных. Современные методы ИИ, такие как нейронные сети и рекуррентные сети, позволяют эффективно работать с такими данными и извлекать из них

полезную информацию, что значительно расширяет области применения ИИ (например, в анализе текстов, в автоматическом переводе или в медицине).

Итеративное улучшение моделей с течением времени

Одной из отличительных черт больших данных является их динамичность: данные продолжают поступать в режиме реального времени, что позволяет ИИ системам улучшаться и адаптироваться. Этот процесс называется онлайн-обучением или обучением с течением времени. Например, системы, использующие рекомендации (например, в Netflix или YouTube), анализируют новые данные и постоянно подстраиваются под изменяющиеся предпочтения пользователей.

- **Адаптивность и самообучение:** ИИ может использовать новые данные для изменения своих параметров или улучшения алгоритмов. В реальном времени он может адаптировать модели в ответ на изменяющиеся условия. Например, автономные автомобили могут улучшать свою способность к распознаванию объектов, дорожных знаков и других особенностей окружающей среды на основе новых данных с сенсоров.

- **Постоянная оптимизация:** В онлайн-обучении важен процесс постоянной оптимизации, когда ИИ непрерывно совершенствуется, что позволяет улучшать предсказания или рекомендации в любой момент времени.

Расширение областей применения ИИ

Большие данные открывают новые возможности для использования ИИ в самых разных сферах. Рассмотрим несколько примеров:

- **Здравоохранение:** с помощью больших данных ИИ может анализировать огромные объемы медицинской информации, такие как геномные данные, результаты анализов, изображения (например, рентгеновские снимки или МРТ), и на основе этого делать точные прогнозы заболеваний, предсказывать успех лечения или даже разрабатывать новые лекарства. Большие данные из медицинских исследований позволяют ускорить процессы разработки лекарств и улучшить точность диагностики.

- **Финансы:** с финансами ИИ анализирует большие объемы транзакционных данных для выявления мошенничества, прогнозирования финансовых рисков, анализа колебаний на рынках и рекомендаций по инвестициям. ИИ помогает не только в принятии решений, но и в создании алгоритмических торговых систем.

- **Маркетинг и реклама:** рекламные компании могут использовать ИИ для анализа поведения пользователей на сайте, социальных сетях и в других онлайн-средах. Это позволяет разрабатывать персонализированные рекламные предложения и прогнозировать потребности клиентов.

- **Городское управление:** системы ИИ могут использовать данные о движении транспорта, погодных условиях, плотности населения и других факторах

для оптимизации городского планирования, улучшения транспортной инфраструктуры и управления энергоснабжением.

Анализ больших данных и проблемы этики

С увеличением объемов данных появляются и новые проблемы, связанные с их обработкой. Одной из них является этика работы с данными, а именно вопросы конфиденциальности, безопасности и предвзятости данных [2].

- **Конфиденциальность:** важным вопросом является защита персональных данных, особенно в свете новых законов, таких как GDPR (Общий регламент защиты данных) в Европейском Союзе. Нужно учитывать, что многие данные, используемые для обучения ИИ, могут содержать личную информацию, и важно соблюдать этические стандарты и законодательство.

- **Предвзятость в данных:** если данные, используемые для обучения ИИ, содержат предвзятости (например, расовую или гендерную предвзятость), это может привести к созданию дискриминирующих моделей. ИИ может автоматически усваивать такие предвзятости, что станет проблемой для справедливости и объективности решений.

- **Объяснимость ИИ:** современные ИИ-системы, особенно те, что основаны на глубоких нейронных сетях, часто действуют как «черные ящики», то есть их решения трудно интерпретировать. Это ставит под угрозу доверие к таким системам, особенно в критически важных сферах, таких как медицина или право.

Будущее ИИ и технологии Big Data

Будущее искусственного интеллекта, без сомнения, будет связано с большим объемом данных. Ожидается, что с развитием технологий хранения, обработки и анализа данных, ИИ будет становиться всё более точным, эффективным и адаптивным. Кроме того, рост Интернета вещей (IoT), где каждый прибор и устройство генерирует данные, еще больше увеличит объемы данных, с которыми работают ИИ-системы. С развитием ИИ также будет важно учитывать вопросы устойчивости, этичности и безопасности при применении этих технологий в реальной жизни [2].

Заключение

Таким образом, большие данные не только способствуют улучшению существующих технологий ИИ, но и открывают новые горизонты для его применения в различных сферах. Однако важно помнить, что наряду с возможностями, большие данные также требуют внимательного подхода в области этики, конфиденциальности и интерпретации результатов. Большие данные и искусственный интеллект взаимно усиливают друг друга. Большие данные предоставляют необходимую информацию для обучения ИИ, а ИИ, в свою очередь, позволяет более эффективно анализировать и извлекать полезную информацию из этих данных. Однако, чтобы достичь полного потенциала ИИ и больших данных, важно учитывать не только возможности, но и вызовы, такие как конфиденциальность, безопасность и этика.

Список источников

1. Тихонов А.А. Большие данные и глубокое машинное обучение в искусственных нейронных сетях. / Тихонов А.А Красноярский гос. педагогический университет им. В.П. Астафьева, г. Красноярск. 2018.
2. Бажанов В.А Искусственный интеллект, технологии BIGDATA и особенности современного политического процесса // Журнал Высшей школы экономики. 2023. Т. 7, № 3. С. 193-210.

©Липилин Д.К., Шибайкин В.А., 2024

Полина Сергеевна Мишурина, Татьяна Владимировна Пахомова
*Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии
и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия*

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ: ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТЕОСТАНЦИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. Статья посвящена инновационным решениям в сельском хозяйстве, связанным с использованием метеостанций для повышения эффективности производства. Рассматриваются преимущества внедрения современных метеорологических систем мониторинга, которые позволяют аграриям получать точные данные о погодных условиях в реальном времени. Описаны возможности использования этих данных для оптимизации сельскохозяйственных процессов, таких как полив, внесение удобрений и защита растений от неблагоприятных погодных условий.

Ключевые слова: сельское хозяйство, метеостанции, погодные условия, мониторинг, эффективность производства, оптимизация ресурсов, урожайность

Polina S. Mishurina, Tatyana Vl. Pakhomova
*Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after
N.I. Vavilov, Saratov, Russia*

INNOVATIVE SOLUTIONS IN AGRICULTURE: USING WEATHER STATIONS TO INCREASE PRODUCTION EFFICIENCY

Annotation. The article is devoted to innovative solutions in agriculture related to the use of weather stations to increase production efficiency. The advantages of the introduction of modern meteorological monitoring systems, which allow farmers to obtain accurate data on weather conditions in real time, are considered. The possibilities of using these data to optimize agricultural processes such as irrigation, fertilization and plant protection from adverse weather conditions are described

Keywords: agriculture, weather stations, weather conditions, monitoring, production efficiency, resource optimization, yield

Почти полтора столетия назад в нашей стране появился официальный прогноз погоды. Датой начала работы службы погоды в России принято считать 13 января 1872 года. В этот день в Главной геофизической обсерватории Санкт-Петербурга начался регулярный выпуск ежедневных бюллетеней погоды. За прошедшие годы развитие технологий сделало метеосводку более доступной, а сам прогноз намного точнее. Сегодня на помощь синоптикам приходит оборудование нового поколения – цифровые системы радиозондирования атмосферы.

Метеостанция — специальное учреждение, обладающее метеоплощадкой, удовлетворяющей определённым требованиям, на которой установлены стандартные приборы для непрерывных метеорологических измерений (наблюдений за погодой и климатом). Актуальность данного оборудования исходит из-за нестабильности погодных условий, различных метеоусловий прогнозирования и фактическими. Погодные характеристики, переданные метеостанцией – локальны. Автоматическая агрометеостанция определяет параметры температуры воздуха влажности воздуха, температуры почвы влажности почвы, направление, скорость и порывы ветра атмосферное давление, интенсивность и количество осадков количество накопленных осадков сумма активных температур. Специализированное программное обеспечение осуществляет сбор данных с сети собственных метеостанций, которые обрабатываются запатентованными алгоритмами с применением искусственного интеллекта. Помимо объективной картины в реальном времени, Вы получаете краткосрочный (до 4 часов) прогноз погоды высокой степени достоверности. Программное обеспечение определяет сумму активных температур — важный биологический параметр, характеризующий любую культуру. Зная его, точно прогнозируется динамика роста культуры. Большее количество метеостанций увеличивает точность прогноза. В отличие от информации общей доступности, прогноз, где источник метеостанция - будет составлен локально и индивидуально. Заранее зная погодные условия, можно точнее спланировать работу, оптимизировать сроки внесения удобрений, средств защиты растений, спланировать сроки и объём поливных работ. Данные действия в совокупности приведут к повышению урожайности [16].

Принцип действия метеостанций КАЙПОС основан на измерении метеорологических параметров первичными измерительными преобразователями (датчиками) с последующим преобразованием в цифровой код и выдачей результатов измерений на устройствах отображения.

Принцип действия датчиков основан:

- при измерении относительной влажности воздуха – на изменении емкости полимерного конденсатора в зависимости от относительной влажности воздуха;
- при измерении температуры воздуха – на зависимости электрического сопротивления платины от температуры окружающей среды;
- при измерении скорости воздушного потока – на преобразовании скорости воздушного потока во вращательное движение вала и измерении параметров его вращения;

- при измерении атмосферного давления – на изменении емкости конденсатора (емкостной преобразователь) в зависимости от изменения атмосферного давления;
- при измерении количества атмосферных осадков – на регистрации количества электрических импульсов в зависимости от опрокидываний челночного механизма;
- при измерении влажности почвы на емкостном методе измерения относительной диэлектрической проницаемости почвы. В основу работы датчиков положено свойство конденсатора изменять свою ёмкость при изменении диэлектрической проницаемости, т.е. при изменении состава диэлектрика - смеси почвы с водой [7-9,13-15].

Конструктивно метеостанции построены по блочному принципу. Метеостанции состоят из основного блока, солнечной панели, блока датчиков, дополнительного и вспомогательного оборудования. Метеостанции выпускаются в двух исполнениях: КаiproMini и Nero, отличающихся количеством измерительных каналов и способом размещения основного блока. Основной блок состоит из преобразователей измерительных (контроллеров) со встроенным микропроцессором, модуля передачи данных, линий связи и вспомогательного оборудования. Блок датчиков состоит из первичных метеорологических параметров (датчиков): датчика температуры и относительной влажности воздуха, датчика скорости воздушного потока (анемометра), осадкомера челночного типа, датчика температуры и влажности почвы, датчика солнечной радиации. Датчики подключаются к основному блоку при помощи линий связи.

Таблица 1- Основные технические характеристики метеостанции КАЙПОС

Характеристика	Значение
Диапазон показаний влажности листа, усл. ед.	0 (сухой) – 20 (влажный)
Диапазон показаний суммарной, рассеянной и отраженной энергетической освещенности (солнечной радиации), Вт/м ²	от 10 до 1600
Электрическое питание от источника постоянного тока (аккумуляторная батарея): -напряжение, В	от 3,6 до 4,1
Потребляемая мощность, Вт, не более	2
Средняя наработка до отказа, ч, не менее	10000
Средний срок службы, лет	5
Габаритные размеры, мм, не более - корпуса метеостанции, (ВхШхГ) - солнечной панели, (ВхШ)	171x121x55 112x84
Масса, кг, не более - корпуса метеостанции - солнечной панели	0,65 0,30
Условия эксплуатации: -температура воздуха, оС; - температура окружающей среды для датчика температуры и влажности почвы, оС; -относительная влажность воздуха, %	от -40 до +60 от -20 до +50 до 100

Модуль передачи данных состоит из различного вспомогательного оборудования необходимого для обеспечения связи между метеостанцией КАЙПОС и удаленными пользователями. Имеют встроенное программное обеспечение «meteo_7d2916c4df78», которое обеспечивает сбор, обработку, проверку состояния и настройку метеостанций КАЙПОС[1-5,10-12].

Метеостанции КАЙПОС передают данные на веб-платформу «Agrokeer», предназначенную для отображения и хранения результатов измерений. Уровень защиты программного обеспечения от непреднамеренных и преднамеренных изменений соответствует уровню «средний» по Р 50.2.077-2014. Влияние ПО учтено при нормировании метрологических характеристик. Таким образом, благодаря новой технике российские синоптики смогут более точно прогнозировать погоду и своевременно предупреждать население о природных и техногенных катастрофах, Использование метеостанций необходимо для мониторинга сельскохозяйственных культур, для передачи данных накопленных температур воздуха, почвы, направления и скорости ветра. Анализ данных сервера при метеостанции позволяет спрогнозировать дальнейший план действий сельскохозяйственных предприятий.

Список источников

1. Логвиненко М.В., Слепцова Л.А., Пахомова Т.В. Искусственный интеллект в сельском хозяйстве // В сборнике: Экономико-математические методы анализа деятельности предприятий АПК. Материалы VIII Международной научно-практической конференции. Саратов, 2024. С. 222-225.

2. Рубцова С.Н., Пахомова Т.В., Слепцова Л.А. Цифровизация: ключ к эффективности в агропромышленном комплексе // В сборнике: Экономико-математические методы анализа деятельности предприятий АПК. Материалы VIII Международной научно-практической конференции. Саратов, 2024. С. 317-319.

3. Пахомова Т.В., Рубцова С.Н., Шарикова И.В., Слепцова Л.А., Ткачев С.И., Кондак В.В., Волощук Л.А. Dashboard - анализ ресурсного потенциала ун-по "Поволжье" на базе цифровой платформы "Агросигнал" Свидетельство о регистрации базы данных RU 2023622783, 15.08.2023. Заявка № 2023622530 от 02.08.2023.

4. Ерзова П.И., Пахомова Т.В., Толстова А.Н., Гавва Е.С.Г., Гусева В.Е., Белов Д.С. Цифровые технологии в АПК // В сборнике: Экономико-математические методы анализа деятельности предприятий АПК. Материалы VII Международной научно-практической конференции, посвященной 110-летию Вавиловского университета. Под редакцией С.И. Ткачева. Саратов, 2023. С. 107-112.

5. Пахомова Т.В., Рубцова С.Н., Слепцова Л.А., Ключиков А.В. Цифровые платформы для сельского хозяйства // В сборнике: Экономико-математические методы анализа деятельности предприятий АПК. Материалы VII Международной научно-практической конференции, посвященной 110-

летию Вавиловского университета . Под редакцией С.И. Ткачева. Саратов, 2023. С. 235-239.

6. Бенедиктов В.В. Системы мониторинга окружающей среды и их применение в сельском хозяйстве. Новосибирск: Наука, 2022. С. 102-118.

7. Петров И.А. Цифровая агрономия: платформификация агробизнеса. М.: МЦНПО, 2020. С. 64-80.

8. Логвиненко М.В. Искусственный интеллект в сельском хозяйстве // Экономико-математические методы анализа деятельности предприятий АПК : Материалы VIII Международной научно-практической конференции, Саратов, 25 апреля 2024 года. Саратов: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова", 2024. С. 222-225.

9. Цифровые технологии в АПК // Экономико-математические методы анализа деятельности предприятий АПК : Материалы VII Международной научно-практической конференции, посвященной 110-летию Вавиловского университета , Саратов, 21 апреля 2023 года / Под редакцией С.И. Ткачева. Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2023. С. 107-112.

10. Цифровые платформы для сельского хозяйства / Т. В. Пахомова, С. Н. Рубцова, Л. А. Слепцова, А. В. Ключиков // Экономико-математические методы анализа деятельности предприятий АПК : Материалы VII Международной научно-практической конференции, посвященной 110-летию Вавиловского университета , Саратов, 21 апреля 2023 года / Под редакцией С.И. Ткачева. Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2023. С. 235-239.

11. Нагоркина А.В. Будущее ветеринарной диагностики с использованием машинного обучения / А.В. Нагоркина, Т.В. Пахомова // Экономико-математические методы анализа деятельности предприятий АПК : Материалы VIII Международной научно-практической конференции, Саратов, 25 апреля 2024 года. Саратов: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова", 2024. С. 268-271.

12. Роль машинного обучения и искусственного интеллекта в анализе данных ветеринарной медицины / А.С. Немтинова, Т.В. Пахомова, Е.В. Бердникова, Л.А. Слепцова // Экономико-математические методы анализа деятельности предприятий АПК : Материалы VIII Международной научно-практической конференции, Саратов, 25 апреля 2024 года. Саратов: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова", 2024. С. 272-276.

13. Рубцова С.Н. Цифровизация: ключ к эффективности в агропромышленном комплексе / С.Н. Рубцова, Т.В. Пахомова, Л.А. Слепцова // Экономико-математические методы анализа деятельности предприятий АПК : Материалы VIII Международной научно-практической конференции, Саратов, 25 апреля

2024 года. Саратов: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова", 2024. С. 317-319.

14. Цифровые платформы для сельского хозяйства / Т.В. Пахомова, С. Н. Рубцова, Л.А. Слепцова, А.В. Ключиков // Экономико-математические методы анализа деятельности предприятий АПК : Материалы VII Международной научно-практической конференции, посвященной 110-летию Вавиловского университета, Саратов, 21 апреля 2023 года / Под редакцией С.И. Ткачева. Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2023. С. 235-239.

15. Чебакова Т.В. Цифровизация в Российской экономике и обществе / Т.В. Чебакова, Т.В. Пахомова // Проблемы и перспективы развития АПК: технические и сельскохозяйственные науки : Материалы Региональной научно-технической конференции, посвященной 110-летию Вавиловского университета, Саратов, 13–17 февраля 2023 года. Том Выпуск 1. Саратов: Общество с ограниченной ответственностью "Амирит", 2023. С. 126-130.

16. Перспективные направления цифровизации сельского хозяйства в РФ / С.Н. Рубцова, Т.В. Пахомова, Л.А. Слепцова, А.В. Перетялько // Экономико-математические методы анализа деятельности предприятий АПК : Материалы VII Международной научно-практической конференции, посвященной 110-летию Вавиловского университета Саратов, 21 апреля 2023 года / Под редакцией С.И. Ткачева. Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2023. С. 281-285.

©Мишурина П.С., Пахомова Т.В., 2024

Научная статья
УДК 657.6

Елена Сергеевна Мордвинова

*Саратовский государственный технический университет имени Гагарина
Ю.А., г. Саратов, Россия*

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМЫ ВНУТРЕННЕГО КОНТРОЛЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ УПРАВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫМИ ПРОЕКТАМИ

Аннотация. Рассмотрена тема функционирования системы внутреннего контроля, как фактора повышения эффективности управления проектами в сфере строительства. Выделены основные элементы системы внутреннего контроля. Определены процедуры системы внутреннего контроля, оказывающие влияние на снижение уровня риска и повышение эффективности. Отмечена роль применения системы внутреннего контроля для организации-заказчика и подрядных организаций.

