

Научные труды Дальрыбвтуза. 2024. Т. 69, № 3. С. 138–147.

Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2024. Vol. 69, no 3. P. 138–147.

РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО, АКВАКУЛЬТУРА И ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО

Научная статья

УДК 004.9:[594.1-161.3:005.521]

DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2024-69-13

EDN: NECUFU

Мобильное приложение «FarmModelApp» для прогнозирования урожайности морских ферм

Егор Сергеевич Вялов¹, Юлия Александровна Сушкова², Оксана Юрьевна Вялова³

^{1,2} Севастопольский государственный университет, Морской колледж, Севастополь, Россия

³ Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН, Севастополь, Россия

³ vialova@ibss.su, ORCID: 0000-0002-8304-0029

Аннотация. Приложение «FarmModelApp» – это уникальное мобильное приложение, разработанное специально для морских фермеров и энтузиастов аквакультуры в Крыму. Приложение предназначено для прогнозирования урожайности мидий и устриц, помогая пользователям определить оптимальные сроки и объемы сбора урожая на основе начальных размеров молоди.

Ключевые слова: мобильное приложение, марикультура, урожайность, прогнозирование, моллюски, Черное море

Благодарности: Работа выполнена в рамках госбюджетной темы № 124030100137-6 «Функциональные, метаболические и молекулярно-генетические механизмы адаптации морских организмов к условиям экстремальных экотопов Черного и Азовского морей и других акваторий Мирового океана».

Для цитирования: Вялов Е. С., Сушкова Ю. А., Вялова О. Ю. Мобильное приложение «FarmModelApp» для прогнозирования урожайности морских ферм // Научные труды Дальрыбвтуза. 2024. Т. 69, № 3. С. 138–147.

FISHERIES, AQUACULTURE AND INDUSTRIAL FISHERIES

Original article

Mobile application “FarmModelApp” for predicting of marine farm fields

Egor S. Vialov¹, Yulia A. Sushkova², Oksana Yu. Vialova³

^{1,2} Sevastopol State University, Maritime College, Sevastopol, Russia

³ A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas, Russian Academy of Sciences, Sevastopol, Russia

³ vialova@ibss.su, ORCID: 0000-0002-8304-0029

Abstract. FarmModelApp is a unique mobile application developed specifically for marine farmers and aquaculture enthusiasts in Crimea. The app is designed to predict mussel and oyster

© Вялов Е. С., Сушкова Ю. А., Вялова О. Ю., 2024

yields, helping users to determine the optimal timing and volume of harvest based on the initial size of juvenile molluscs.

Keywords: mobile application, mariculture, yield, forecasting, mollusks, Black Sea

Acknowledgements: The work was carried out within the framework of the state budgetary theme № 124030100137-6 “Functional, metabolic and molecular-genetic mechanisms of adaptation of marine organisms to the conditions of extreme ecotopes of the Black and Azov Seas and other waters of the World Ocean”.

For citation: Vialov E. S., Sushkova Yu. A., Vialova O. Yu. Mobile application “FarmModelApp” for predicting of marine farm fields. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2024; 69(3): 138–147. (in Russ.).

Введение

Выращивание моллюсков – достаточно новое направление морского рыбоводства в Азово-Черноморском регионе, которое интенсивно развивается в течение последних нескольких лет. Основными видами культивирования являются двустворчатые моллюски – мидии и устрицы [1, 2]. Технология выращивания заключается в том, что моллюски располагаются на специальных носителях в открытом море в толще воды: мидии на верёвках или в сетных рукавах, устрицы – в устричных садках или корзинах [3]. Этот способ является самым популярным в Чёрном море, поскольку здесь отсутствуют приливно-отливные явления, и называется «подвесной системой» («suspended system»). Результат работы фермы и её урожайность зависят от многих факторов, но в большей степени от гидрологических и погодных условий. Температура влияет на развитие микроводорослей, которые являются основной пищей моллюсков, а также ускоряет или замедляет рост самих мидий и устриц. Содержание хлорофилла в морской воде является показателем количества микроводорослей. Изменение плотности размещения по мере роста моллюсков чётко влияет на объем их производства и качество морепродукции. Так средняя урожайность, снижается при высокой плотности, что негативно отражается на рентабельности фермы [3, 4].