Ключевые слова: система внутреннего контроля, строительный проект, эффективность, отчетность, финансовое положение

Elena S. Mordvinova

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russia

THE IMPACT OF THE INTERNAL CONTROL SYSTEM ON THE EFFECTIVENESS OF CONSTRUCTION PROJECT MANAGE- MENT

Abstract. The article is devoted to the topical topic of the functioning of the internal control system as a factor in improving the efficiency of project management in the construction sector. The main elements of the internal control system are highlighted. The procedures of the internal control system have been identified, which have an impact on reducing the level of risk and increasing efficiency. The role of the application of the internal control system for both the customer organization and contractors is noted.

Keywords. Internal control system, construction project, efficiency, reporting, financial position

Строительные проекты состоят из множества последовательных этапов, возникающих между стройкой и офисом. Системы внутреннего контроля для строительных проектов используются для улучшения финансовых показателей, контроля соблюдения проектным группам правил и норм. Система внутреннего контроля для строительных проектов и хозяйствующих субъектов формируется на основании базовых элементов (рис. 1)[1].

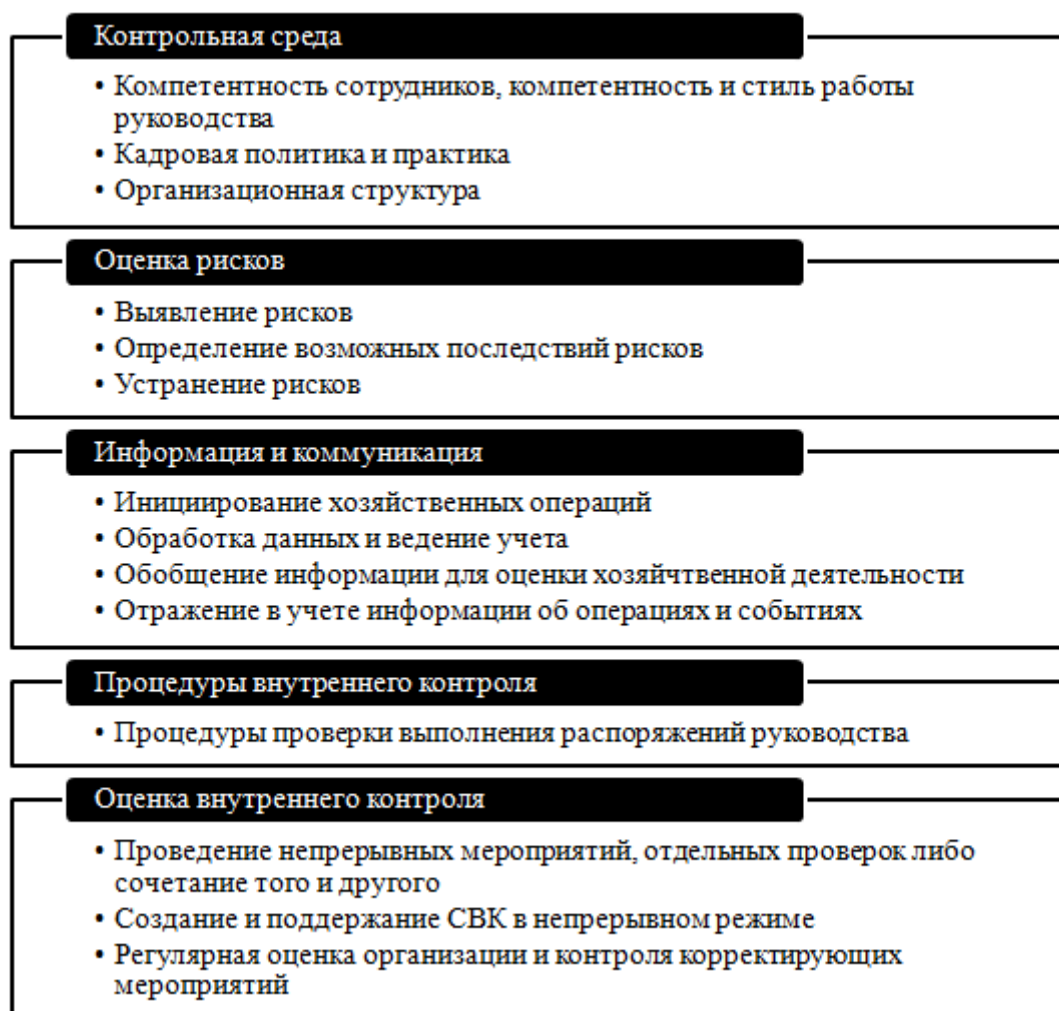


Рисунок 1 – Основные элементы системы внутреннего контроля

Когда есть четкое определение процессов и процедур, сотрудники знают, за что они несут ответственность. В результате каждый счет, платеж и решение документируются и хранятся там, где они должны быть. Преимущество заключается в каскадном эффекте, когда гарантируется, что каждый имеет информацию, необходимую для принятия своевременных и часто последовательных решений.

Контроль должен быть установлен в переломные моменты на всех этапах проекта, от первоначальной оценки до окончательной приемки. Но именно в период между тендером и закрытием сделки внутренний контроль может улучшить проект или привести к его разрушению. Неправильно разработанные или неверно внедренные средства контроля могут привести к несогласованным

процессам, неравномерному денежному потоку и некачественной документации. Финансовые «красные флажки» могут быть упущены, а решения приняты без надлежащего разрешения, что способствует созданию риска судебного разбирательства.

И наоборот, четко определенные процессы и процедуры, основанные на передовом опыте внутреннего контроля, могут укрепить партнерские отношения между руководителями проектов и бухгалтерией. В результате эти две функции могут работать совместно для снижения рисков, улучшения финансовых показателей и поддержки общего успеха проекта [2].

Система внутреннего контроля также может способствовать предсказуемому денежному потоку. Внутренний контроль над выставлением счетов и взысканием платежей необходимо для предотвращения мошенничества и поддержания устойчивого денежного потока. При правильной структуре они предоставляют руководителям проектов информацию о финансовом положении проекта.

Чтобы создать своевременный цикл выставления счетов, процедуры должны гарантировать, что следующие условия договора будут задокументированы во внешнем интерфейсе:

- сроки выставления счетов;
- общая сумма договора, подлежащая выставлению счета;
- допускает ли договор раннее выставление счетов за материалы или другие первоначальные затраты;
- положения о хранении;
- наличие бонусных предложений.

Дополнительные элементы управления должны подтверждать, что выставление счетов выполнено в соответствии с условиями договора. До истечения срока действия договора руководитель проекта должен составить и подписать счет, убедившись, что затраты отражают выполненную работу. Счет-фактура и акт выполненных работ должны храниться для внутреннего учета. В случаях, когда выставленная сумма превышает заранее определенные пороговые значения, выставление счетов и связанные с ними сведения должны быть утверждены руководством. Подрядчики должны установить процессы выставления счетов и убедиться, что они соблюдаются на каждом этапе. Недостатки в методах и процедурах выставления счетов могут привести к долгосрочным проблемам [3].

Система внутреннего контроля информирует подрядчика о происходящих финансовых событиях. Каждый подрядчик хочет осуществить свои проекты в рамках бюджета. Контроль над признанием выручки позволяет руководителям проектов и бухгалтерскому отделу внимательно следить за финансовыми показателями и бюджетными целями. Таким образом, понесенные затраты, стоимость договора, предполагаемая прибыль и остатки по проекту должны обновляться на постоянной основе. Оставаясь актуальными, можно своевременно вносить корректировки в завышенные или заниженные счета. Преиму-

щественно решить проблему потенциального перерасхода средств или финансового дефицита на начальном этапе.

Финансовые процедуры должны предусматривать ежемесячный пересмотр следующих пунктов:

- банковские выверки;
- сроки погашения дебиторской задолженности по работам;
- сроки погашения кредиторской задолженности по поставщикам;
- график выполнения работ (сверка выручки и себестоимости выручки с начала года с отчетом о прибылях и убытках, а также выверка счетов с балансом).

После рассмотрения и утверждения руководством бухгалтерия должна закрыть месяц, чтобы убедиться, что никакие затраты не будут учтены в неправильный период.

Система внутреннего контроля обеспечивает «прозрачность» результатов проекта. При установлении и соблюдении эффективного контроля за выставлением счетов и доходами руководители проектов получают представление о производительности проекта в режиме реального времени. Также система внутреннего контроля формирует повестку дня коммуникации и принятия решений в проектной группе. [4]

Проектная группа должна собираться с определенной периодичностью для рассмотрения и обсуждения вопросов:

- отчеты о ходе выполнения работ, показывающие первоначальную стоимость договора, подписанные заказы на изменение, статус неподписанных заказов на изменение, предполагаемую стоимость на текущий момент, остаток сверх- или ниже выставленного счета и процент выполнения;
- заметки руководителя проекта о проблемах с работой и потенциальных проблемах, связанных с предполагаемым завершением;
- неоплаченные счета, с акцентом на счета, которые превышают 60 дней.

Необходимо постоянно проводить сравнение бюджета с фактическими данными. Чем раньше выявлены необоснованные затраты или потенциальный перерасход, тем быстрее проектная группа сможет внести изменения в подход. Анализ категорий бюджета и общего хода выполнения работ позволяет дать точную оценку валовой прибыли и выявить области для потенциальных изменений в заказе.

Структурированный внутренний контроль является самоусиливающимся. Поддержание регулярного цикла выставления счетов и обеспечение точной сверки доходов используется для сравнения бюджета с фактическим положением. Также обязательный регулярный пересмотр цифр позволяет выявить проблемы на ранней стадии, чтобы при необходимости можно было скорректировать счета, планы проекта и результаты.

Список источников

1. Информации Минфина России № П-311/2013 «Организация и осуществление экономическим субъектом внутреннего контроля совершаемых фактов хозяйственной жизни, ведения бухгалтерского учета и составления бухгалтерской (финансовой) отчетности»
2. Анциферова А.И. Проблемные вопросы системы внутреннего контроля в сфере строительства // Бухгалтер и закон. 2016. №3 (179). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemnye-voprosy-sistemy-vnutrennego-kontrolya-v-sfere-stroitelstva> (дата обращения: 15.06.2024).
3. Корчагина Л.М., Организация системы внутреннего контроля и корпоративного управления рисками в строительных компаниях. Бухучет в строительных организациях. 2022.
4. Парушина Н. В. Аудит: основы аудита, технология и методика проведения аудиторских проверок : учеб. пособие / Н.В. Парушина, Е.А. Кыштымова. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : ИД «ФОРУМ» : ИНФРА-М, 2019. 559 с.

©Мордвинова Е.С., 2024

**Лариса Павловна Падило¹, Валерий Александрович Агольцов¹,
Дмитрий Васильевич Подшибякин²**

¹*Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии
и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия*

²*ООО «Научно-исследовательский институт технологий органической,
неорганической химии и биотехнологий», г. Саратов, Россия*

ПРИМЕНЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СТАТИСТИКИ И ГЕОПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА ПРИ АНАЛИЗЕ РИСКА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТРАНСГРАНИЧНЫХ БОЛЕЗНЕЙ ЖИВОТНЫХ

Аннотация. Рассмотрено применение геоинформационных технологий и методов вычислительной статистики для оценки риска распространения трансграничных болезней животных. Описана методика изучения воздействия факторов окружающей среды различного происхождения на возбудителя заразного узелкового дерматита крупного рогатого скота и оценка риска его распространения.

Ключевые слова: геопространственный анализ, обобщённая линейная регрессия, метод максимальной энтропии, распространение видов, трансграничные болезни, заразный узелковый дерматит крупного рогатого скота, факторы окружающей среды, агроэкология, животноводство

Larisa P. Padilo¹, Valery Al. Agoltsov¹, Dmitry V. Podshibyakin²

¹*Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia*

²*Scientific Research Institute of Organic and Inorganic Chemistry Technologies and Biotechnology LLC, Saratov, Russia*

APPLICATION COMPUTATIONAL STATISTICS AND GEOSPATIAL ANALYSIS TO SPREAD RISK ASSESS OF TRANSBOUNDARY ANIMAL DISEASES

Abstract. This article discusses the use of geoinformation technologies and computational statistics methods to assess the risk of spreading transboundary animal diseases. This study describes a method for studying the impact of environmental factors of various origins on the pathogen of lumpy skin disease and assessing its spread risk.

Keywords: geospatial analysis, generalized linear regression, maximum entropy, species distribution, transboundary diseases, lumpy skin disease, environmental factors, agroecology, animal husbandry

Введение

Трансграничными болезнями животных называют заболевания, имеющие важное экономическое значение для значительного числа стран, способные к быстрому распространению на территории многих государств, невзирая на границы, вплоть до достижения масштабов эпизоотии, в отношении которых требуются усиленные меры контроля [1]. Примером трансграничных инфекций может служить заразный узелковый дерматит крупного рогатого скота (ЗУД КРС). ЗУД КРС является вирусной болезнью, вызывающей лихорадку, поражение глаз, слизистых оболочек и кожи с образованием специфических узелков – нодул. Несмотря на относительно невысокую летальность, она наносит серьёзный экономический ущерб из-за масштабов своего распространения, снижения продуктивности скота, затрат на вакцинацию и поражения больных животных вторичными инфекциями [2]. Распространению возбудителя ЗУД КРС могут способствовать как природные, так и антропогенные факторы окружающей среды. На большие дистанции вирус распространяется при перемещении заражённых животных и вирусоносителей, также могут возникать новые очаги инфекции при использовании некачественных живых вакцин. На короткие расстояния возбудитель может распространяться кровососущими насекомыми и клещами местной фауны. Последнее обстоятельство является особенно важным, поскольку таким образом создаётся риск длительного сохранения вируса на неблагополучной территории и дальнейшего его распространения [3; 4].

Материалы и методы

Пространственно-временной анализ количественного риска возникновения вспышек трансграничных болезней включает в себя картографирование распространения возбудителя (определение его нозоареала) и последующее построение статистически значимой модели занимаемой им на территориях экологической ниши. На основе построенной модели осуществляется прогноз риска. Для этого формируется перечень факторов окружающей среды, существующих на той части территории нозоареала, где зарегистрировано наибольшее количество вспышек заболевания, а также определяются их количественные показатели. Выбор факторов должен быть релевантным для изучаемого возбудителя. В рассматриваемом случае производилась оценка значимости факторов окружающей среды, способных оказывать влияние на распространение вируса ЗУД КРС с переносчиками: климатических показателей, плотности сети водоёмов, высоты над уровнем моря и др. [5; 6; 7]. Поскольку пространственное распределение возбудителей болезней тесно связано с распределением восприимчивых организмов, в состав модели добавлена информация о их численности, в рассматриваемом случае – плотность поголовья крупного рогатого скота (КРС) на 10 км² [8]. А так как пространственное распределение КРС определяется деятельностью человека, в состав модели входит показатель плотности сети автомобильных дорог, отражающей общую экономическую активность на террито-

рии [9]. Данные о вспышках ЗУД КРС получены из открытых источников: Global animal disease information system EMPRES-i Продовольственной и сельскохозяйственной организации и сообщений Информационно-аналитического центра Россельхознадзора <https://fsvps.gov.ru/ru/iac/messages> (дата обращения: 19.11.2024).

Для построения модели использовали данные об эпизоотии и факторах окружающей среды на территориях, где в 2011 – 2020 гг. зарегистрировано наибольшее количество вспышек: Балканский полуостров, Восточное Средиземноморье, территория Юга России и северная часть Нижнего Поволжья.

Картографирование и обработку геопространственной информации осуществляли в геоинформационной системе ESRI ArcGIS Desktop 10.4. Математическое моделирование осуществлялось в два этапа. На первом этапе полученные картографические данные переводили в табличную форму средствами ArcGIS, после чего в программной среде R определялось наличие взаимной корреляции (мультиколлинеарности) между рассматриваемыми факторами окружающей среды. Для этого по общепринятой методике формировали модели обобщённой линейной регрессии с количеством вспышек ЗУД КРС на участках площадью $\approx 25 \text{ км}^2$ в качестве зависимой переменной и значениями факторов окружающей среды на этих участках в качестве независимых переменных. Наличие мультиколлинеарности определялось на основании значения фактора инфляции дисперсии (variance inflation factor, VIF). Факторы со значением $VIF > 10$ исключены из последующей обработки.

Второй этап, непосредственно прогнозирование рисков распространения ЗУД КРС на основе отобранных факторов, осуществляли методом максимальной энтропии с использованием программного обеспечения MaxEnt 3.4.4 согласно инструкции разработчиков. Полученные значения индекса пространственного распределения возбудителя позволяли оценивать риск возникновения вспышки заболевания: показатель 0,5 отражал среднюю степень риска, значения выше и ниже – соответственно, повышенный и пониженный риск. Общее качество модели оценивали по значению площади под кривой ошибок (area under curve, AUC), где значение 1 отражало идеальное качество, а 0,5 – неспособность построенной модели к прогнозированию. Значимость каждого из факторов отдельно вычисляли с использованием методов эвристического и перестановочного анализов, включенных в MaxEnt.

Результаты

В 2011 – 2020 гг. в мире зарегистрировано 3177 вспышек ЗУД КРС, где 2174 вспышки находились на территориях, использованных для моделирования. Первый, предварительный, этап анализа выявил семь статистически значимых факторов, которые использовались при построении прогностической модели.

Таблица 1 – Факторы окружающей среды, прошедшие проверку на статистическую значимость ($VIF < 10$, $p < 0,05$) при предварительном анализе, и их вклад в модель пространственного распределения возбудителя ЗУД КРС, вычисленный в MaxEnt

Фактор окружающей среды	Вклад в прогностическую модель, %
Плотность сети автомобильных дорог (всех типов), м/км ²	6
Плотность сети водоёмов (всех типов), м ² /км ²	33,5
Плотность поголовья КРС, голов/10 км ²	15,6
Преобладающий тип землепокрытия	11,3
Расстояние до ближайших водоёмов (всех типов), км	5
Среднее количество дней с осадками, дней/мес.	14
Средняя температура самого влажного квартала года, °С	14,6

Вклад факторов в прогностическую модель пространственного распределения возбудителя ЗУД КРС рассчитан с использованием эвристического анализа с последующей обработкой перестановочным тестом в MaxEnt 3.4.4.

Количественный характер влияния трёх факторов с наибольшим вкладом в модель представлен в виде кривых на рисунке 1.

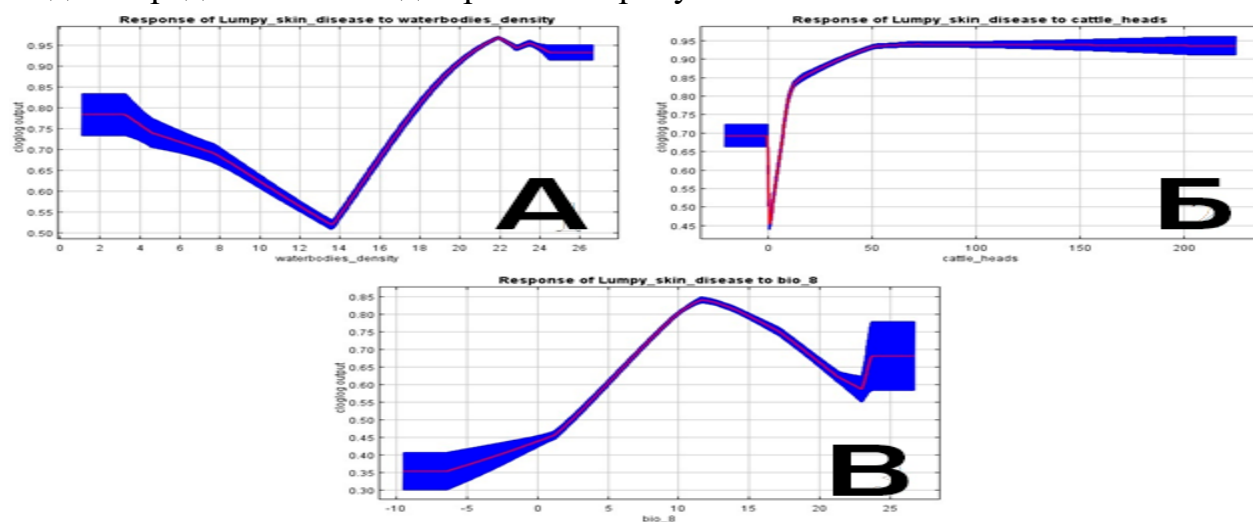


Рисунок 1 – Кривые отклика переменных, вносящих наибольший вклад в модель пространственного распределения возбудителя ЗУД КРС, где: а – плотность сети водоёмов, б – плотность поголовья КРС, в – средняя температура самого влажного квартала года

Кривые демонстрирует, как изменяется индекс пространственного распределения возбудителя при изменении конкретной переменной, при том, что значения остальных переменных остаются на уровне их среднего выборочного значения. На основе рассчитанных значений вклада факторов окружающей среды в прогностическую модель и характер их влияния на пространственное распределение возбудителя визуализируется вероятность его присутствия в пространстве, т.е. вероятность риска возникновения вспышек (рис. 2), где тёмно-синим выделены территории с наименьшей вероятностью возникновения новых

вспышек заболевания, красным – территории с наибольшей вероятностью, а бордовые точки – вспышки ЗУД КРС, зарегистрированные в 2011 – 2020 гг.

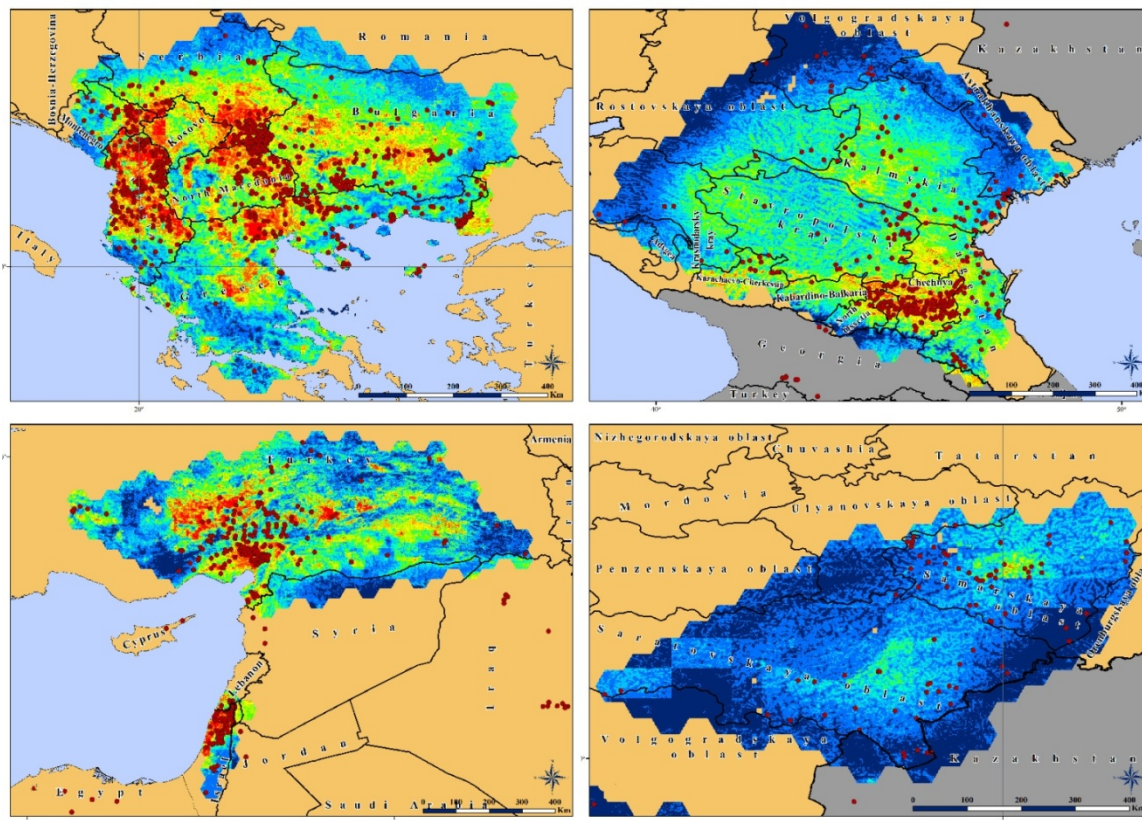


Рисунок 2 – Территориальное распределение вероятности возникновения вспышек ЗУД КРС, визуализированная прогностическая модель

Заключение

В результате исследования выявлено семь факторов окружающей среды, имеющих статистически значимое влияние на распространение заразного узелкового дерматита крупного рогатого скота:

Плотность сети водоёмов, плотность поголовья восприимчивых животных и средняя температура самого влажного квартала года. Наиболее подвержены риску возникновения новых вспышек заболевания территории стран севера Балканского полуострова, восточного побережья Средиземного моря, а также территория Северо-Кавказского федерального округа России. Применение геопространственного анализа в эпизоотологической практике позволяет заранее определить факторы окружающей среды различного происхождения, благоприятствующие распространению трансграничных болезней. Визуализация прогностических моделей выявляет территории наиболее подверженные риску возникновения новых вспышек.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Otte M.J. Transboundary Animal Diseases: Assessment of socio-economic impacts and institutional responses / M.J. Otte, R. Nugent., A. McLeod. – Rome: Food and Agriculture Organization. Livestock Information and Policy Branch, AGAL, 2004. 46 p.
2. Berg C. Scientific opinion on lumpy skin disease / C. Berg, A. Bøtner, H. Browman et al., // EFSA Journal. 2015. V.13. I.1. 73 p.
3. Tuppurainen E., Alexandrov T. and Beltrán-Alcrudo D. Lumpy skin disease field manual – A manual for veterinarians. FAO Animal Production and Health Manual / E. Tuppurainen, T. Alexandrov, D. Beltrán-Alcrudo. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2017. 60 p.
4. Чичкин А.Н. Изучение насекомых отряда Двукрылые (*Diptera*) на наличие генетического материала вируса заразного узелкового дерматита методом ПЦР / А.Н. Чичкин, Л.П. Падило, Д.В. Подшибякин и др. // Ветеринария. 2020. – №7. С. 24-31.
5. Harris I. Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset / I. Harris, T.J. Osborn, Ph. Jones et al. // Scientific Data. 2020. V.7. №109. P. 1-18.
6. Fick S.E. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas / S.E. Fick, R.J. Hijmans // International Journal of Climatology. 2017. V.37. №12. P. 4302-4315.
7. Ouellet Dallaire, C. A multidisciplinary framework to derive global river reach classifications at high spatial resolution / C. Ouellet Dallaire, B. Lehner, R. Sayre et al. // Environmental Research Letters. 2019. V. 14(2). №024003. P. 1-12.
8. Gilbert M. Global distribution data for cattle, buffaloes, horses, sheep, goats, pigs, chickens and ducks in 2010 / M. Gilbert, G. Nicolas, G. Cinardi et al. // Scientific Data. 2018. V.5. – №180227. P. 1-11.
9. Meijer J.R. Global patterns of current and future road infrastructure / J.R. Meijer, M.A.J. Huijbegts, C.G.J. Schotten et al. // Environmental Research Letters. 2018. V.13(6). №064006. P. 1-10.

©Падило Л.П., Агольцов В.А., Подшибякин Д.В., 2024

**Никита Олегович Пахомов, Игорь Павлович Курочкин,
Аркадий Викторович Ключиков, Татьяна Владимировна Пахомова**
*Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии
и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия*

АНАЛИЗ ОГРАНИЧЕНИЙ И ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОНОМНЫХ РОБОТОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОЛЕЙ

Аннотация. Проведен анализ возможностей и ограничений использования автономных роботов в сельском хозяйстве Российской Федерации. Рассматриваются перспективы повышения производительности, уменьшения зависимости от человеческого фактора и внедрения технологий точного земледелия, снижающие экологическую нагрузку и улучшающие использование ресурсов. В числе ограничений выделяются климатические условия, недостаток инфраструктуры и высокая стоимость оборудования, что затрудняет внедрение роботов в российское сельское хозяйство. Предлагаются меры по поддержке роботизации в агропромышленном секторе для преодоления этих препятствий и обеспечения устойчивого развития отрасли.

Ключевые слова: искусственный интеллект, обработка полей, автономные роботы

**Nikita Ol. Pakhomov, Igor P. Kurochkin, Arkady V. Klyuchikov,
Tatyana Vl. Pakhomova**
*Saratov State University of Genetics, Biotechnology, and Engineering named after
N.I. Vavilov, Saratov, Russia*

ANALYSIS OF CONSTRAINTS AND OPPORTUNITIES FOR THE USE OF AUTONOMOUS ROBOTS IN FIELD CULTIVATION

Abstract. The article presents an analysis of the opportunities and constraints associated with the use of autonomous robots in agriculture in the Russian Federation. It examines prospects for improving productivity, reducing reliance on human labor, and implementing precision farming technologies that decrease environmental impact and optimize resource use. Constraints highlighted include climate conditions, lack of infrastructure, and high equipment costs, which hinder the widespread adoption of robots in Russian agriculture. The article proposes measures to support the robotization of the agro-industrial sector to overcome these obstacles and ensure the sustainable development of the industry.

Keywords: artificial intelligence, field cultivation, autonomous robots

Введение

В условиях глобальных вызовов, связанных с изменением климата, ростом населения и необходимостью повышения эффективности производства, сельское хозяйство одна из важнейших отраслей, нуждающихся в инновационных решениях [1]. Одно из таких решений внедрение автономных роботов для обработки полей. Роботизация агропромышленного сектора автоматизирует такие процессы, как посев, сбор урожая, внесение удобрений и уход за растениями [2]. В России интерес к роботизированным технологиям возрастает, и это может стать значительным вкладом в модернизацию и развитие сельского хозяйства [3]. Однако существуют определённые ограничения, сдерживающие применение автономных систем, такие как климатические особенности, недостаток инфраструктуры и высокая стоимость внедрения. В статье рассматриваются основные ограничения и возможности использования автономных роботов для обработки полей в сельском хозяйстве Российской Федерации.

Основная часть

Сельское хозяйство в России характеризуется значительными площадями сельхозугодий и разнообразием климатических зон. Большая часть сельскохозяйственных земель располагается в Центральной России, Сибири и на юге страны, что предъявляет различные требования к оборудованию и технологиям. Автономные роботы и дроны внедряются на крупных агрохолдингах, таких как «ЭкоНива», а также в ряде экспериментальных проектов при участии исследовательских институтов [4, 13-15].

Применение автономных роботов повысит производительность труда в сельском хозяйстве. Роботы могут выполнять операции на полях без остановок и в ночное время. Например, автоматизированные системы могут контролировать и управлять процессом внесения удобрений и обработки растений, обеспечивая равномерное распределение ресурсов, что минимизирует затраты и повысит урожайность [5, 10-12].

Сельское хозяйство, особенно в удалённых и малонаселённых регионах России, сталкивается с проблемой нехватки квалифицированных работников. Автономные роботы сократят трудозатраты, выполняя рутинные и тяжёлые задачи. Роботизация посева, обработка поля, удаление сорняков, сбор урожая повысит эффективность агрохозяйств минимум на треть [6]. Снижение зависимости от человеческого фактора уменьшит риск ошибок и повреждений посевов.

Современные автономные роботы оснащены датчиками и камерами, позволяющими точно оценивать состояние почвы и растений. Это способствует внедрению технологий точного земледелия для контроля расхода воды, удобрений и пестицидов. Например, дроны и наземные роботы могут применять химикаты только на поражённые растения или проблемные участки, что снизит объём применяемых агрохимикатов, уменьшается негативное воздействие на окружающую среду и делает производство более экологически устойчивым [7].

Автономные системы снизят затраты на рабочую силу и расходные материалы. Роботы способствуют более устойчивому ведению сельского хозяйства, что является важным фактором в условиях изменений климата и снижения доступности ресурсов, таких как вода и плодородные почвы. В России применяются автономные технологий в сельском хозяйстве:

Беспилотные летательные аппараты (дроны)

Компания Geoscan разрабатывает дроны для агромониторинга [8]. Устройство анализирует состояние посевов, выявляют проблемные участки, и применяется для планирования внесения удобрений. Аэросканирование полей используется в Краснодарском крае, Ростовской области и других регионах для оценки состояния почв, контроля за вредителями и мониторинга урожайности [9].

Роботы для точного земледелия. Системы точного внесения удобрений и химикатов – это технологии, внедряемые в некоторых агрохозяйствах Подмосковья и Центрального Черноземья [10]. Роботизированные системы обеспечивают равномерное распределение удобрений и минимизацию перерасхода ресурсов. Сельхозроботы «Роботрак» применяются для прополки и обработки почвы.

Эти примеры демонстрируют, что Россия движется к внедрению автономных технологий.

Однако существуют ограничения в использовании автономных роботов для сельского хозяйства России:

Климатические и природные условия. Россия характеризуется разнообразием климатических зон — от тундры на севере до степей и субтропиков на юге. Эксплуатация автономных роботов в суровых климатических условиях сопряжена с трудностями. Например, низкие температуры могут повлиять на работу аккумуляторов и других компонентов роботов. Для работы в таких условиях требуется специализированное оборудование, устойчивое к экстремальным температурам и влажности, что существенно увеличивает стоимость технологий и ограничивает их доступность для среднего и малого бизнеса.

Высокая стоимость оборудования и сложности его обслуживания. Цена на приобретение, установку и обслуживание автономных роботов является дорогостоящей для небольших хозяйств. Кроме первоначальных инвестиций для внедрения требуется разработка и настройка программного обеспечения, а также регулярное техническое обслуживание и обновление оборудования. В том числе необходимо учитывать расходы на обучение персонала, ответственного за эксплуатацию роботов. Затраты на приобретение и обслуживание автономных роботов могут покрыть крупные хозяйства, а окупаемость возможна в долгосрочной перспективе.

Недостаток инфраструктуры для поддержки работы роботов. Для функционирования автономных роботов необходима устойчивая инфраструктура, в том числе доступ к стабильному интернету, беспроводным сетям и системам

навигации (GPS и ГЛОНАСС). В некоторых регионах России, особенно в сельской местности, инфраструктура для высокоскоростной передачи данных является недостаточной. Это препятствует реализации удалённого мониторинга и управления роботизированными системами, что снижает эффективность и безопасность их применения.

Ограниченная нормативно-правовая база. Текущее законодательство в области применения автономных систем в сельском хозяйстве не адаптировано к новым условиям. Отсутствуют чёткие нормативные акты, регулирующие вопросы безопасности, ответственности за технические сбои и сертификацию роботов. Фермерам и производителям автономных систем приходится сталкиваться с правовыми неопределённостями, что может ограничивать использование робототехники, в том числе при интеграции дронов и наземных роботов для масштабных задач.

Недостаток специалистов и знаний для работы с автономной техникой. Применение автономных роботов требует наличия квалифицированных специалистов, способных настраивать и обслуживать оборудование. В России наблюдается дефицит кадров с необходимыми техническими навыками, особенно в сельских районах, где доступ к образовательным и исследовательским ресурсам ограничен. Недостаток подготовки и опыта у местных фермеров и агрономов является препятствием на пути внедрения роботизированных технологий.

Как следствие автономные роботы используются для повышения устойчивости и продуктивности сельского хозяйства в России. Применение роботов может сократить затраты на рабочую силу, минимизировать влияние человеческого фактора и способствовать внедрению принципов точного земледелия. Однако существуют ограничения, препятствующие широкому распространению автономных технологий, в том числе, климатические условия, недостаток инфраструктуры и высокая стоимость оборудования.

Для преодоления этих барьеров необходимы комплексные меры, в том числе поддержку со стороны государства, субсидии на покупку оборудования, разработку нормативной базы и программы обучения специалистов. Только при комплексном подходе Россия сможет эффективно интегрировать автономные технологии в сельское хозяйство и обеспечить устойчивое развитие агропромышленного комплекса в будущем.