Одной из важных практических задач аквакультуры является возможность прогнозирования урожайности товарных моллюсков на морских фермах. Мобильное приложение может стать простым и удобным современным инструментом, которое поможет морским фермерам контролировать производство мидий и устриц, оперативно вносить изменения в технологию выращивания, предварительно оценивать сроки получения и количество морепродуктов.

Объектом данной работы является процесс выращивания моллюсков на морских фермах в Крыму. Предметом является мобильное приложение для прогнозирования урожайности морских ферм, разработанное на платформе Xamarin.Forms.

Цель работы – разработка мобильного приложения, позволяющего владельцам и управляющим морских ферм в Крыму рассчитывать сроки и урожайность своих хозяйств с учетом различных факторов. Для достижения поставленной цели в рамках работы необходимо было решить следующие задачи:

- провести анализ предметной области, изучить особенности выращивания устриц и мидий на морских фермах Крыма;
- выявить факторы, влияющие на рост и урожайность моллюсков;
- разработать мобильное приложение на платформе Xamarin.Forms, реализующее функции прогнозирования урожайности морских ферм;
- интегрировать в приложение возможность отображения расположения морских ферм на карте Крыма;
- провести тестирование разработанного приложения и оценить его эффективность для владельцев и управляющих морских ферм.

Методы исследования

Мобильное приложение – это программное обеспечение, разработанное для использования на мобильных устройствах, таких как смартфоны и планшеты. Особенно в контексте аквакультуры, где точность данных и оперативность их обработки играют критическую роль, мобильные приложения становятся незаменимыми инструментами. Они позволяют морским фермерам, занимающимся выращиванием устриц и мидий, мгновенно получать доступ к данным о состоянии водной среды, прогнозах урожайности и управлять производственными процессами непосредственно с поля. В отличие от приложений для ПК, мобильные приложения предлагают удобство использования в полевых условиях, оперативное обновление данных и возможность быстрого реагирования на изменения.

Выбор мобильных операционных систем.

Нами был проведен сравнительный анализ популярных операционных систем Windows Mobile, Symbian OS, Palm OS, MeeGo, iOS, BlackBerry OS, Bada, Android, их преимущества и недостатки. При выборе учитывались такие характеристики, как функциональность и многозадачность, простота и стабильность работы, защищенность от вирусов, качество дизайна, совместимость с ПК и др.

Исходя из сравнения функциональности операционных систем, более рентабельно использовать платформу Android Studio. В первую очередь, потому что у неё самый удобный пользовательский интерфейс, много доступного материала для обучения, вполне достаточный спектр языков программирования, бесплатность пользования и самый большой рейтинг целевой платформы в мире (согласно Kantar Worldpanel Comtech доля пользователей Android в мире составляет 68 % на первый квартал 2018 г.). Также можно отметить, что эта среда постоянно развивается и совершенствуется благодаря компаний Google и за её актуальность можно не переживать.

Выбор программного обеспечения.

Visual Studio является наиболее предпочтительной средой разработки для работы с Xamarin из-за ее тесной интеграции и поддержки всех необходимых инструментов и плагинов для разработки кроссплатформенных приложений. Visual Studio предлагает обширные возможности для разработки, отладки и тестирования приложений.

Преимущества:

- Поддержка разработки на C# с использованием Xamarin Forms для создания кроссплатформенных мобильных приложений.
- Встроенные инструменты для проектирования пользовательского интерфейса (XAML Designer).
- Обширные возможности для отладки и профилирования приложений.
- Интеграция с системами контроля версий, такими как Git.
- Возможность использования мощных расширений и плагинов.
- Поддержка разработки не только мобильных приложений, но и веб-проектов, настольных приложений и др.