Список источников

1. Агротехнологии в России: что стимулирует цифровизацию сельского хозяйства [Электронный ресурс] URL: <https://www.rbc.ru/industries/news/65a66ff09a79478212b6b443>
2. VR, комбайны–роботы и дроны: как инновации спасают сельское хозяйство [Электронный ресурс] URL: <https://habr.com/ru/companies/sberbank/articles/791482/>
3. Рубцова С.Н. Цифровизация: ключ к эффективности в агропромышленном комплексе / С.Н. Рубцова, Т.В. Пахомова, Л.А. Слепцова // Экономико-математические методы анализа деятельности предприятий АПК : Материалы VIII Международной научно-практической конференции, Саратов, 25 апреля 2024 года. Саратов: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова", 2024. С. 317-319.
4. Цифровые платформы для сельского хозяйства / Т.В. Пахомова, С.Н. Рубцова, Л.А. Слепцова, А.В. Ключиков // Экономико-математические методы анализа деятельности предприятий АПК : Материалы VII Международной научно-практической конференции, посвященной 110-летию Вавиловского университета , Саратов, 21 апреля 2023 года / Под редакцией С.И. Ткачева. Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2023. С. 235-239.
5. Логвиненко М.В. Искусственный интеллект в сельском хозяйстве // Экономико-математические методы анализа деятельности предприятий АПК : Материалы VIII Международной научно-практической конференции, Саратов, 25 апреля 2024 года. Саратов: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова", 2024. С. 222-225.
6. Цифровые технологии в АПК // Экономико-математические методы анализа деятельности предприятий АПК : Материалы VII Международной научно-практической конференции, посвященной 110-летию Вавиловского университета , Саратов, 21 апреля 2023 года / Под редакцией С.И. Ткачева. Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2023. С. 107-112.
7. Умный трактор: как роботы меняют сельское хозяйство [Электронный ресурс] URL: <https://www.rbc.ru/opinions/economics/05/10/2023/65167ffa9a79470bbb36a7ee>
8. Применение дронов в сельском хозяйстве [Электронный ресурс] URL: <https://protechniky.ru/interesnoe/primenenie-dronov-v-selskom-hozyajstve>
9. Геоскан 801: квадрокоптер для профессионального видеомониторинга российского производства [Электронный ресурс] URL: <https://www.geoscan.ru/ru/blog/geoscan-801-kvadrokopter-dlya-professionalnogo-videomonitoringa-rossiyskogo-proizvodstva>

10. Мониторинг полей [Электронный ресурс] URL: <https://agrosignal.com/resheniya/monitoring-poley/>
11. Основные технологии точного земледелия для внесения удобрений [Электронный ресурс] URL: <https://rosstip.ru/news/3134-osnovnye-tehnologii-tochnogo-zemledeliya-dlya-vneseniya-udobrenij>
12. Агеева Т.В. Роботизация сельского хозяйства: перспективы и вызовы для России // Экономика сельского хозяйства России. 2020. № 8. С. 42-49.
13. Иванов С.П. Использование автономных роботов в сельском хозяйстве: мировой опыт и Российские реалии // Современные технологии в АПК. 2021. № 2. С. 15-23.
14. Михайлов А.П. Инфраструктурные барьеры и пути их преодоления при использовании автономных роботов в сельском хозяйстве России // Экономика и менеджмент в агропромышленном комплексе. 2022. № 1. С. 28-35.
15. Никифоров В.К., Козлова А.И. Перспективы внедрения робототехники в сельское хозяйство России // Аграрная наука и технологии. 2020. Т. 6, № 3. С. 87-95.

© Пахомов Н.О., Курочкин И.П. Ключиков А.В., Пахомова Т.В., 2024

**Александр Владимирович Розанов¹, Светлана Николаевна Потемкина²,
Валентина Александровна Сарафанова², Полина Сергеевна Пахомова³**

¹*Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия;*

²*Тольяттинский государственный университет, г. Тольятти, Россия;*

³*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия*

ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ ДИСКА НА УПРУГОЙ ПОДЛОЖКЕ

Аннотация. Проведен анализ вынужденных колебаний цилиндрического объекта на изотропной упругой подложке с целью определения амплитуды смещения корпуса электронного компонента, автоматически устанавливаемого на печатную плату. Тройные интегралы, возникающие при решении данной задачи методом преобразования Ханкеля, сведены к интегральному уравнению Фредгольма второго рода, решение которого получено заменой интегрального уравнения конечной суммой линейных алгебраических уравнений. Сопоставление рассчитанных отклонений с нормированными допусками на точность установки дает возможность выбрать оптимальную с точки зрения надежности работы автомата скорость подачи и установки компонентов.

Ключевые слова: вынужденные колебания, теория упругости, метод Ханкеля, тройные интегралы, уравнение Фредгольма, автоматическая установка электронных компонентов

**Alexander V.I. Rozanov¹, Svetlana N. Potemkina², Valentina A.I. Sarafanova²,
Polina S. Pakhomova³**

¹*Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia;*

²*Togliatti State University, Togliatti, Russia;*

³*Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia*

FORCED OSCILLATIONS OF A DISK ON AN ELASTIC SUBSTRATE

Abstract. The analysis of forced oscillations of a cylindrical object on an isotropic elastic substrate was carried out in order to determine the displacement amplitude of the body of an electronic component automatically mounted on a printed circuit board. Triple integrals arising when solving this problem using the Hankel transform method are reduced to the Fredholm integral equation of the second kind, the solution of which is obtained by replacing the integral equation with a finite sum of linear algebraic equations. Comparison of the calculated deviations with the standardized tol-

erances for the installation accuracy makes it possible to select the optimal feed and installation speed of components from the point of view of the reliability of the machine.

Keywords: forced vibrations, elasticity theory, Hankel method, triple integrals, Fredholm equation, automatic installation of electronic components

Введение

При массовом производстве микроэлектронной аппаратуры в настоящее время широко применяются быстродействующие роботизированные станки для автоматической установки на печатные платы многоконтактных компонентов (См. Рисунок 1а).

Точность и надежность позиционирования компонентов перед их установкой на плату зависит от скорости вращения механизма подачи компонентов и упругих свойств элементов конструкции, на которой они удерживаются перед установкой.

Практика показывает, что при очень быстром вращении и резкой остановке механизма подачи, корпус изделия начинает вибрировать в горизонтальной плоскости его контакта с упругой демпфирующей прокладкой. Если при увеличении скорости «набивки» компонентов размах горизонтальных смещений корпуса изделия и, соответственно, его выводов, превышает допустимые пределы, то надежность работы автомата резко снижается, а процент брака непредсказуемо возрастает.

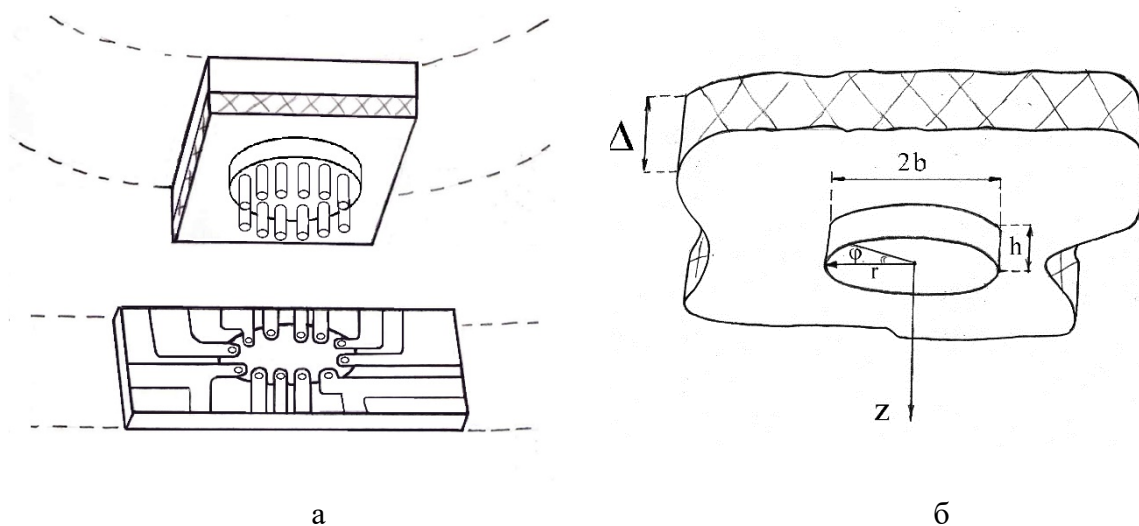


Рисунок 1 – Схема установки изделия на печатную плату (а) и математическая модель, применяемая для анализа вынужденных колебаний цилиндра на упругом основании (б)

В данной статье для оценки уровня смещения устанавливаемых изделий проведено математическое моделирование горизонтальных колебаний цилиндрического корпуса массой M , высота которого h значительно меньше его радиуса b . Цилиндр прижат к упругому слою толщиной Δ . На цилиндр действует горизонтальная возмущающая сила $A \cdot e^{i\omega t}$, где A – амплитудное значение возмущающей силы.

Математическая модель

Введем цилиндрическую систему координат (r, φ, z) , в которой ось z совпадает с осью симметрии цилиндра и перпендикулярна к границе упругого слоя (См. Рисунок 1б).

Компоненты вектора горизонтального перемещения и тензора напряжений $\tau_{z\varphi}$ и τ_{zr} на площади контакта можно представить в следующем виде.

$$u(r, 0, \varphi, t) = V(r, 0, t) \cdot \cos(\varphi) = V_0(r, 0) \cdot \cos(\varphi) \cdot e^{i\omega t}, \quad (1)$$

$$v(r, 0, \varphi, t) = V(r, 0, t) \cdot \sin(\varphi) = V_0(r, 0) \cdot \sin(\varphi) \cdot e^{i\omega t}, \quad (2)$$

$$\tau_{zr}(r, 0, \varphi, t) = R(r, 0, t) \cdot \cos(\varphi) = R_0(r, 0) \cdot \cos(\varphi) \cdot e^{i\omega t}, \quad (3)$$

$$\tau_{z\varphi}(r, 0, \varphi, t) = R(r, 0, t) \cdot \sin(\varphi) = R_0(r, 0) \cdot \sin(\varphi) \cdot e^{i\omega t}. \quad (4)$$

Граничные условия для рассматриваемой динамической контактной задачи при $z = 0$ имеют вид:

$$R(r, 0, t) = 0 \quad (b < r < \infty), \quad (5)$$

$$V(r, 0, t) = V_0(r, 0) \cdot e^{i\omega t} = d \cdot e^{i\omega t}, \quad (0 \leq r < R), \quad (6)$$

$$\tau_{zr}(r, 0, \varphi, t) = \tau_{z\varphi}(r, 0, \varphi, t) = 0, \quad (0 < r < \infty), \quad (7)$$

$$\sigma_z(r, 0, \varphi, t) = 0, \quad (0 < r < \infty), \quad (8)$$

Здесь $\sigma_z(r, 0, \varphi, t)$ – нормальная компонента тензора напряжения, d – комплексная амплитуда горизонтальных колебаний цилиндра.

Предполагается, что поверхность упругого слоя вне площади контакта с цилиндром, свободна от усилий.

Тройные интегральные уравнения

Воспользовавшись частными решениями уравнения движения упругой изотропной среды с граничными условиями (5) – (8) [1], и применяя интегральное преобразование Ханкеля [2], можно определить горизонтальную компоненту вектора перемещения цилиндра:

$$V_0(r, 0) = \frac{k^2}{\mu} \int_0^\infty \frac{\xi^2 \sqrt{\xi^2 - k^2}}{D(\xi)} \bar{R}_0(\xi, 0) \cdot J_0(\xi, r) d\xi, \quad (9)$$

В формуле (9) приняты следующие обозначения:

$$\bar{R}_0(\xi, 0) = \int_0^\infty r \cdot R_0(r, 0) \cdot J_0(\xi, r) dr, \quad k = \omega \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\mu}}, \quad \eta = \sqrt{\frac{\mu}{\lambda + 2\mu}}, \quad (10)$$

$$D(\xi) = (2\xi^2 - k^2)^2 \cdot th(\Delta\sqrt{\xi^2 - k^2}) - 4\xi^2 \sqrt{\xi^2 - k^2} \cdot \sqrt{\xi^2 - \eta^2 k^2} \cdot th(\Delta\sqrt{\xi^2 - \eta^2 k^2}) \quad (11)$$

где λ, μ – упругие постоянные Ламе, ρ – плотность материала упругого слоя, J_0 – функция Бесселя первого рода.

Интеграл в формуле (9) следует рассматривать как контурный с обходом особых точек по дугам малых окружностей, расположенных выше действительной оси ξ . Особые точки являются вещественными корнями уравнения $D(\xi) = 0$.

Удовлетворяя граничным условиям (5) – (8), приходим к тройным интегральным уравнениям вида:

$$\int_0^\infty f(\psi) \cdot J_0(x\psi) d\psi = 0, \quad (x = 0), \quad (12)$$

$$\int_0^\infty \psi^{-1} [1 + p(\psi)] \cdot f(\psi) \cdot J_0(x\psi) d\psi = -2 \cdot (1 - \eta^2) \cdot \mu \cdot d, \quad (0 < x < 1), \quad (13)$$

$$\int_0^\infty f(\psi) \cdot J_0(x\psi) d\psi = 0, \quad (1 < x < \infty), \quad (14)$$

В формулах (12) и (14) введены следующие обозначения:

$$x = \frac{r}{b}, \quad \psi = b \cdot \xi, \quad s = k \cdot b, \quad f(\psi) = \frac{\psi}{b} \bar{R}_0\left(\frac{\psi}{b}, 0\right), \quad \eta = \sqrt{\frac{\mu}{\lambda + 2 \cdot \mu}}, \quad (15)$$

$$p(\psi) = -(1 + 2 \cdot (1 - \eta^2) \cdot \psi \cdot P(\psi)) \quad P(\psi) = \frac{s^2 \sqrt{\psi^2 - s^2}}{D(\psi)}, \quad (16)$$

Путь интегрирования в (12) и (14) совпадает с положительной частью оси ψ . В выражении (13) контур интегрирования проходит на бесконечно малом расстоянии выше действительной оси ψ .

Переход к уравнению Фредгольма

Решение тройных интегральных уравнений (12) – (14) было выполнено методом, предложенным Cooke J.G. в работе [3]. Этот метод позволяет свести тройные интегральные уравнения к одному интегральному уравнению Фредгольма второго рода.

С этой целью положим

$$f(\psi) = -\frac{4 \cdot (1 - \eta^2) \cdot \mu \cdot d}{\pi} \cdot \psi \cdot \int_0^\infty G(x) \cdot \cos(\psi x) dx, \quad (17)$$

Здесь

$$g(x) = \begin{cases} G(x), & \varsigma < x < 1, \\ 0, & 0 < x < \varsigma, \quad 1 < x < \infty \end{cases} \quad (18)$$

Тройные интегральные уравнения будут удовлетворены, если функция $g(x)$ будет решением интегрального уравнения Фредгольма второго рода:

$$g(x) - \int_{\zeta}^1 K(x,t) \cdot g(t) dt = x \cdot (x^2 - \zeta^2)^{-1/2}, \quad (\zeta < x < 1) \quad (19)$$

Ядро интегрального уравнения Фредгольма (19) в рассматриваемом случае имеет вид:

$$K(x,t) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} p(\psi) \cdot \cos(x,\psi) \cdot \cos(t,\psi) d\psi \quad (20)$$

Интеграл в формуле для $K(x, t)$ следует рассматривать как контурный с обходом особых точек по дугам малых окружностей, расположенных выше действительной оси ψ .

Вычисляя контурный интеграл для области ($0 < r < b$), и пользуясь формулами (17), (18) и (9), находим выражения для динамических напряжений:

$$\tau_{zr}(r, 0, \varphi, t) = \frac{4 \cdot (1 - \eta^2) \cdot \mu \cdot b \cdot d}{\pi} \cos(\varphi) \cdot e^{i\omega t} \cdot \frac{1}{r} \frac{d}{dr} \int_{\frac{r}{b}}^1 \frac{x \cdot g(x) dx}{\sqrt{x^2 - \frac{r^2}{b^2}}} \quad (21)$$

$$\tau_{z\varphi}(r, 0, \varphi, t) = \frac{4 \cdot (1 - \eta^2) \cdot \mu \cdot b \cdot d}{\pi} \sin(\varphi) \cdot e^{i\omega t} \cdot \frac{1}{r} \frac{d}{dr} \int_{\frac{r}{b}}^1 \frac{x \cdot g(x) dx}{\sqrt{x^2 - \frac{r^2}{b^2}}} \quad (22)$$

Реакция упругого изотропного полупространства $R(r, 0, t)$ определяется выражениями для динамических касательных напряжений на площади контакта, которые, в свою очередь, определяются компонентами $\tau_{z\varphi}$ и τ_{zr} тензора напряжений на площадке контакта с упругим материалом

$$R_0 \cdot e^{i\omega t} = -2 \cdot \pi \int_0^R R(r, 0, t) r dr, \quad (23)$$

Подставив в (23) выражения для $\tau_{z\varphi}$ и τ_{zr} из (21) и (22) и интегрируя по координате r , получим:

$$R_0 \cdot e^{i\omega t} = 8 \cdot (1 - \eta^2) \cdot \mu \cdot b \cdot d \cdot e^{i\omega t} \int_{\zeta}^1 \frac{x \cdot g(x) dx}{\sqrt{x^2 - \zeta^2}} \quad (24)$$

Обозначив

$$\gamma = \gamma_0 \cdot e^{i\delta} = \int_{\zeta}^1 \frac{x \cdot g(x) dx}{\sqrt{x^2 - \zeta^2}}, \quad (25)$$

получим окончательное выражение для реакции упругого полупространства [4]:

$$R_0 \cdot e^{i\omega t} = 8 \cdot (1 - \eta^2) \cdot \mu \cdot b \cdot \gamma_0 \cdot d_0 \cdot e^{i(\omega t + \delta)} \quad (26)$$

Вынужденные колебания в системе

Дифференциальное уравнение вынужденных горизонтальных колебаний цилиндра на упругой подложке, высота которого мала по сравнению с его радиусом, имеет вид [5]:

$$M \frac{d^2}{dt^2} (d \cdot e^{i\omega t}) + R_0 \cdot e^{i\omega t} = R \cdot e^{i\omega t} \quad (27),$$

где M – масса цилиндра, d – комплексная амплитуда его горизонтальных колебаний.

Подставив (26) в (27) и учитывая (25), получим

$$d_0 = \frac{\beta \cdot A}{8 \cdot (1 - \eta^2) \cdot \mu \cdot b}, \quad (28)$$

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{\sin \delta}{\cos \delta - \chi} \quad (29)$$

Здесь

$$\beta = \frac{1}{\gamma_0 \sqrt{1 - 2 \cdot \chi \cdot \cos(\delta) + \chi^2}}, \quad (30)$$

$$\chi = \frac{s^2 \cdot \tilde{m}}{8 \cdot (1 - \eta^2) \cdot \gamma_0}, \quad \tilde{m} = \frac{M}{\rho \cdot b^3}$$

Формула (28) устанавливает зависимость между установившейся амплитудой горизонтальных колебаний цилиндра d_0 , амплитудным значением возмущающей силы A , плотностью и упругими свойствами материала, на котором он расположен. Угол сдвига фаз θ между перемещением цилиндра и возмущающей силой определяется формулой (29).

Задавая числовые значения параметров для конкретных установок, можно на основе формул (28) и (29) рассчитать предельные отклонения устанавливаемых элементов при различных частотах и амплитудах вынуждающей силы. Сопоставляя рассчитанные значения с нормированными допусками на точность установки, можно выбрать оптимальную с точки зрения надежности работы автомата скорость подачи и установки компонентов.

Если автомат подачи и установки компонентов снабдить оптическим датчиком положения детали на держателе и несложной схемой автоматического регулирования с модулем расчета предельной амплитуды колебаний устанавливаемого изделия в цепи обратной связи, то скорость его работы можно будет оптимизировать автоматически в зависимости от колебаний напряжения электропитания, температуры, влажности и других внешних параметров, способных влиять на стабильность работы оборудования в целом.

Заключение

Область применения представленного выше метода анализа и расчета можно значительно расширить, если вместо комплексных амплитуд вектора перемещений и тензора напряжений рассматривать их характеристические функции, применив вместо преобразования Ханкеля более общее интегральное преобразование Фурье-Стилтьеса [6]. Это даст возможность рассчитывать параметры вынужденных колебаний под действием не только гармонических, но и произвольных, в том числе случайных, вынуждающих сил.

Список источников

1. Sandip Saha, Vikash Kumar, Apurba Narayan Das. An Elastic Half Space with a Moving Punch. WSEAS Transactions on Applied and Theoretical Mechanics, v. 16, 2021, pp. 245-248.
2. Kilbas A.A., Saigo M. H-Transforms. Theory and Applications. Chapman and Hall/CRC. 2004. 389 p.
3. Cooke J.G. The solution of triple integral equations in operation form. The Quart. Journal of Mech. and Appl. Mathematics, V. XVIII, p.1. 1970.
4. Bycroft G.N. Forced vibration of a rigid circular plate on a semi-infinite elastic space and on an elastic stratum. Phil. Trans. Rog. Soc., London, v. 248, N 948, 1956.
5. Буряков А.Н., Розанов А.В., Цолан Н.А. Динамическая контактная задача об установившихся колебаниях кругового штампа на упругом изотропном полупространстве. Матеріалі XI Міжнародна наукова конференції імені академіка М. Кравчука, Київ, Изд-во НТУУ "КПІ", 2006, С.44-48
6. Розанов А.В. Применение характеристических функций в теории многоэлектронных систем. Матеріалі XIV Міжнародна Наукова Конференції імені академіка М. Кравчука, Київ, НТУУ «КПІ», 2012. том III, С. 112-116.

©Розанов А.В., Потемкина С.Н., Сарафанова В.А., Пахомова П.С., 2024

Научная статья
УДК 62-52

**Никита Самохин Евгеньевич, Аркадий Викторович Ключиков,
Игорь Павлович Курочкин**

*Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии
и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия*

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕДВИЖЕНИЕМ И УБОРКОЙ ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА

Аннотация. Рассмотрены системы управления передвижением и уборкой промышленного робота. Выбраны датчики для получения обратной связи по положению робота в пространстве. Выбраны драйвера для управления моторами, используемые для перемещения и уборки. Подобраны микроконтроллеры для управления системами. Выбраны аккумуляторы для обеспечения питания. Спроектированы схемы принципиальные электрические для каждой из систем робота-уборщика.

Ключевые слова: агроробототехника, робот-уборщик, автоматизация, микроконтроллеры, управление электродвигателями

Nikita Ev. Samokhin, Arkady V. Klyuchikov, Igor P. Kurochkin

*Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after
N.I. Vavilov, Saratov, Russia*

INDUSTRIAL ROBOT MOVEMENT AND CONTROL SYSTEMS

Abstract. The article describes the control systems for the movement and cleaning of an industrial robot. Sensors have been selected to receive feedback on the robot's position. Drivers have been selected to control the motors used for moving and cleaning. Microcontrollers have been selected for system control. Batteries have been selected to provide power. Electrical circuits have been designed for each of the systems.

Keywords: argorobotics, robot-cleaner, automation, microcontrollers, motor control

Введение

Для поддержания качества зерна и предотвращения проблем, связанных с его хранением, необходимо проводить регулярную уборку помещения.

Уборка производится:

- перед поступлением нового урожая для удаления остатков старого урожая, а также подготовки помещения для хранения;
- периодически для поддержания чистоты помещения для предотвращения накопления пыли и грязи;
- после обнаружения проблем, например, при выявлении вредителей.

Уборку зернохранилищ необходимо производить, для предотвращения распространения грибков, плесени, бактерий, а также для уменьшения рисков пожаров внутри зернохранилища.

Уборка помещения человеком может повлиять на его здоровье. Пыль и споры грибков могут вызвать аллергические реакции и обострение респираторных заболеваний. Для того, чтобы снизить влияние человеческого фактора при уборке, а также для повышения качества уборки предлагается использовать робота-уборщика, который в автоматическом режиме производит уборку зернохранилищ [1].

Системы управления уборкой и передвижением

Электроника робота-уборщика делится на два уровня:

- Нижний – отвечает за считывание информации с датчиков и управление двигателями, используя для этого микроконтроллеры;
- Верхний – использует одноплатный компьютер. На верхнем уровне происходит построение карты помещения и маршрута передвижения робота[2].

Системы управления уборкой и передвижением являются частью низкого уровня. Для передвижения используются бесщёточные мотор-колёса от электросамокатов Xiaomi. Использование бесщёточных двигателей позволяет снизить риск возникновения пожара, так как при вращении не возникает искры в контактах коллектора. Управление происходит через драйвер двигателей, которые предназначены для такого типа мотор-колёс. Номинальное напряжение драйвера 36/48 В, номинальный ток 20 А. Для обеспечения обратной связи по скорости колёс используются оптические энкодеры AEDR-8300. К колёсам крепится кодовое колесо, необходимое для срабатывания оптического энкодера, работающего на отражение. Для получения дополнительной информации о положении робота используется гироскоп и акселерометр MPU-6050 IMU. Получение более точных значений с акселерометра возможна с использованием установленного в модуле цифрового обработчика движения (DMP) [3].

Управление вращением щёток осуществляется через плату LOLIN AT8870 Motor Shield. На плате установлены два драйвера AT8870, что обеспечивает возможность управления двумя двигателями сразу с одной платы. Модуль подключается к микроконтроллеру по интерфейсу I2C. Это позволяет со-

кратить количество требуемых выводов, так как шина данных является параллельной. Драйвер настраивает частоту работы двигателей, скорость вращения и направление вращения [4].

Мотор, используемый для всасывания, управляется драйвером BLHeli 60A через ШИМ-сигнал от микроконтроллера [5]. Присутствует возможность настройки драйвера:

- под работу с двигателями с различным соотношением оборотов на вольт;
- частотой управляющего ШИМ-сигнала;
- защитой от разрядки аккумулятора.

Драйвер использует бесщёточный двигатель как динамик и издаёт им звуки. Это необходимо для информирования об успешной инициализации или проблемах, возникающих при использовании драйвера. Дополнительно звуковые сигналы используются для настройки драйвера [6].

В управляющей системе применяются микроконтроллеры ESP32-WROOM. Этот микроконтроллер выбран, так как является простым в использовании из-за возможности применения Arduino Core и библиотек. Также ESP32 имеет встроенные Bluetooth и Wi-Fi, что позволяет реализовать дистанционное управление роботом. Каждая плата ESP32-WROOM имеет достаточное количество выводов интерфейса GPIO для подключения всех необходимых датчиков [7]. Один из микроконтроллеров реализует функционал передвижения робота, управляет мотор-колёсами и получает информацию с датчиков, используемых для получения обратной связи по положению робота в пространстве. MPU6050 подключается по I2C, считывание информации с энкодеров происходит через GPIO. Второй микроконтроллер отвечает за уборку.

Для обеспечения электропитания двигателей перемещения и всасывающего механизма в робота установлены аккумуляторы на 36 В, а микроконтроллер и датчики подключены к энергоносителям через преобразователи напряжения на 5В. Обеспечение электрической энергией двигателей вращения щёток осуществляется с использованием внешнего преобразователя напряжения на 12 В и ограничением по току 10 А.

Для каждой из систем спроектирована схема принципиальная электрическая (рис. 1-2).

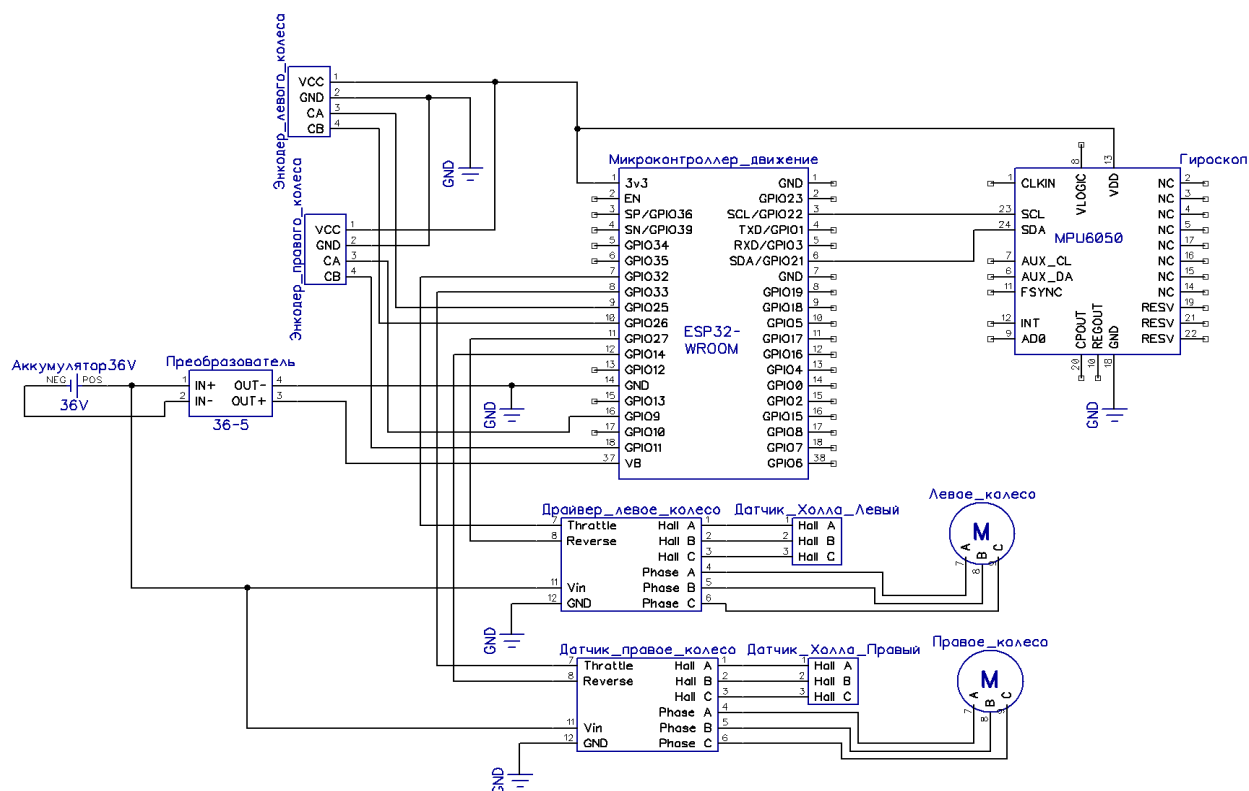


Рисунок 1 – Схема принципиальная электрическая системы управления передвижением

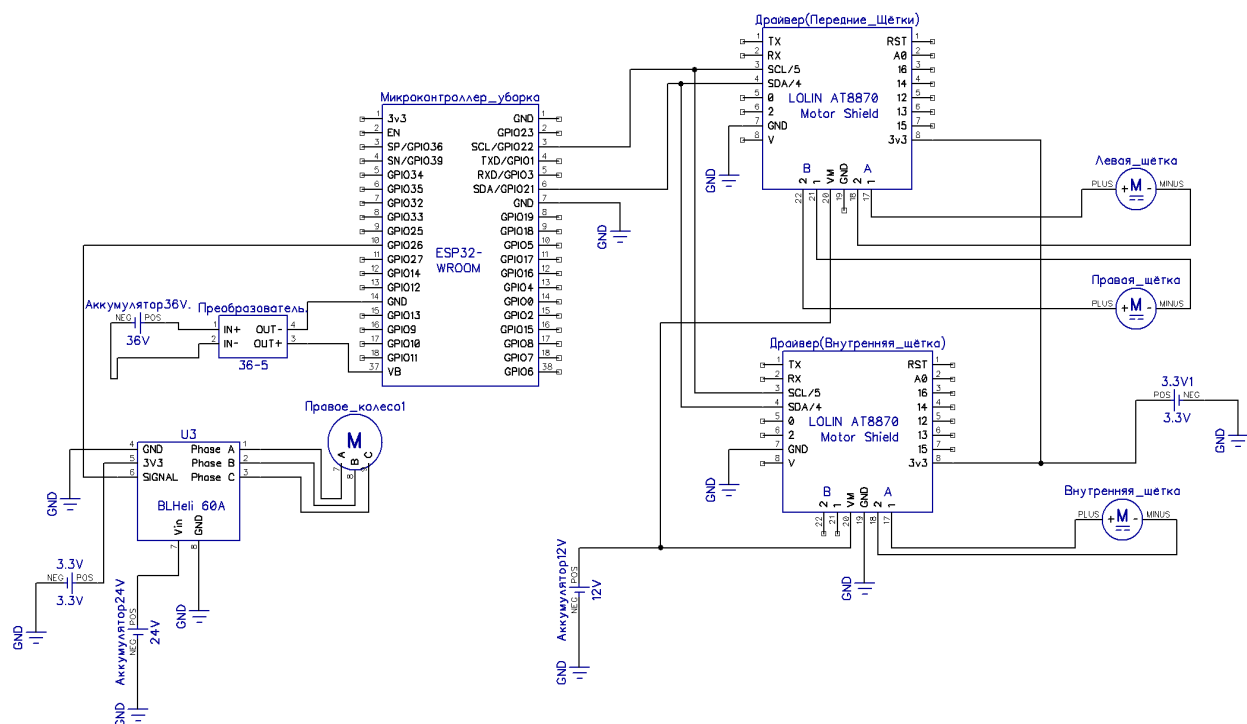


Рисунок 2 – Схема принципиальная электрическая системы управления уборкой

Для обеспечения безопасной работы планируется добавить датчики для обхода потенциальных препятствий и избегания столкновений, датчики тока и напряжения для отслеживания перегрузок, возникающих во время работы

робота-уборщика, во избежание аварийных ситуаций. Также планируется добавления датчиков внутрь бака робота для отслеживания его заполненности [8].

Заключение

В работе рассмотрены две подсистемы робота-уборщика. Рассмотрена реализация низкого уровня подсистем и подобраны комплектующие для их реализации. Для системы передвижения подобраны мотор-колёса, для ориентации робота выбраны энкодеры AEDR-8300 и гироскоп MPU-6050 IMU. Для управления системой уборки выбраны драйвера LOLINAT8870 Motor Shield и BLHeli 60A, для управления системами выбран микроконтроллер ESP32.

Список источников

1. Курочкин И.П. Мобильный автономный робот уборщик зернохранилища / И. П. Курочкин // В мире научных открытий : Материалы VII Международной студенческой научной конференции, Ульяновск, 14–15 марта 2023 года / Редколлегия: Богданов И.И. [и др.]. Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2023. С. 2175-2178.
2. Курочкин И.П. Разработка аппаратной части промышленного робота уборщика зернохранилищ / И. П. Курочкин, А. В. Ключиков, Е. Д. Воробьев // Проблемы и перспективы цифровизации агропромышленного комплекса: Материалы Международной научно-практической конференции, Саратов, 07 декабря 2023 года. Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, 2023. С. 70-75.
3. MPU-6000 and MPU-6050 Product Specification Revision 3.4 // TDK InvenSense URL: <https://invensense.tdk.com/wp-content/uploads/2015/02/MPU-6000-Datasheet1.pdf> (дата обращения: 30.11.2024).
4. AT8870 Motor Shield // Wemos URL: https://www.wemos.cc/en/latest/d1_mini_shield/at8870_motor.html (дата обращения: 30.11.2024).
5. Система всасывающего механизма мобильного автономного робота уборщика зернохранилища / И. П. Курочкин, А. В. Ключиков, Ю. Н. Гrepечук, А. Ю. Моршнеv // Аграрные конференции. 2022. № 2(32). С. 6-10.
6. EMAX User Instruction for BLHeli Series ESC // TME Electronic Components URL: https://www.wemos.cc/en/latest/d1_mini_shield/at8870_motor.html (дата обращения: 30.11.2024).
7. ESP32-C3: Беспроводное приключение: Полное руководство по IoT / пер. с англ. Ю. В. Ревича. М.: ДМК Пресс, 2023. 442 с.
8. Курочкин И.П. Конструкция мобильного автономного робота уборщика зернохранилищ / И. П. Курочкин, А. В. Ключиков // Фундаментальные основы механики. 2023. № 11. С. 76-79.

©Самохин Н.Е., Ключиков А.В., Курочкин И.П., 2024

Научная статья
УДК 004.273

Максим Викторович Федосеев

*Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии
и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия*

ПРЕИМУЩЕСТВА ВНЕДРЕНИЯ МИКРОСЕРВИСНОЙ АРХИТЕКТУРЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ АГРАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. В статье исследованы преимущества и перспективы внедрения микросервисной архитектуры в агропромышленной отрасли. Рассмотрены преимущества внедрения, сферы применения, этапы внедрения, проблемы, решающие микросервисы. Выявлены преимущества внедрения микро-сервисных модулей.

Ключевые слова: микросервисы, архитектура ПО, автоматизация процессов, цифровизация сельского хозяйства

Maksim V. Fedoseev

*Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after
N.I. Vavilov, Saratov, Russia*

ADVANTAGES OF IMPLEMENTING MICROSERVICE ARCHITECTURE FOR AUTOMATION OF AGRICULTURAL PRODUCTION PROCESSES

Abstract. The article examines the advantages and prospects of implementing microservice architecture in the agricultural sector. The advantages of implementation, areas of application, stages of implementation, problems that microservices solve are considered. The advantages of implementing microservice modules are identified.

Keywords: microservices, software architecture, process automation, digitalization of agriculture

Введение

В 2024 году на фоне климатических изменений и экстремальных погодных условий в ряде регионов введён режим чрезвычайной ситуации, например, в Белгородской и Орловской областях произошла гибель посевов из-за заморозков. По заявлениям первого заместителя главы Минсельхоза России за 2024 год отрасль испытывает дефицит кадров, достигающий более 200 тысяч человек по всей стране. На фоне этих трудностей цены на продукты выросли, например, на сливочное и подсолнечное масло, а также на яйца выросли на 27.5% с начала года [1].