Выбор языка программирования.

Изучив языки программирования (C#, Java, Kotlin) был сделан вывод, что при выборе языка для написания мобильного приложения необходимо учитывать факторы объектно-ориентированного подхода, сравнительно простого синтаксиса и надежности для достижения необходимой цели. Данным критериям соответствует язык программирования C#.

C# является объектно-ориентированным языком программирования, разработанным компанией Microsoft в рамках платформы .NET. C# сочетает в себе производительность и гибкость, что делает его идеальным выбором для разработки широкого спектра приложений, включая кроссплатформенные мобильные приложения через Xamarin.

Преимущества:

- Кроссплатформенная разработка: С использованием Xamarin и .NET C# позволяет разрабатывать приложения, работающие как на Android, так и на iOS, из одной кодовой базы, что значительно сокращает время и затраты на разработку.

- Богатая экосистема: C# поддерживается мощной экосистемой .NET, обеспечивающей разработчиков обширными библиотеками и фреймворками для реализации практически любой задачи.

- Улучшенная производительность и безопасность: Приложения, написанные на C#, обычно отличаются высокой производительностью и безопасностью благодаря современным механизмам управления памятью и строгой типизации.

- Удобство и читаемость кода: C# славится своим чистым и понятным синтаксисом, который облегчает разработку и сопровождение кода.

Недостатки:

- Зависимость от Microsoft: Хотя .NET Core расширил поддержку кроссплатформенности, экосистема C# все еще во многом зависит от инструментов и платформ Microsoft, что может быть ограничением для разработчиков, предпочитающих открытые технологии.

- Более крутая кривая обучения для новичков: Для разработчиков без опыта работы с объектно-ориентированными языками программирования или платформой .NET C# может представлять изначальные трудности в освоении.

- Требования к производительности устройства: Хотя приложения на C# и Xamarin оптимизированы для высокой производительности, они могут требовать от устройства больше ресурсов, чем нативные приложения, особенно в случае сложных проектов.

Выбор вида моллюсков и ключевых параметров, определяющих их рост.

Основными объектами выращивания на морских фермах в Черном море являются мидии и устрицы. Для выявления ключевых параметров для подготовки программного обеспечения нами были проанализированы результаты научных исследований ростовых процессов культивируемых моллюсков. Основными природными факторами, влияющими на рост моллюсков, являются температура и наличие пищи (микроводоросли) [4–9]. Оптимальная температура для роста мидий и устриц находится в пределах 14–22 °С. В осенне-зимний период при температуре ниже 10–11 °С моллюски замедляют свой рост или останавливают совсем. Температура морской воды у берегов Крыма колеблется от 7,5 до 25,1 °С. Микроводоросли (фитопланктон) являются основной пищей моллюсков. Показателем количества микроводорослей служит содержание хлорофилла в морской воде. Хлорофилл *a* показывает сезонную динамику с максимальными значениями в марте в результате весеннего цветения водорослей и с минимальными – в январе.

Среднегодовые значения температуры воды и содержания хлорофилла выбраны в качестве ключевых внешних факторов при разработке приложения [5, 7–9].

Расчетные параметры

Для расчетов использовали данные по росту моллюсков в разных районах крымского побережья [2–5]. Средняя скорость роста устрицы – 0,08 г/сут, мидии – 0,12 мм/сут. Коэффициент коррективы роста с учетом температуры 0,02, с учетом хлорофилла 0,03* (рис. 1, 2).

```

public partial class MainPage : ContentPage
{
    private readonly double[] averageMonthlyTemperatures = new double[] { 8.0, 7.0, 8.5, 11.0, 15.5, 20.0, 24.0, 25.5, 22.0, 18.0, 13.5, 10.0 };
    private readonly double chlorophyllContent = 2.5;

    public MainPage()
    {
        InitializeComponent();
    }

    protected override void OnAppearing()
    {
        base.OnAppearing();

        backgroundWebView.Source = new HtmlWebViewSource
        {
            Html = $"<html><body style='margin:0;padding:0;overflow:hidden'><img src='https://i.yapx.cc/G9W5d.gif' style='width:100%;height:100%;object-fit:cover' /></body></html>";
        };
    }
}

```

Рис. 1. Внесение значений температуры по месяцам. Изображение получено авторами
 Fig. 1. Entering temperature values by month. The image was obtained by the authors

```

private double CalculateGrowthRate()
{
    double averageTemperature = averageMonthlyTemperatures.Average();
    double baseGrowthRate = oysterInputs.IsVisible ? 0.08 : 0.12;
    double temperatureFactor = 0.02 * (averageTemperature - 15);
    double chlorophyllFactor = 0.03 * (chlorophyllContent - 2);

    return baseGrowthRate + temperatureFactor + chlorophyllFactor;
}

private int CalculateDaysToMarket(double initialValue, double finalValue, double growthRate)
{
    return (int)Math.Ceiling((finalValue - initialValue) / growthRate);
}

private double CalculateLosses(double quantity)
{
    double lossRate = oysterInputs.IsVisible ? 0.15 : 0.1;
    return quantity * lossRate;
}

```

Рис. 2. Калькуляция по формулам. Изображение получено авторами
 Fig. 2. Calculation by formulas. The image was obtained by the authors

Результаты и их обсуждение

Приложение «FarmModelApp». FarmModelApp – это уникальное мобильное приложение, разработанное специально для морских фермеров и энтузиастов аквакультуры в Крыму. Приложение предназначено для прогнозирования урожайности мидий и устриц, помогая пользователям определить оптимальные сроки сбора урожая на основе начальных параметров размеров и желаемых целей (рис. 3).

Основные функции приложения

Выбор вида морепродуктов. Первым шагом является выбор между мидиями и устрицами. Это событие переводит приложение в состояние «Выбор параметров».

Ввод начальных параметров. В этом состоянии пользователь вводит начальные данные, такие как вес устрицы или длину раковины мидии, а также устанавливает желаемые

конечные параметры. После ввода данных приложение переходит в состояние «Прогнозирование».

Прогнозирование. В этом состоянии происходит обработка введенных данных на основе алгоритмов прогнозирования. Приложение анализирует информацию и рассчитывает предполагаемую дату достижения желаемого результата. После обработки данных приложение переводится в состояние «Показ результатов».

Показ результатов. В этом состоянии пользователю представляется результат прогнозирования, включая предполагаемую дату достижения цели. Здесь пользователь может либо сохранить результат, переходя в состояние «Завершение», либо начать новый прогноз, что приведет обратно к состоянию «Выбор вида морепродуктов».