В условиях необходимости решения множества задач для удовлетворения возрастающих требований к производству, а также проблем, связанных с нехваткой рабочей силы, автоматизация процессов становится критически важной. Влияние климатических изменений также подчеркивает необходимость внедрения автоматизации в агропромышленный сектор. В условиях стремительного развития информационных технологий, искусственного интеллекта и нейросетей внедрение новых цифровых инструментов и подходов способствует повышению адаптивности, возможностей масштабирования, оптимизации рабочих процессов и облегчению работы сотрудникам [2]. Микросервисная архитектура — это подход в разработке программ, при котором каждое приложение разбивается на маленькие самостоятельные части, называемые микросервисами. Каждая из этих частей выполняет свою конкретную задачу и работает независимо от других. Архитектурный стиль микросервисов — это подход, при котором единое приложение строится как набор небольших сервисов, каждый из которых работает в собственном процессе и коммуницирует с остальными, используя легковесные механизмы, как протокол HTTP. Сервисы построены вокруг бизнес-потребностей и разворачиваются независимо с использованием полностью автоматизированной среды. Существует абсолютный минимум централизованного управления этими сервисами. Сервисы допускают использование любых языков программирования и технологий хранения данных [3].

Микросервисы упрощают создание систем, способных внедрять новейшие технологии. Например, интернет вещей, искусственный интеллект и машинное обучение, обеспечивая точное (до 80% - 95%) и оперативное реагирование на внешние факторы.

Микросервисная архитектура может стать мощным инструментом для автоматизации аграрного производства и эффективно решать широкий спектр задач, способствуя повышению производительности, гибкости в управлении процессами и ускорению внедрения новых цифровых решений. Большинство отечественных компаний активно переходят на использование микросервисов и задают тренд для других компаний [2].

Цель работы. Анализ условий внедрения микросервисов в аграрное производство и выявление преимуществ микросервисной архитектуры с целью

сокращения расходов компаний на различные ресурсы, такие как вода, пестициды, удобрения.

Задачи исследования:

- изучить методы внедрения микросервисной архитектуры;
- провести анализ бизнес-процессов, оптимизация которых приведет к простоте показателей.

Результаты исследований

Эффективность внедрения оценивается по процентному соотношению (расходы до внедрения / расходы после внедрения). Проведенное исследование подтвердило, что внедрение микросервисной архитектуры в аграрное производство обеспечивает значительные преимущества по сравнению с монолитными системами.

В исследовании участвовали CRM-системы отечественного производства. «1С: Предприятие 8. ERP Агропромышленный комплекс», «1С: Предприятие 8. Бухгалтерия сельскохозяйственного предприятия», «AgroCRM».

Модуль прогнозирования погоды (GoLang). Микросервис взаимодействует с CRM независимо от внешних сервисов. Принцип работы заключается в рассылке сообщений каждое утро во внутренний CRM компании, содержащий прогноз погоды для конкретных полей и участков, закрепленных за работником. Сервис информирует работников о предстоящих климатических условиях и рисках. Например, сообщает вероятность заморозков, засухи или проливных дождей, что позволяет заранее спланировать и адаптировать работы на полях. Прогнозируемые положительные эффекты от внедрения микросервисной архитектуры:

- оптимизация планирования. Использование микросервисов позволяет работникам планировать свою деятельность, опираясь на данные, предоставляемые сервисом, что способствует минимизации ущерба от непредсказуемых погодных условий.;

- снижение потерь урожая, связанных со сложными погодными условиями. Внедрение программы для прогнозирования погоды может снизить потери, связанные с погодными условиями. Это требуется при работе в регионах со сложным климатом;

- увеличение прибыли. Возможность заранее принимать меры для предотвращения потерь, основываясь на данных, предоставляемых микросервисом, позволяет улучшить количество и качество продукции, что, способствует росту доходов бизнеса.

Модуль анализа урожайности (C++, R). Сервис предназначен для сбора, обработки и анализа данных, связанных с урожайностью сельскохозяйственных культур. Интеграция происходит с различными источниками данных, в том числе сенсоры IoT, датчики, данные спутниковой съемки, метеорологические прогнозы, исторические записи о посевах и урожае. На основе собранной информации формируются рекомендации и прогнозы, оптимизирующие

сельскохозяйственные процессы. Алгоритм работы программы содержит этапы: сбор данных с датчиков, спутниковых снимков, исторических записей и прогнозов погоды; анализ текущего состояния; прогнозирование урожайности; передача обработанных данных в интеграцию.

Модуль мониторинга состояния почвы (GoLang). В агропромышленных компаниях, специализирующихся на посеве агрокультур, на полях устанавливаются датчики для контроля микроклимата, микро-биома. При этом используется микросервис для работы с датчиком влажности почвы. Микросервис разработан для взаимодействия с датчиком температуры и влажности почвы от компании Seeed. Данные с датчиков, установленных на полях, доступны в режиме реального времени. Каждый день на выделенный API endpoint отправляются данные о текущей влажности и температуры почвы. На основе полученных данных вычисляется необходимое количество и качество полива для определенного участка. По завершению анализа полученные данные отправляются в CRM каждому работнику, закрепленному за участком. При высокой температуре испарение воды из почвы усиливается, что приводит к её пересыханию. Такие условия опасны для молодых растений, корни которых расположены в верхних слоях почвы. Так же у культур, не адаптированных к высоким температурам, повреждаются белки и клеточные мембраны. Внедрение микросервиса позволит своевременно выявить и предотвратить эту проблему.

Заключение

В ходе исследования спроектирован и внедрен микросервис для существующего бизнеса ООО «Центральный маркет».

Прогнозируемые положительные эффекты от внедрения предлагаемой микросервисной архитектуры:

- снижение расходов на ресурсы. Анализ данных о прогнозируемой урожайности позволяет оптимизировать использование ресурсов: вода, удобрения и пестициды, что способствует сокращению затрат на 2–5%;
- прогнозирование и управление рисками. Микросервис обеспечивает возможность выявления потенциальных угроз для продукции и создает основу для разработки эффективных стратегий для их предотвращения.

Список источников

1. Новости агропромышленного комплекса РФ [Электронный ресурс]. URL: <https://agrovesti.net/news.html> (дата обращения: 25.11.2024).
2. Как мы упростили жизнь высоконагруженным сервисам с Platform V SessionsData [Электронный ресурс]. URL: [https://platformv.sbertech.ru /blog/kak-my-uprostili-zhiznvysokonagruzhennym-servisam-s-platform-v-sessions-data-chast-1](https://platformv.sbertech.ru/blog/kak-my-uprostili-zhiznvysokonagruzhennym-servisam-s-platform-v-sessions-data-chast-1) (дата обращения: 25.11.2024)
3. Ньюмен С. От монолита к микросервисам. 2021. С. 23-47.

©Федосеев М.В., 2024

Максим Викторович Федосеев, Владимир Анатольевич Шибайкин
*Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии
и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия*

ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НАУКИ О ДАННЫХ (DATA SCIENCE) В ЭПОХУ БОЛЬШИХ ДАННЫХ

Аннотация. В статье исследуются тенденции и перспективы развития науки о данных в эпоху больших данных. Приведены примеры компаний, в которых ведется работа с большими данными.

Ключевые слова: BigData, большие данные, Data Science, аналитика данных, хранение данных

Maksim V. Fedoseev, Vladimir An. Shibaikin
*Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after
N.I. Vavilov, Saratov, Russia*

TRENDS AND PERSPECTIVES OF DATA SCIENCE DEVELOPMENT IN THE ERA OF BIG DATA

Annotation. The article explores the trends and prospects of data science in the era of big data. Examples of companies that work with big data are given.

Keywords: BigData, big data, Data Science, data analytics, data storage

Введение

Наука о данных (DataScience) является одной из наиболее динамично развивающихся областей современных исследований и практики, находящейся на пересечении математики, информатики и прикладных дисциплин. В условиях стремительного роста объемов данных, называемых большими данными (BigData), DataScience играет ключевую роль в извлечении ценной информации, формировании прогнозов, автоматизации решений, анализе данных [1]. Ежедневный приток пользователей в интернет, увеличение активности в приложениях и сервисах, расширение использования мобильных устройств и подключение новых источников данных, приводит к постоянному увеличению объема доступной информации. Этот беспрецедентный рост создает не только огромные возможности для анализа, но и новые вызовы в обработке, интерпретации и хранении данных.

Проблемы и перспективы DataScience

Эпоха больших данных характеризуется не только экспоненциальным увеличением объемов данных, но и усложнением их структуры. Такие источники, как социальные сети, отдельные сервисы и автоматизированные системы, генерируют огромные массивы данных, которые требуют разработки новых подходов к обработке, хранению и анализу. Эти вызовы стимулируют развитие новых технологий, включая облачные платформы, вычисления и квантовые алгоритмы, которые становятся неотъемлемой частью современного DataScience.

С другой стороны быстрый прогресс порождает ряд проблем, связанных с этикой, безопасностью и приватностью данных. Вопросы интерпретируемости моделей, контроля за использованием персональных данных и преодоления предвзятости алгоритмов требуют внимания научного сообщества и разработки соответствующих нормативных стандартов. В России компании аналоги акронима “FAANG”¹ активно используют DataScience в своих продуктах. Количество пользователей постоянно растет, нагрузка на сервера и БД растет. Поэтому специалисты DataScience необходимы в компании. К примеру, Сбер, является одним из лидеров в использовании DataScience на российском рынке. Банк активно внедряет аналитические и машинно-обучающиеся алгоритмы, чтобы решать широкий спектр задач — от повышения уровня безопасности до персонализации клиентских предложений. Рассмотрим несколько ключевых направлений использования.

Персонализация финансовых услуг. Персонализация финансовых услуг в Сбер является одной из ключевых стратегий, направленных на увеличение лояльности клиентов и расширение спектра предоставляемых продуктов. Это направление активно поддерживается за счет технологий анализа больших данных и машинного обучения, что позволяет банку предоставлять услуги и предложения, максимально соответствующие уникальным потребностям каждого клиента. Для персонализации Сбер использует обширные массивы данных, поступающих из различных источников. Транзакционные данные компания использует для анализа повседневных расходов, регулярных платежей и сбережений пользователя, что позволяет предсказать потребности клиента в кредитах, депозитах или инвестициях. Демографические данные используются и изучаются для учета возраста, региона проживания, уровня дохода и других социальных параметров для формирования индивидуального подхода. Поведенческие данные отслеживают действия клиента в приложении, предпочтения в способах оплаты, использование определенных функций, что позволяет улучшать пользовательский интерфейс и формировать подходящие предложения. Внедрение и развитие данных подходов имеет свои преимущества и недостатки. Из преимуществ для клиента можно выделить повышение удобства использования банковских услуг, экономия времени,

¹ FAANG – это акроним, включающий в себя названия пяти самых популярных технологических компаний за последнее время: FB, Amazon, Apple, Netflix и Google. Придуман основателем сайта «TheStreet» – Джимом Крамером.

ощущение индивидуального подхода. Продукт тоже получает приросты показателей с изучения этих данных. Увеличение уровня удержания клиентов, повышение рентабельности за счет продажи дополнительных продуктов, снижение затрат на рекламу. Несмотря на многочисленные преимущества, имеются и некоторые недостатки. Для обеспечения персонализации необходимо собирать и анализировать большие объемы данных, что требует соблюдения строгих стандартов защиты информации. Обработка данных клиентов связана с потенциальными рисками утечки и неправомерного использования. Эти данные включают личную информацию, транзакционные записи, предпочтения и даже поведенческие паттерны, которые могут быть уязвимы для кибератак или несанкционированного доступа. Необходимость унификации архивных данных, которые могут быть представлены в разных форматах и языках, представляет собой значительную проблему при использовании информационных технологий в исторических исследованиях, особенно в области земельно-имущественных отношений. Архивные данные могут быть представлены в различных формах: от рукописных и напечатанных документов до цифровых файлов в разных форматах. Эти данные могут содержать разную информацию о земельных актах, договорах, налоговых реестрах, а также текстовые записи, графики и карты, что усложняет их обработку и анализ.

Заключение

Развитие DataScience в эпоху больших данных открывает компаниям широкие перспективы развития. Применение аналитики и искусственного интеллекта для обработки и интерпретации огромных объёмов данных становится неотъемлемой частью большинства отраслей, от бизнеса до медицины и науки. Технологии машинного обучения и обработки данных в реальном времени позволяют компаниям создавать высокоточные прогнозы, принимать более обоснованные решения и персонализировать услуги для клиентов. С ростом объемов данных возрастают и проблемы, такие как обеспечение конфиденциальности, безопасность информации, а также необходимость разработки эффективных методов обработки данных с минимальными затратами времени и ресурсов. В условиях массового сбора данных, соблюдение этических стандартов и законодательных норм становится ключевым элементом для обеспечения доверия со стороны пользователей и защиты их интересов. В будущем наука о данных продолжит развиваться, используя новые подходы в области искусственного интеллекта, квантовых вычислений и блокчейн-технологий, что откроет новые возможности для научных и технологических достижений.

Список источников

1. Шибайкин В.А. Перспективные модели цифровой трансформации. В сборнике: Проблемы и перспективы цифровизации агропромышленного комплекса. Материалы Международной научно-практической конференции. Саратов, 2023. С. 121-124. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=60048937>
2. Кусаинова А.Т., Шибайкин В.А. Использование информационных технологий в изучении истории земельно-имущественных отношений. В сборнике: Аграрная наука в XXI веке: проблемы и перспективы. Сборник статей Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Саратов, 2020. С. 125-128.
3. Как наука о данных трансформирует здравоохранение. URL: <https://habr.com/ru/companies/sberbank/articles/841116/>.

©Федосеев М.В., Шибайкин В.А., 2024

Никита Андреевич Хворостенко, Аркадий Викторович Ключиков
*Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии
и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия*

СИМУЛЯТОР ПАРКОВКИ И СЦЕПКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Аннотация. Проанализирована необходимость разработки рекомендательной системы для автоматической сцепки трактора с прицепным механизмом. Предложено решение, основанное на сочетании виртуального моделирования в среде Unity и роботизированной системы сцепки, с использованием датчиков LiDAR, камер, парктроники и ИК маячков. Проведена методология исследования, состоящая из математического моделирования процесса сцепки, разработки алгоритмов рекомендаций и проведения натурных экспериментов. Определены этапы разработки системы, в том числе разработка 3D моделей и тренировочные сценарии.

Ключевые слова: рекомендательная система, автоматическая сцепка, прицеп, имитационное моделирование, Unity, сельскохозяйственная техника

Nikita An. Khvorostenko, Arkadii V. Klyuchikov
*Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after
N.I. Vavilov, Saratov, Russia*

AGRICULTURAL MACHINERY PARKING AND HITCHING SIMULATOR

Abstract. The need to develop a recommendation system for automatic coupling of a tractor with a trailer mechanism is analyzed. The proposed solution is based on a virtual study of the Unity environment and a robotic coupling system using LiDAR sensors, cameras, parking sensors and IR beacons. The research methodology is carried out, consisting of mathematical modeling of the coupling process, development of recommendation algorithms and conducting natural experiments. The stages of system development are defined, including the development of 3D models and the processes being implemented.

Keywords: recommendation system, automatic coupling, trailer, simulation modeling, Unity, agricultural machinery

Введение

Современное сельское хозяйство сталкивается с необходимостью повышения эффективности использования техники [1-3]. Разработка рекомендательной системы (РС) сцепки направлена на сокращение временных трудовых затрат при позиционировании трактора относительно прицепного механизма. Такой подход позволяет повысить точность перемещения водителем, корректируя траекторию на основе данных, полученных с датчиков расстояния, гироскопов и инфракрасных маячков, а также LiDAR'ов. Такой подход сокращает время подготовки к работам на полях, так как используемые ресурсы тратятся на ручную сцепку тракторов с прицепным оборудованием, а человеческий фактор может вносить ошибочную погрешность в траекторию движения.

Научная основа и методология

Рекомендательная система сцепки предполагает вывод текстовой и графической информации пользователю, содержащую стратегии и сценарии по проведению процесса сцепки тракторов и орудий на основе анализа данных с микроконтроллера и взаимодействия в виртуальной среде.

Предлагается разработать РС состоящую из модулей:

- виртуальная модель на платформе Unity, воссоздающая работу трактора и орудий в 3D-среде;
- интерфейс для управления роботизированной сцепкой;
- алгоритмы для анализа данных о нарушениях связей между трактором и орудиями;
- интерактивные модули, позволяющие пользователю взаимодействовать с системой и получать рекомендации по сцепке;
- съем информации с датчиков, валидирование и хранение в базах данных;

Первой частью разработки РС по сцепке трактора с прицепным устройством является разработка сценариев парковки в различных условиях. Для этого разработан виртуальный тренажер на платформе Unity, состоящий из 3D-моделей трактора, прицепа и окружения. проведение испытаний на платформе Unity. На текущий момент реализовано (рис. 1) 4 демо-сцены с различными условиями передвижения для трактора со сцепкой (ферма, город, лес, ангар). Сцены — это виртуальные поля с различными условиями: типы почвы (чернозём, суглинок, песок), рельеф (ровная поверхность, холмистая местность, склоны), погодные условия (солнце, дождь, снег). Такое разнообразие позволяет оценить работоспособность системы в различных эксплуатационных условиях и картах высот, а также силы трения [4].

Реализуемый тренажер возможно использовать для образовательных целей, а также подтверждения квалификации водителей. Система управления дублирует пилотирование реального трактора с учетом неровности поверхности, коллизии поверхности колес с различным типом поверхности



Рисунок 1 – 3D-тренажер процесса сцепки сельскохозяйственной техники

В разработанном тренажере подготовлены 3 модели техники (трактор с фронтальным погрузчиком, трактор с плугом, трактор с сеялкой). Это позволяет тестировать систему с различными типами прицепного оборудования и оптимизировать алгоритмы сцепки для каждой конфигурации.

Среди отслеживаемых характеристик в прототипе РС уже реализован:

- положение в пространстве (x, y, z). определение местоположения трактора в виртуальной среде по координатам для позиционирования при построении маршрута;
- скорость (км/ч) и ускорение (м/с^2). скорость и ускорение влияют на плавность движения, для процесса сцепки требуется соблюдать точность позиционирования и приближения к прицепу;
- угол поворота руля (градусы). характеристика влияет на траекторию движения после триангуляции объектов в пространстве и необходимо на этапе автоматического построения маршрута, а также его корректировки;
- состояние прицепа (сцеплен/отцеплен, положение в пространстве). отслеживание состояния является критерием достижения успеха или его отсутствия при завершении операции.

Также в рамках проекта уже проводились тестирования с использованием платы IOTIK 32A. К плате подключался ультразвуковой датчик HC-SR04, для измерения расстояния, а также гироскоп-акселерометр MPU6050, применяющийся для определения углового положения и ориентации устройства. После сбора информации данные с датчиков передаются в платформу Unity.