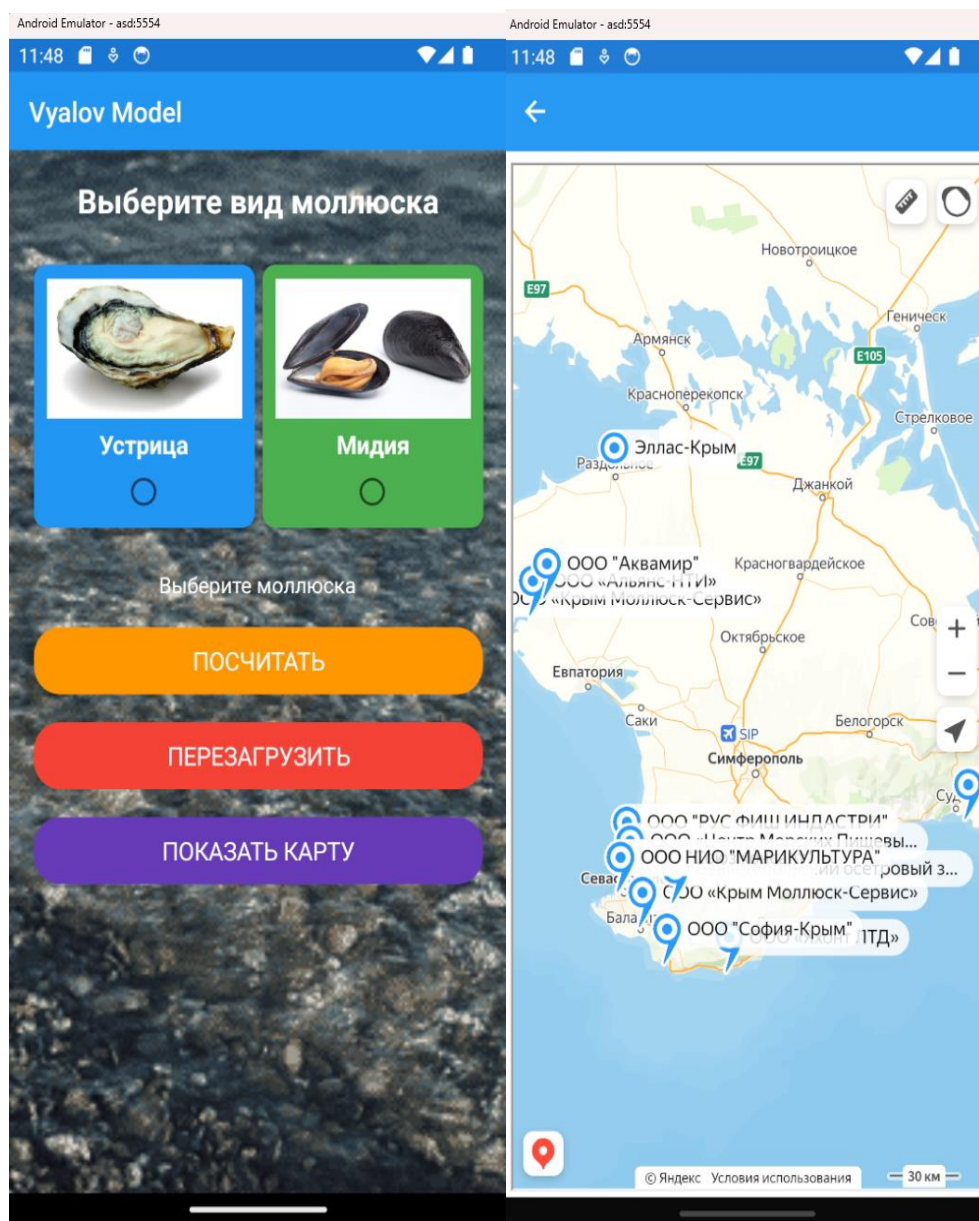


Рис. 3. Вид интерактивных окон приложения. Изображение составлено авторами
 Fig. 3. View of the interactive windows of the Application. The image is compiled by the authors

Тестирование приложения представлено на рис. 4.

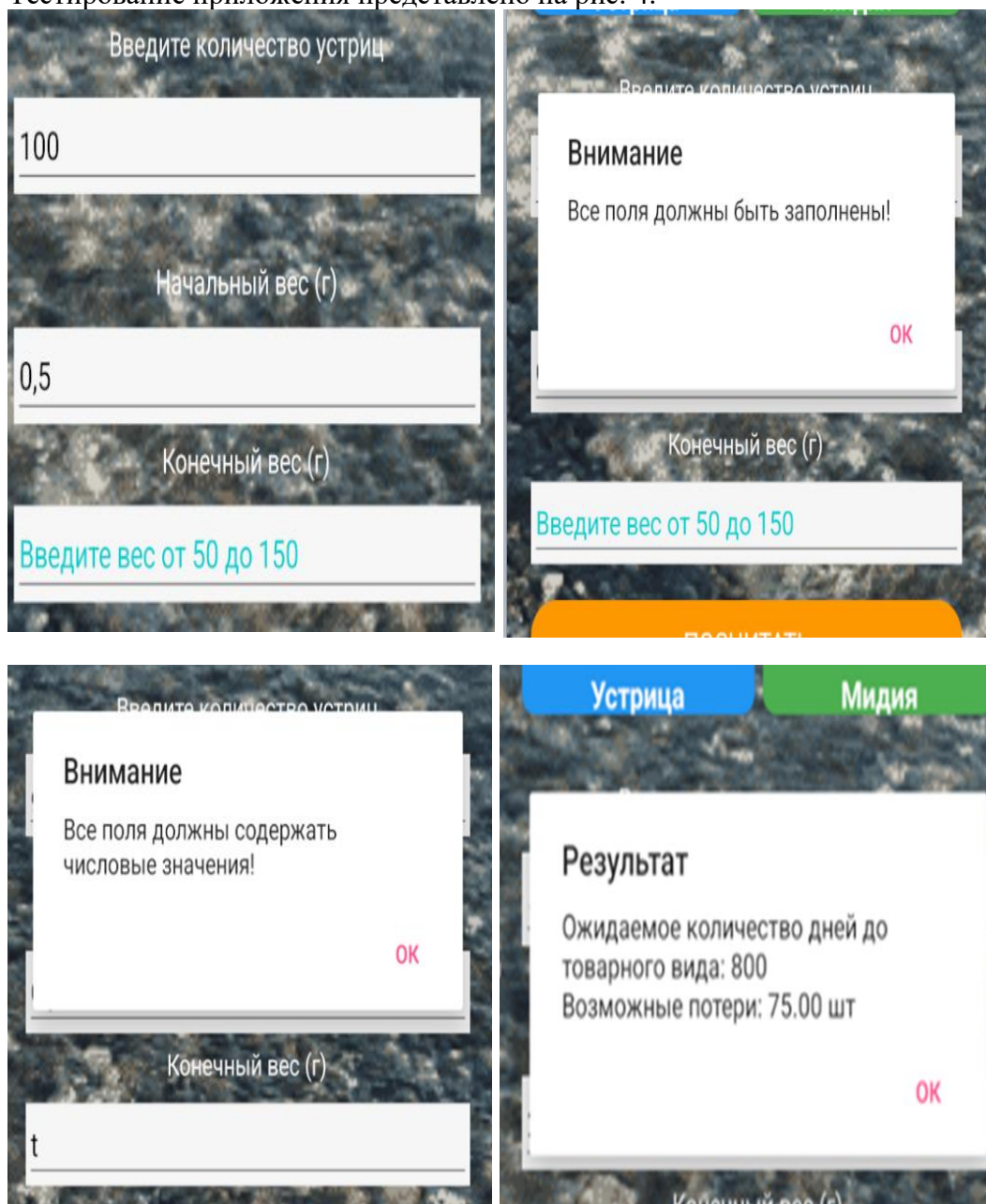


Рис. 4. Тестирование приложения. Изображение составлено авторами
 Fig. 4. Testing The Application. The image is compiled by the authors

Представленное приложение разработано для широкого диапазона линейных размеров черноморской мидии: от минимальных (5 мм) до коммерческих (60–70 мм). Для устрицы использованы минимальные начальные веса спата (малька), которые высаживаются на фермах Крыма (0,2 г), и максимальный товарный вес 1 моллюска – 150 г. Все показатели роста моллюсков интегрированы с изменяющимися во времени параметрами окружающей среды – температурой и содержанием хлорофилла в морской воде.

При разработке приложения нами учитывались усредненные значения скоростей роста двух видов моллюсков, так как экстраполяция максимальных исследованных скоростей может привести к завышению фактических показателей. Однако разработчики отмечают, что

прогнозирование будет более точным к ожидаемым результатам при соблюдении общеизвестных технологий выращивания [3, 6, 7–9].