Заключение

Разработанный симулятор парковки является первоначальным этапом проектирования РС автоматической сцепки, так как функционирующие сценарии сцепки техники могут управляться не только с системы ввода (клавиатуры, джойстика, руля), но и автономно через микроконтроллер. Возможность моделирования различных сценариев сцепки в симуляторе позволит визуализировать траектории движения техники в автономном режиме для анализа корректности работы разрабатываемой РС

Список источников

1. Эфендиева А.А., Загазежева О.З. «Перспективы использования беспилотных устройств в решении прикладных задач в сельскохозяйственной отрасли» // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2019. №4 (90). С. 54–59.
2. Коновалов А.С., Кублин И.М. Роботизация агропромышленного комплекса: актуальность, перспективы и проблемы развития // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. 2020. №2 (76). С. 75–86.
3. Скворцов Е.А., Скворцова Е.Г., Санду И.С., Иовлев Г.А. Переход сельского хозяйства к цифровым, интеллектуальным и роботизированным технологиям // Экономика региона. 2018. Т. 14. Вып. 3. С. 1014–1028.
4. Имитационное моделирование сельскохозяйственной техники / М.С. Куприн, И.А. Осипов, Н.Е. Самохин, А.В. Ключиков // Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники: Материалы XXXVI Международной научно-технической конференции имени В.В. Михайлова, Саратов, 17–18 мая 2023 года. Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, 2023. С. 169-175.

©Хворостенко Н.А., Ключиков А.В., 2024

Владимир Анатольевич Шибайкин, Максим Сергеевич Барышников
*Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии
и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия*

КАЧЕСТВО ДАННЫХ В СИСТЕМАХ BIGDATA: МЕТОДЫ ОЦЕНКИ И УЛУЧШЕНИЯ

Аннотация. Рассматривается проблема качества данных в системах Big Data. Проведен анализ современных методологий оценки качества данных, включая определение ключевых показателей, измерение и анализ. Также обсуждаются стратегии улучшения качества данных с использованием машинного обучения и искусственного интеллекта.

Ключевые слова: Big Data, качество данных, оценка качества данных, улучшение качества данных, машинное обучение, искусственный интеллект

Maksim S. Baryshnikov, Vladimir An. Shibaykin
*Saratov State University of Genetics, Biotechnology, and Engineering named after
N.I. Vavilov, Saratov, Russia*

DATA QUALITY IN BIG DATA SYSTEMS: ASSESSMENT AND IM- PROVEMENT METHODS

Abstract. The problem of data quality in Big Data systems is considered. The analysis of modern methodologies for assessing data quality, including the definition of key indicators, measurement and analysis, is carried out. Strategies for improving data quality using machine learning and artificial intelligence are also discussed.

Keywords: Big Data, data quality, data quality assessment, data quality improvement, machine learning, artificial intelligence

Введение

С увеличением объемов данных, которые генерируются каждый день, становится все более актуальным вопрос качества данных в системах Big Data. Качество данных представляет собой совокупность характеристик, которые позволяют определить, насколько данные подходят для определенных целей, таких как анализ, отчетность и принятие решений. Высокое качество данных критически важно для организаций, использующих аналитические инструменты, поскольку оно непосредственно влияет на точность и надежность принимаемых решений.

В контексте Big Data систем особое внимание уделяется проблемам масштабируемости процессов оценки качества данных. Для эффективной работы с огромными объемами данных используются различные инструменты и технологии, такие как Apache Spark, Hadoop и другие фреймворки для параллельной обработки данных. Эти инструменты позволяют проводить комплексную оценку качества данных на разных этапах их жизненного цикла, от сбора до анализа.

При этом важно отметить, что оценка качества данных – это непрерывный процесс, требующий постоянного мониторинга и улучшения. Современные подходы к управлению качеством данных включают в себя автоматизацию процесса выявления и устранения проблем, использование машинного обучения для предсказания потенциальных ошибок и применение принципов DevOps для обеспечения непрерывности интеграции и доставки (CI/CD) в контексте качественных данных.

В современном анализе данных важным этапом является выбор и интеграция разнообразных источников, которые могут обогатить результаты исследований и предложений. В зависимости от целей анализа, источники данных могут быть внутренними или внешними. Примеры источников данных приведены в таблице 1.

Таблица 1. Источники данных

Внутренние	Внешние
ERP	Социальные сети
Классификаторы	Интернет
CRM	Специализированные DataSet

Внутренние источники данных, такие как ERP (системы планирования ресурсов предприятия), CRM (системы управления взаимоотношениями с клиентами) и классификаторы, обеспечивают богатую информацию о внутренних процессах компании и потребительском поведении. Эти данные часто являются структурированными и предлагают высокую степень надежности, что делает их идеальными для анализа тенденций и оптимизации бизнес-процессов [1]. С другой стороны, использование внешних источников данных, таких как социальные сети, интернет и специализированные наборы данных (DataSet), позволяет компаниям оценивать общие тенденции рынка и получать дополнительную информацию о предпочтениях клиентов. Социальные сети, например,

могут дать обратную связь, в то время как специальные наборы данных могут предоставить доступ к уникальной информации, которая недоступна внутри компании.

Объединение этих источников данных в рамках аналитических проектов обеспечивает более полное понимание ситуации и способствует принятию более обоснованных решений. Эффективная интеграция как внутренних, так и внешних источников данных является залогом успешного анализа, который может помочь бизнесу оставаться конкурентоспособным и адаптивным в быстро меняющемся мире.

Качество данных

Качество данных можно оценить по множеству критериев, среди которых наиболее распространены:

- Точность – это один из самых важных критериев качества данных. Она означает, что данные точно отражают реальность. Даже небольшая неточность может привести к серьезным ошибкам в аналитических выводах и принятии решений.
- Полнота – означает наличие всех необходимых данных без пропусков и недостающей информации. Полные данные позволяют получить полную картину ситуации.
- Согласованность – означает совместимость данных между различными источниками и версиями. Консистентные данные обеспечивают единообразие информации во всем организационном пространстве [2].
- Актуальность – относится к тому, насколько данные актуальны и соответствуют текущей ситуации. Время получения или обновления данных важно для принятия оперативных решений.

Научные исследования показывают, что плохое качество данных может привести к значительным финансовым потерям. Например, в отчетах IBM упоминается, что компании теряют около 3 триллионов долларов в год из-за проблем, связанных с качеством данных. Это подчеркивает важность эффективных методов оценки и улучшения качества данных.

Методы оценки качества данных

В контексте оценки качества данных существуют различные подходы, каждый из которых имеет свои преимущества и область применения.

Метод статистических измерений основан на использовании математических и статистических инструментов для анализа данных. Он позволяет выявлять аномалии и нестыковки в наборе данных.

Использование гистограмм для визуализации распределения значений. Гистограмма представляет собой графическое представление распределения числовых данных, разделенных на интервалы, классы. Это позволяет визуально оценить, как распределены данные, и выявить аномалии или выбросы.

Статистические методы также включают расчет средних значений, стандартных отклонений и коэффициентов вариации. Например, если среднее значение для поля "возраст" равно 35, но есть несколько записей с возрастом 100, это может указывать на ошибку ввода данных.

Сравнительный анализ – подход, основанный на сравнении текущих данных с эталонными или архивными наборами данных. Он помогает выявить случаи недопустимых отклонений от ожидаемого поведения.

Предположим, что есть база данных продаж за последний месяц. Можно сравнить эти данные с аналогичными данными за тот же период прошлого года. Если наблюдается значительное отклонение в росте продаж или в структуре клиентской базы, это может указывать на проблемы в процессе сбора или обработки данных.

Сравнительный анализ также может включать проверку соответствия данных установленным бизнес-правилам или нормам. Например, если в бизнес-процессе не должно быть продаж без подтвержденного заказа, обнаружение таких случаев через сравнительный анализ поможет выявить проблему в системе.

Автоматизированные инструменты – подход, который использует программные решения для автоматизации процесса оценки качества данных. Современные инструменты часто применяют алгоритмы машинного обучения для выявления аномалий и параметров качества.

Например, система Talend Data Quality может автоматически проанализировать структуру базы данных и определить потенциальные проблемы с целостностью данных. Она также может обнаруживать дубликаты записей, проверять уникальность значений в ключевых полях и выявлять несогласованности между связанными таблицами.

Инструменты типа Informatica Power Center предоставляют комплексное решение для управления данными, включая возможности мониторинга и оптимизации качества данных. Они могут автоматически обнаруживать и исправлять простые ошибки, такие как неправильный формат дат или недопустимые значения числовых полей.

Автоматизированные инструменты также могут применять методы предиктивной аналитикой для прогнозирования вероятности появления ошибок в новых наборах данных. Например, если система обнаруживает, что данные из определенного источника часто содержат ошибки, она может автоматически применить дополнительные проверки к данным из этого источника.

Улучшение качества данных

Улучшение качества данных в системах Big Data – это комплексный процесс, включающий в себя различные стратегии и методы, направленные на оптимизацию и поддержание высокого уровня данных на протяжении всего их жизненного цикла.

Стандартизация данных: создание и внедрение стандартов для форматов данных, структур и метаданных позволяет обеспечить однородность и сов-

местимость данных из различных источников. Это облегчает их интеграцию и последующий анализ.

Автоматизация процессов очистки: использование инструментов автоматизации для очистки и предобработки данных может значительно сократить время, необходимое для выявления и исправления ошибок. Эти инструменты могут включать алгоритмы для обнаружения дубликатов, а также специальные техники для исправления пропусков и аномалий.

Постоянный мониторинг качества: реализация систем мониторинга данных в реальном времени позволяет оперативно отслеживать показатели качества данных и предотвращать накопление ошибок. Настройка оповещений о проблемах с качеством поможет командам быстро реагировать на возникающие несоответствия.

Обучение сотрудников: проведение регулярных тренингов и семинаров по управлению качеством данных для сотрудников поможет повысить осведомленность о важности качества данных и создать культуру, ориентированную на его поддержание. Оснащение сотрудников инструментами и знаниями для работы с данными также становится решающим фактором.

Внедрение метрик качества: определение и использование конкретных метрик для оценки качества данных, таких как полнота, точность, надежность и своевременность, помогают систематически измерять прогресс и выявлять области, требующие улучшения.

Использование технологий искусственного интеллекта (ИИ): интеграция ИИ в процессы управления данными может улучшить идентификацию и исправление ошибок. В частности, машинное обучение может выявлять шаблоны и аномалии в данных, которые трудно обнаружить вручную[3].

Регулярное обновление данных: установление расписания для обновления устаревших или недостоверных данных помогает поддерживать их актуальность. Это особенно важно для динамичных отраслей, таких как финансовые услуги и маркетинг, где информация быстро теряет свою ценность.

Управление метаданными: эффективное управление метаданными позволяет улучшить контекстуализацию данных. Четкая документация о происхождении, структуре и значении данных помогает пользователям лучше понимать, как использовать информацию для анализа.

Настройка процессов интеграции данных: оптимизация процессов ETL (Extract, Transform, Load) для обработки данных из разных источников помогает минимизировать потери и ошибки, возникающие при миграции и интеграции.

Построение совместных команд: создание межфункциональных команд, состоящих из специалистов по данным, IT-экспертов и бизнес-аналитиков, способствует более глубокому пониманию потребностей и проблем, связанных с качеством данных. Это позволит более эффективно разрабатывать и внедрять улучшения.

Внедряя перечисленные улучшения, организация может значительно повысить качество данных и, как следствие, эффективность своих операций и

стратегического планирования. Высокое качество данных не только способствует более точной аналитике, но и укрепляет доверие между различными подразделениями бизнеса, повышая их финансовые результаты.

Заключение

Качество данных в системах Big Data – это неотъемлемая часть успешного функционирования бизнеса и ведения грамотной аналитики. В условиях стремительного роста объемов и сложности данных, с которыми сталкиваются современные организации, становится очевидным, что высокий уровень качества данных является ключевым фактором, определяющим как оперативность принятия решений, так и стратегическую устойчивость компании. Повышение качества данных достигается через систематическую оценку, применение передовых методов анализа и регулярные обновления систем. Это включает в себя создание комплексных систем мониторинга и верификации данных, внедрение автоматизированных инструментов для обнаружения аномалий и исправления ошибок, а также реализацию процессов очищения данных на разных этапах обработки.

Компании, которые игнорируют важность качества данных, рискуют серьезно потерять конкурентоспособность и финансовые ресурсы. Низкое качество данных может привести к ошибочным выводам, потере доверия потребителей и, в конечном итоге, к ухудшению финансовых показателей. Профессиональная аналитика, основанная на отфильтрованных и качественных данных, позволяет не только выявлять текущие рыночные тенденции, но и предсказывать будущее поведение клиентов, тем самым открывая новые горизонты для бизнеса.

В будущем, с дальнейшим ростом объемов данных и увеличением их разнообразия, необходимость разработки новых подходов к управлению качеством данных станет еще более актуальной. Это включает в себя применение методов искусственного интеллекта и машинного обучения для автоматизации процессов очистки и обработки данных, создание гибких архитектур для интеграции различных источников данных, а также развитие новых стандартов и нормативов качества данных, которые будут применяться в различных секторах экономики.

В целом, качество данных в системах Big Data представляет собой не просто техническую задачу, а стратегическую инициативу, которая требует всестороннего подхода и интеграции на всех уровнях бизнеса. Компании, способные адаптироваться к этим требованиям и внедрить эффективные методы управления качеством данных, не только улучшат свои текущие процессы, но и создадут устойчивое конкурентное преимущество в динамично меняющемся деловом окружении.

Список источников

1. Астапкина К.С. Анализ и описание современных ERP-систем / Астапкина К.С. // Актуальные научные исследования в современном мире. 2022. Вып. 1(81), Ч. 10. С. 164-166.
2. Редман Т.К. Качество данных: полевое руководство. Издательство DigitalPress., 2016. 260 с.
3. Теоретический минимум по BigData. Всё, что нужно знать о больших данных. СПб.: Питер, 2019. 208 с.

©Шибайкин В.А., Барышников М.С., 2024

Научная статья
УДК 631.33.023

**Игорь Валерьевич Шишкин, Дмитрий Владимирович Курдюков,
Дмитрий Александрович Харлашин**
*Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии
и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия*

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКОЙ

Аннотация. В статье рассматриваются современные системы точного земледелия, которые пользуются популярностью у фермеров. Рассмотрены преимущества и недостатки систем автоуправления.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, автопилот, автоматизация, точное земледелие

Igor V. Shishkin, Dmitry Vl., Kurdyukov, Dmitry Al. Kharlashin
*Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after
N.I. Vavilov, Saratov, Russia*

AUXILIARY CONTROL SYSTEMS FOR AGRICULTURAL MACHINERY

Annotation. The article discusses modern precision farming systems that are popular with farmers. The advantages and disadvantages of automatic control systems are considered.

Keywords: agro-industrial complex, autopilot, automation, precision agriculture

Введение

В настоящее время для большинства сельскохозяйственных предприятий повышение эффективности опрыскивания достигается за счёт применения систем точного земледелия, которые подразумевают использование курсоуказателей, подруливающих устройств, гидравлических автопилотов и другого оборудования, предусмотренного для конкретной операции в сельском хозяйстве [1].

Благодаря системам высокоточного позиционирования GPS, GLONASS. Она представляет собой основу каждого комплекса точного земледелия. С её помощью обеспечивается определение координат любого участка поля и наведение на него работающей на поле техники. Такие системы обеспечивают точность позиционирования с погрешностью не более 1-2 см.

Преимущества и недостатки современных систем управления

В сельском хозяйстве получили широкое распространение и доказали свою эффективность три класса приборов для управления движением тракторов и комбайнов, использующих GPS-приемники: системы параллельного вождения, подруливающие устройства и автопилотирования.

Использование космических навигационных систем становится возможным после установки на транспортное средство специального приемника, постоянно получающего сигналы о местоположении навигационных спутников и расстояниях до них. В зависимости от требуемой точности управление такой техникой осуществляется механизатором вручную по показаниям метки на экране дисплея, либо с использованием подруливающего устройства или автопилотирования [2].

Из наиболее часто применяемых систем, выделим системы автоматического пилотирования и подруливающие устройства. Подруливающее устройство представляет собой систему, которая устанавливается непосредственно в рулевую колонку сельскохозяйственной машины и управляется контроллером. Система подсоединяется к рулевому колесу, а не к гидравлике, что сильно упрощает процесс установки и обеспечивает беспрепятственный доступ к управлению кабиной.

Подруливающее устройство поворачивает руль с помощью электромотора. Контроллер получает координаты от GPS, GNSS или RTK приёмника и благодаря поступающим изменениям придерживается заданного курса.

Подруливающее устройство служит в качестве высокотехнологичной вспомогательной системы, требующей непосредственного участия механизатора в ходе работы. Система позволяет держать курс в соответствии с заданными шаблонами движения и вести агрегат по маршруту с достаточно высокой точностью. При этом механизатору нужно самостоятельно следить за препятствиями, брать на себя управление техникой при разворотах и на концах загона.

Из преимуществ подруливающих устройств можно выделить такие основные факторы как:

- для установки не требуется переоснащения техники, так как подруливающее устройство не взаимодействует напрямую с гидравлической системой;
- система имеет минимальное количество кабельных соединений и при необходимости ее можно легко переустановить на другие самоходные машины;
- устройство устанавливается на рулевую колонку и не закрывает доступ к другим элементам панели управления в кабине;
- оператор может без проблем управлять машиной в ручном режиме, когда подруливающее устройство выключено;
- стоимость подруливающего устройства значительно ниже, чем у автопилотов.

Среди недостатков можно отметить:

- необходимость непосредственного участия механизатора в процессе работы;

- чувствительность меньше, чем у устройств автопилотирования;
- вероятность снижения точности со временем, что обусловлено постепенным износом рулевой колонки и деталей подруливающего устройства;
- отсутствие технологии компенсации кривизны рельефа.

Системы автопилотирования

Система автопилотирования – система для реализации стратегии точного земледелия на практике. Современные удобрения и гербициды, лучшие семена неэффективны без равномерного внесения; поля, без качественной обработки, дают меньшую урожайность. Решить эти и другие задачи современного фермерского хозяйства можно с помощью автопилотирования сельскохозяйственной техники. Системы автоматического пилотирования бывают электрические и гидравлические.

Электрические автопилоты работают за счёт установки сервоприводов на рулевую колонку сельскохозяйственной машины. Эти приводы управляют движением техники через электрический сигнал, который передаётся с пульта управления. Электрические системы, как правило, проще в установке и могут быть использованы на любом типе техники.

Гидравлические автопилоты подключаются напрямую к гидравлической системе трактора или комбайна. Они обеспечивают более точное и быстрое управление техникой, особенно в условиях высокой скорости или на сложном рельефе.

Главными преимуществами автопилота считаются:

- наличие искусственного интеллекта: система управляет техникой с помощью датчиков и специальных контроллеров, что позволяет автоматизировать большую часть работы и уменьшить человеческий фактор;
- высокая точность ведения техники, возможность движения машины по всей площади поля, автоматический разворот в конце поля, возможность обнаружения препятствий и остановки перед ними, специальные датчики у автопилотов для отслеживания положения техники и регулирования ее перемещения.

Недостатками можно считать:

- более сложную установку ввиду того, что система напрямую взаимодействует с гидравликой;
- высокую стоимость.

Заключение

В результате проведённого обзора можно сформулировать, что системы автопилотирования и подруливающие устройства способны в достаточной мере увеличить эффективность ведения сельского хозяйства. Цифровизация управления сельскохозяйственной техникой позволит создать оптимальную систему производства, хранения, транспортировки, переработки и распределения про-

дукции, в достаточной мере регулировать производственные процессы, своевременно и с минимально возможными затратами использовать машины, совместимые с информационными системами и программным обеспечением, которые сводят негативное влияние человеческого фактора на результаты производства к минимуму.

Список источников

1. Линенко А.В., Камалов Т.И., Азнагулов А.И., Лукьянов В.В. Беспилотный Электроагрегат для Обработки сельскохозяйственных культур холодным туманом [Текст] / А.В. Линенко, Т.И. Камалов, А.И. Азнагулов, В.В. Лукьянов, // Известия оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 5. с. 136-139.

2. Зайцев В.А. Системы параллельного и автоматического вождения – что это? / Зайцев В.А. [Электронный ресурс] // АГРОСЕРВЕР.ru : [сайт]. URL: <https://agroserver.ru/articles/3428.htm> (дата обращения: 20.11.2024)

3. Вороненко А. С. применение параллельного движения трактора в сельском хозяйстве и его преимущество / А. С. Вороненко [Текст] // Техно-технологическое обеспечение инноваций в агропромышленном комплексе материалы I Международной научно-практической конференции молодых учёных. Редколлегия О.А. Еременко, С.А. Нестеренко, Н.И. Болтянская [и др.]. Мелитополь, 2023. Мелитополь: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Мелитопольский государственный университет" (Мелитополь), 2023. С. 221-224.

4. Жунисбеков П., Маткеримов Т.Ы., Солнцев А.А., Темирбеков Ж., Жетпейсов М.Т., Альпейсов А.Т. Шесть уровней автопилотирования транспортно-технологических машин в сельском хозяйстве [текст] // Жунисбеков П., Маткеримов Т.Ы., Солнцев А.А., Темирбеков Ж., Жетпейсов М.Т., Альпейсов А.Т. // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. 2023. № 2. С. 1130-1138.

5. Бардола А.С., Сердалин М.К., Кузьмин Д.Е., Елунин Р.С. Навигационные системы в АПК / Бардола А.С., Сердалин М.К.1, Кузьмин Д.Е., Елунин Р.С. [текст] // Инновационные технологии в АПК, как фактор развития науки в современных условиях. Сборник 6 Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения доктора технических наук, профессора Станислава Антоновича Корниловича (9 декабря 1931 г. - 25 октября 2020 г.). Омск, 2021. Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2021. С. 29-32.

©Шишкин И.В., Курдюков Д.В., Харлашин Д.А., 2024

**Сергей Александрович Шишурин, Роман Дмитриевич Гончаров,
Денис Александрович Исаев, Роман Валерьевич Герасимов**
*Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии
и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия*

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Аннотация. Исследованы современные информационные и программно-алгоритмические методы, применяемые для диагностики зерноуборочных комбайнов с использованием сравнительного анализа внешних признаков отказов и удаленного диагностирования, основанного на алгоритмах искусственного интеллекта. Выявлены основные аспекты диагностики узлов и агрегатов, а также рассмотрены основные этапы для внедрения изученных методов в процесс сбора и обработки данных для составления индивидуальных траекторий планирования регламентных работ и оптимизации процессов технического обслуживания сельскохозяйственной техники с использованием вероятностного предсказания отказов.

Ключевые слова: техническое обслуживание, информационные средства, сбор данных, прогнозирование, искусственный интеллект

**Sergey Al. Shishurin, Roman Dm. Goncharov, Denis Al. Isaev,
Roman V. Gerasimov**
*Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after
N.I. Vavilov, Saratov, Russia*

ANALYSIS OF THE TECHNICAL CONDITION OF A COMBINE HARVESTER USING METHODS OF SIMILARITY OF EXTERNAL SIGNS OF FAILURES AND REMOTE DIAGNOSIS BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE ALGORITHMS

Abstract. This article discusses modern information and software-algorithmic methods used to diagnose combine harvesters using comparative analysis of external signs of failures and remote diagnosis based on artificial intelligence algorithms. One of the most important tasks of the agro-industrial complex (AIC) is to improve the efficiency of maintenance of agricultural machinery. For this purpose, an improved method of collecting data on the technical condition is proposed, including monitoring noise, vibration, temperature and pressure in various nodes and aggregates of the combine harvester, which will allow detecting deviations and promptly responding to potential

problems. The introduction of sensor technologies will effectively maintain the operational state of the equipment, as well as collect data on failures for their further processing in real time. Machine learning algorithms play a key role in predicting failures and providing recommendations for the maintenance of agricultural machinery. This data allows you to analyze the state of the equipment and optimize maintenance schedules, which affects the overall reliability of combines.

Keywords: maintenance, information tools, data collection, forecasting, artificial intelligence

Введение

Одной из важнейших задач агропромышленного комплекса (АПК) является повышение эффективности технического обслуживания сельскохозяйственной техники. Для этого предлагается усовершенствованный метод сбора данных о техническом состоянии, включая мониторинг шума, вибрации, температуры и давления в различных узлах и агрегатах зерноуборочного комбайна, что позволит выявлять отклонения и оперативно реагировать на потенциальные проблемы.

Внедрение сенсорных технологий позволит эффективно поддерживать работоспособное состояние техники, а также собирать данные об отказах для их дальнейшей обработки в реальном времени. Алгоритмы машинного обучения играют ключевую роль в прогнозировании отказов и предоставлении рекомендаций по обслуживанию сельскохозяйственной техники. Эти данные позволяют анализировать состояние техники и оптимизировать графики технического обслуживания, что влияет на повышение общей надежности комбайнов.

Базы данных могут содержать информацию о техническом состоянии зерноуборочных комбайнов, сроках проведения обслуживания, запасных частях и условиях, при которых происходили отказы. Эти данные служат основой для диагностических программ и планирования работ.

Разрабатываемый метод направлен на снижение влияния человеческого фактора при процессе планирования своевременного технического обслуживания сельскохозяйственной техники. При различной сезонной нагрузке на зерноуборочный комбайн 3 класса, коэффициент простоя составляет от 0.2 до 0.8, что эквивалентно 2.1% рабочего времени смены, а коэффициент готовности варьируется от 0.85 до 0.5. Более двух третей простоев по техническим причинам, или 10% от общего количества, происходят из-за несвоевременного проведения регламентных работ технического обслуживания нарушений правил эксплуатации зерноуборочных комбайнов [1].

Цель исследования — разработка методов определения схожести внешних признаков отказов и удаленного диагностирования зерноуборочных комбайнов, основанных на алгоритмах искусственного интеллекта.

Объект исследования — технологический процесс выявления отказов зерноуборочных комбайнов, оснащённых информационными системами телеметрии, обеспечивающими передачу данных о состоянии машины в режиме реального времени.

Современные методы диагностики и прогнозирования отказов

Комплексный подход к диагностике зерноуборочных комбайнов интегрирует современные технологии сбора и анализа данных, а также алгоритмы машинного обучения для прогнозирования отказов.

Анализ статистических данных о техническом состоянии узлов и агрегатов позволяет предсказать отказы, основываясь на внешних признаках отказов и удаленного диагностирования. В результате время, затрачиваемое на выявление причин, сокращается пропорционально количеству данных об эксплуатации машины [2].

Основные аспекты диагностики состоят из:

- внедрения многоуровневой системы сенсоров для мониторинга ключевых параметров работы комбайнов (шум, вибрация, температура, давление) в реальном времени, что позволяет оценивать состояние техники и выявлять потенциальные неисправности на ранних стадиях;
- разработки и применения облачных решений для хранения и обработки больших объемов данных, что обеспечивает доступ к информации в любое время, а также возможность масштабирования системы;
- применения передовых методов машинного обучения для анализа собранных данных, что позволяет прогнозировать отказы и формировать рекомендации по техническому обслуживанию на основе индивидуальных характеристик работы комбайна;
- введения нового подхода к диагностике, основанного на сравнительном анализе данных, что позволяет выявлять аномалии и отклонения от нормальных режимов работы;
- разработки рекомендаций по оптимизации графиков технического обслуживания на основе анализа данных, что позволит снизить затраты на ремонт и увеличить эффективность работы комбайнов.

Для составления сравнительного анализа статистических данных на основе внешних признаков отказов и удаленного диагностирования необходимо выявить основные показатели, в том числе мониторинг таких параметров, как:

- измерение уровня шума, производимого различными узлами комбайна, может указывать на износ или неисправности;
- измерения вибрации на различных узлах комбайна, аномальные уровни вибрации могут свидетельствовать о механических проблемах;
- мониторинг температуры ключевых узлов (двигатель, трансмиссия, подшипники) для выявления перегрева, предшествующий отказам;
- измерение давления в гидравлических системах для выявления утечек или блокировок [3].

Для проведения сравнительного анализа, необходимо учитывать статистические методы описательной статистики для определения нормальных диапазонов значений и выявления отклонений, использование контрольных карт для мониторинга изменений во времени.

При построении модели отклонений необходимо идентифицировать аномалии в собранных данных для оперативного реагирования механизатора на потенциальные проблемы.

Удаленное диагностирование состоит из этапов:

- оборудование комбайнов сенсорами, а именно ультразвуковыми и температурными датчиками, акселерометрами, барометрами, для сбора данных о состоянии машины в реальном времени;
- использование беспроводных технологий (например, gsm, lorawan) для передачи данных на облачные платформы, что позволяет осуществлять мониторинг без необходимости физического присутствия;
- хранение и обработка данных облачных систем, позволяют хранить достаточный объем данных по отказам и обеспечивают доступ к ним в любое время для использования аналитических инструментов обработки данных в реальном времени, что позволяет оперативно выявлять и устранять неисправности [4].

Применение машинного обучения в диагностике зерноуборочных комбайнов позволяет частично осуществлять прогнозирование отказов. Алгоритмы, такие как: регрессия, деревья решений, случайные леса и нейронные сети, - могут быть обучены на исторических данных о работе комбайнов. Например, информация о предыдущих поломках, условиях эксплуатации, а также показания сенсоров.

Выявление отклонений в показаниях датчиков, способствует определению вероятностного отклонения от нормальной работы техники, что позволяет проводить профилактическое обслуживание до возникновения критических отказов [5].

На основе алгоритмов анализа данных возможно составление рекомендаций профилактических мер, такие как замена определенных деталей или изменение режимов работы.

Внедрение систем, автоматически отслеживающих состояние комбайна и уведомляющих операторов о возможных неисправностях, на основе данных о состоянии техники, дает возможность разрабатывать индивидуальные графики технического обслуживания и снижать риск неожиданных отказов.

Полученные данные формируются в формате таблицы для дальнейшего статистического анализа и выявления корреляционных зависимостей, что позволяет оптимизировать процессы технического обслуживания сельскохозяйственной техники, используя вероятностное предсказание отказов.

Заключение

Внедрение методов сравнительного анализа внешних признаков отказов и удаленного диагностирования с использованием алгоритмов искусственного интеллекта позволяет повысить надежность и эффективность работы зерноуборочных комбайнов за счет составления индивидуальных графиков проведения предупредительных работ. Результат увеличивает производительность и снижает затраты на обслуживание и ремонт, что положительно сказывается на экономике агропромышленного комплекса.

В дальнейшем внедрение результатов исследования позволит провести испытания предложенной системы для выявления и предсказания возможных отказов узлов зерноуборочных комбайнов.

Список источников

1. Шепелев С.Д. Коэффициент простоя зерноуборочных комбайнов как комплексный показатель технических отказов / С. Д. Шепелев, Ю. Б. Черкасов // Аграрный вестник Урала. 2017. № 7(161). С. 8.
2. К вопросу использования счетчиков индикаторов и технологий нейронных сетей для контроля технического состояния энергонасыщенных тракторов, находящихся в лизинге / М. Н. Костомахин, Ю. В. Катаев, Н. А. Петрищев [и др.] // Агроинженерия. 2021. № 6(106). С. 4-10.
3. Дорохов А.С., Петрищев Н.А., Макаркин И.М. и др. Резервы повышения производительности надежности МТП в АПК // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. 2018. № 11. С. 34-39.
4. Катаев Ю.В. Удаленное диагностирование параметров технического состояния сельскохозяйственной техники / Ю. В. Катаев // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. 2024. № 10. С. 20-26.
5. Астапов Р.Л. Автоматизация подбора параметров машинного обучения и обучение модели машинного обучения / Р.Л. Астапов, Р.М. Мухамадеева // Актуальные научные исследования в современном мире. 2021. № 5-2 (73). С. 34-37.

©Шишурин С.А., Гончаров Р.Д., Исаев Д.А., Герасимов Р.В., 2024

СОДЕРЖАНИЕ

1	<i>Dimovski I.H.</i> Multi-variate operational calculi for boundary value problems	3
2	<i>Азизов И.Р., Шахов А.М., Горбачев В.В.</i> Применение технологий ИОТ при выращивании шампиньонов	8
3	<i>Барышников М.С.</i> Интеграция автоматизированных систем управления в аграрное производство	13
4	<i>Гончаров Р.Д., Никитенко К.С.</i> Цифровые двойники в производстве противопожарного оборудования	19
5	<i>Грепечук Ю.Н., Моршнев А.Ю., Перетяцько А.В.</i> Оценка зрелости яблок на основе физических и органолептических характеристик с использованием методов машинного обучения	25
6	<i>Жданов Д.А.</i> Повышение эффективности выращивания осетровых в установках замкнутого водоснабжения	29
7	<i>Зыков К.А., Фисенко Б.В., Демакина И.И.</i> Применение математических методов машинного обучения для обработки агрометеорологических данных большого объема	33
8	<i>Ключиков А.В., Куприн М.С.</i> Разработка программного интерфейса для взаимодействия с имитационной моделью робота	40
9	<i>Ключиков А.В., Самохин Н.В., Чельшева Д.А.</i> Применение метода геймификации при изучении модуля ООП на примере контекстной ролевой игры	45
10	<i>Козинский М.С.</i> Современные тенденции развития систем слежения и автопилотов в агропромышленном комплексе	49
11	<i>Кораблева М.В., Пахомов Н.О., Шибайкин В.А., Пахомова Т.В.</i> Влияние больших данных на искусственный интеллект	54
12	<i>Кораблева М.В., Пахомов Н.О., Шибайкин В.А., Пахомова Т.В.</i> Основные архитектуры нейросетей и их применение	59
13	<i>Косарев А.В., Волощук Л.А., Ткачев С.И., Чумакова С.В., Перетяцько А.В.</i> Прогностическая модель курса цен на баррель нефти	64
14	<i>Косарев А.В., Волощук Л.А., Белов Д.С., Чумакова С.В., Шибайкин В.А.</i> Картографический анализ плотности населения на территории города Саратова	69
15	<i>Курочкин И.П., Ключиков А.В., Самохин Н.Е.</i> Модернизация систем уборки и позиционирования робота-уборщика для зернохранилищ	74

16	<i>Лажсаунинкас Ю.В.</i>	80
	Использование цифровых инструментов в управлении сельскохозяйственным предприятием	
17	<i>Цагареишвили Л.С.</i>	84
	Цифровизация экономики как инструмент построения устойчивого общества	
18	<i>Липилин Д.К., Шибайкин В.А.</i>	89
	Влияние больших данных на искусственный интеллект и его развитие	
19	<i>Мишурина П.С., Пахомова Т.В.</i>	95
	Инновационные решения в сельском хозяйстве: использование метеостанций для повышения эффективности производства	
20	<i>Мордвинова Е.С.</i>	101
	Влияние системы внутреннего контроля на эффективность управления строительными проектами	
21	<i>Падило Л.П., Агольцов В.А., Подшибякин Д.В.</i>	106
	Применение вычислительной статистики и геопространственного анализа при анализе риска распространения трансграничных болезней животных	
22	<i>Пахомов Н.О., Курочкин И.П., Ключиков А.В., Пахомова Т.В.</i>	112
	Анализ ограничений и возможностей использования автономных роботов для обработки полей	
23	<i>Розанов А.В., Потемкина С.Н., Сарафанова В.А., Пахомова П.С.</i>	118
	Вынужденные колебания диска на упругой подложке	
24	<i>Самохин Н.Е., Ключиков А.В., Курочкин И.П.</i>	125
	Системы управления передвижением и уборкой промышленного робота	
25	<i>Федосеев М.В.</i>	130
	Преимущества внедрения микросервисной архитектуры для автоматизации процессов аграрного производства	
26	<i>Федосеев М.В., Шибайкин В.А.</i>	135
	Тенденции и перспективы развития науки о данных (DATA SCIENCE) в эпоху больших данных	
27	<i>Хворостенко Н.А., Ключиков А.В.</i>	139
	Симулятор парковки и сцепки сельскохозяйственной техники	
28	<i>Шибайкин В.А., Барышников М.С.</i>	143
	Качество данных в системах BIGDATA: методы оценки и улучшения	
29	<i>Шишкин И.В., Курдюков Д.В., Харлашин Д.А.</i>	150
	Вспомогательные системы управления сельскохозяйственной техникой	
30	<i>Шишури С.А., Гончаров Р.Д., Исаев Д.А., Герасимов Р.В.</i>	154
	Анализ технического состояния зерноуборочного комбайна с использованием алгоритмов искусственного интеллекта	

Н а у ч н о е и з д а н и е

**ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ
ЦИФРОВИЗАЦИИ
АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА**

ISBN 978-5-7011-0872-9



9 785701 108729 >

Электронное издание

Адрес размещения: <https://www.vavilovsar.ru/nauka/konferencii-saratovskogo-gau/2024-g>

Сборник статей Международной научно-практической
конференции

Размещено 28.05.2025 г.

Объем данных: 9 Мбайт. Аналог печ. л. 10,0

Формат 60x84 1/16. Заказ №872

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Саратовский государственный университет генетики,
биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова»

Тел.: 8(8452)26-27-83,

email: nir@vavilovsar.ru

410012, г. Саратов, пр-кт им. Петра Столыпина зд. 4, стр. 3.