Итак, интуитивно понятный и удобный интерфейс приложения позволяет пользователям легко взаимодействовать с ним. Основные функции приложения включают:

Выбор вида моллюска:

- Пользователь может выбрать между устрицами и мидиями для дальнейшего прогнозирования.
- Для каждого вида отображается соответствующая информация и изображение.

Ввод данных о моллюсках:

- Для устриц пользователь вводит начальный и конечный вес.
- Для мидий вводится начальная и конечная длина.
- Также необходимо указать количество моллюсков.

Расчет и отображение результатов.

На основе введенных данных и факторов, влияющих на рост моллюсков, приложение рассчитывает:

- Скорость роста моллюсков.
- Количество дней, необходимых для достижения товарного размера.
- Возможные потери в штуках или килограммах.
- Результаты выводятся в виде всплывающего окна.

Сброс данных:

- Пользователь может очистить все введенные данные и вернуться к начальному состоянию.
- Отображение карты морских ферм:
- Приложение предоставляет возможность перехода на страницу с картой, на которой отмечены местоположения морских ферм в Крыму.

Анализ работ, связанных с прогнозированием работы ферм аквакультуры, показал сравнительно небольшое их количество [10–12]. Все проекты основаны на моделировании ростовых процессов объектов выращивания с учетом множества меняющихся параметров среды (течения, глубины, ветер, температура, соленость, содержание кислорода, хлорофилл, биогены, РОВ, численность фитопланктона и т.д.) и разнообразием способов выращивания. Группой международных специалистов была предложена универсальная Модель управления ресурсами фермерской аквакультуры (FARM) [10], которая была создана одновременно для нескольких видов моллюсков и разных типов технологий аквакультуры. Модель FARM для моделирования потенциального урожая, а также для оценки основных финансовых показателей и степени воздействия на качество воды в масштабах ферм оказалась достаточно неточной и неудобной для пользователей. Разница прогнозных и реальных результатов составляла от -10 до +57 % [10]. Данная программа требует постоянного мониторинга среды и большого объема вносимых данных, в том числе более 15 показателей морской воды, что невозможно сделать в условиях небольших марикультурных хозяйств.

В условиях Черного моря, где основные характеристики достаточно стабильны (соленость, гидрологический и газовый режимы и т.д.), были выбраны 2 показателя, влияющих на рост и качество культивируемых моллюсков, – температура и содержание хлорофилла (как показатель численности фитопланктона), которые имеют четко выраженную сезонную

динамику. Мобильное приложение оказалось наиболее удобным средством использования в «полевых условиях» на небольших фермах, для оперативного обновления данных и с возможностью быстрого реагирования на изменения.

Поиск подобных мобильных приложений не дал результатов.

Заключение

В настоящее время в Азово-Черноморском регионе работает более 20 ферм аквакультуры и планируется создание новых. В отличие от приложений для ПК, мобильные приложения предлагают удобство, простоту и оперативность. Практическая значимость данной работы заключается в том, что разработанное мобильное приложение «FarmModelApp» может быть использовано владельцами и управляющими морских ферм в Крыму для запуска производства, оперативного контроля процесса выращивания, определения сроков и объёмов как высадки молоди в море, так и сбора товарных мидий и устриц, количества товарных моллюсков (мидий, устриц), для повышения эффективности и прибыльности хозяйств.

Приложение «FarmModelApp» может быть адаптировано для других морских акваторий.

Список источников

1. Сытник Н. А. Современное состояние и перспективы развития устрицеводства у берегов Крыма // Вода: Химия и Экология. 2023. № 3. С. 8–17.
2. Морозова А. С. Соотношение возраста и длины раковины черноморской мидии (*Mytilus galloprovincialis*) // Молодой ученый. 2023. № 5(452). С. 319–321.
3. Вялова О. Ю. Оценка роста тихоокеанской устрицы при выращивании в садках разного типа // Научные труды Дальрыбвтуза. 2022. Т. 62, № 4. С. 34–43.
4. Вялова О. Ю. Рост и сроки получения товарной триплоидной устрицы в лимане Донузлав (Чёрное море, Крым) // Морской биологический журнал. 2019. Т. 4, № 1. С. 24–32. doi: 10.21072/mbj.2019.04.1.03.
5. Золотницкий А. П., Орленко А. Н. О совместном влиянии размера тела и температуры воды на скорость роста тихоокеанской устрицы (*Crassostrea gigas*, Thunberg) в лимане Донузлав (Черное море) // Водные биоресурсы и среда обитания. 2021. Т. 4, № 3. С. 74–85. doi: 10.47921/2619-1024_2021_4_3_74.
6. Золотницкий А. П., Михайлов В. В., Сытник Н. А. Морфологическая характеристика аллометрического роста триплоидов тихоокеанской устрицы (*Crassostrea gigas*, Thunberg) в северо-восточной части Черного моря // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. Биологические науки. 2022. № 4. С. 41–57.
7. Karayücel S., Çelik M. Y., Karayücel İ., Erik G. Growth and production of raft cultivated Mediterranean mussel (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) in Sinop, Black Sea // Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2010. Vol. 10. P. 09–17. doi: 10.4194/trjfas.2010.0102.
8. Lök A., Acarlı S., Serdar S., Köse A., Yıldız H. Growth and mortality of Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* Lam., 1819, in relation to size on longline in Mersin Bay, Izmir (Turkey – Aegean Sea) // Aquaculture Research. 2007. Vol. 38. P. 819–826. doi:10.1111/j.1365-2109.2007.01717.x.
9. Celik M. Y., Karayücel S., Karayücel İ. Effects of environmental factors on growth and mortality of raft cultivated mussel (*Mytilus galloprovincialis* L.) cultivated in lantern nets in Black Sea // AACL Bioflux. 2009. Vol. 2, Iss. 2. P. 97–108.

10. Ferreira J. G., Hawkins A. J. S., Bricker S. B. Management of productivity, environmental effects and profitability of shellfish aquaculture – the Farm Aquaculture Resource Management (FARM) model // *Aquaculture*. 2007. Vol. 264. P.160–174. doi:10.1016/j.aquaculture.2006.12.017.

11. Rampal N., Broekhuizen N., Plew D., Zeldis J., Noll B., Meyers T., Whitehead A. L., Fauchereau N., Stenton-Dozey J. Seasonal forecasting of mussel aquaculture meat yield in the Pelorus Sound // *Frontiers in Marine Science*. 2023. 10:1195921. doi: 10.3389/fmars.2023.1195921.

12. Larsen P. S., Riisgård H. U. Growth-prediction model for blue mussels (*Mytilus edulis*) on future optimally thinned farm-ropes in Great Belt (Denmark) // *Journal of Marine Science and Engineering*. 2016. Vol. 4, Iss. 3. 42. doi: 10.3390/jmse4030042.

Информация об авторах

Е. С. Вялов – студент факультета «Программирование в компьютерных системах».

Ю. А. Сушкова – преподаватель факультета «Программирование в компьютерных системах».

О. Ю. Вялова – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, SPIN-код: 1373-3515, AuthorID: 979304.

Information about the authors

E. S. Vialov – Student of the Department of Programming in Computer Systems.

Y. A. Sushkova – Teacher of the faculty Programming in Computer Systems.

O. Yu. Vialova – PhD in Biology, Senior Researcher, SPIN-code: 1373-3515, AuthorID: 979304.

Статья поступила в редакцию 22.09.2024; одобрена после рецензирования 01.10.2024; принята к публикации 01.10.2024.

The article was submitted 22.09.2024; approved after reviewing 01.10.2024; accepted for publication 01.10.2024.