

Оценка вклада переменных в результирующую модель, производится с помощью приема *jack-knife*. Он состоит из трех шагов. Сначала по очереди из анализа выводятся каждая переменная, и модель создается с оставшимися. Затем модель создается только с одной переменной (с каждой по очереди). И, наконец, для сравнения создается модель с участием всех переменных.

Лимитирующими факторами для данного вида являются: среднегодовая температура, максимальная температура самого жаркого периода, максимальная температура самого холодного периода, средняя температура самого сухого квартала, средняя температура самого теплого квартала и средняя температура самого холодного квартала.

Таким образом, метод MaxEnt позволяет определить потенциальный ареал вида, области, где климатические условия благоприятны для произрастания того или иного вида, а выявление лимитирующих факторов позволяет спланировать агротехнические мероприятия.

#### Библиографический список

1. Олонова М.В. Использование гербарных коллекций для экологического моделирования // Проблемы сохранения биологического разнообразия и использования биологических ресурсов. 7–9 октября 2015, Минск, Беларусь. – Минск, 2015. – С. 446-449.
2. Работнов Т.А. Фитоценология. Изд. 2-е. – М.: Изд-во МГУ, 1983. – 292 с.
3. Селедец В.П., Пробатова Н.С. Экологический ареал вида у растений. – Владивосток: Дальнаука, 2007. – 98 с.
4. Elith J., Graham C.H., Anderson R.P., Dudík M. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. // *Journal Ecography*. 2006. Vol.29, P. 129–151.
5. Franklin J. Mapping species distribution : spatial inference and prediction. Cambridge University Press, Cambridge. 2009. 340
6. Hijmans R.J., Guarino L., Jarvis A. et. al. DIVA-GIS, version 5.2. Manual. [Электронный ресурс] // URL: [http://www.diva-gis.org/docs/DIVA-GIS5\\_manual.pdf](http://www.diva-gis.org/docs/DIVA-GIS5_manual.pdf).
7. Liu T.-S. A monograph of the genus *Abies*. Taipei: National Taiwan Univ. Press, 1971. 580 p
8. Phillips, S.J. Maximum entropy modeling of species geographic distributions / S.J. Phillips, R.P. Anderson, R.E. Schapire // *Ecological Modeling*. – 2006. – Vol. 190. – P. 231–259.
9. Phillips, S.J. Modelling of species distribution with Maxent: new extentions and a comprehensive evaluation / S.J. Phillips, M. Dudic // *Ecography*. – 2008. – Vol. 31. – P. 161–175.
10. Ward, D.F. Modeling the potential geographic distribution of invasive ant in New Zealand / D.F. Ward // *Bio Invasions*. – 2007. – Vol. 9. – P. 723–735.

УДК 51-7+556

### Разработка архитектуры комплекса моделирования темпов разрушения берегов водохранилищ

*И.А. Ефремов*  
АлтГУ, г. Барнаул

В России наиболее важными водными объектами являются водохранилища, которые предназначены для удовлетворения разнообразных потребностей населения. По статистике всего в России создано более 2260 водохранилищ объемом более 0,1 км<sup>3</sup>. Суммарный полный объем этих водоемов составляет 926 тыс. км<sup>3</sup> [1–2].

Роль водохранилищ в жизнедеятельности людей очень велика (гидроэнергетика, водный транспорт и т.д.). Однако, создание искусственных водных объектов имеет и ряд нежелательных последствий, отражающихся в природе и хозяйстве территорий, где они создавались. Строительство водохранилищ повлекло за собой преобразование ландшафтов бассейнов рек и озер на площади свыше 700 тыс. км<sup>2</sup>. Периметр береговой линии водохранилищ нашей страны составляет около 64100 км, из которых 25000 км берега непрерывно разрушаются. По самым скромным оценкам, среднегодовая величина ущерба составляет 15,75 млрд. руб. [1–2].

Целью данного исследования является разработка архитектуры комплекса моделирования темпов разрушения берегов водохранилищ.

Отсюда следует несколько задач, которые необходимо решить: изучить предметную область и выбрать подходящую математическую модель, позволяющую давать надежный прогноз темпов разрушения берегов водохранилищ; определить формат входных и выходных данных; спроектировать архитектуру комплекса моделирования; разработать его, а также произвести верификацию полученного продукта.

В качестве основы для разрабатываемого программного комплекса был выбран метод Качугина. Его описание приведено в работах [3–4]. Для определения характеристик волн будет использоваться полуэмпирический подход, подробно описанный в работах [5–7].

Комплекс состоит из нескольких «разделов», в каждом из которых потребуется задавать специфические наборы параметров, таких как скорости ветра, рельеф дна, характеристики исходного профиля берега водохранилища и т. д. Некоторые из этих параметров нужно вводить вручную, другие же величины, в основном массивы данных, можно будет задать как вручную, так и с помощью функции экспорта из электронной таблицы Excel.

После завершения расчетов, будет показан ряд графиков, описывающих прогнозируемый профиль берега водохранилища. Так же результаты можно будет сохранить в табличном виде в файл формата xls. Общая схема комплекса в виде последовательности: входные данные – модель – результаты, показана на рисунке 1.

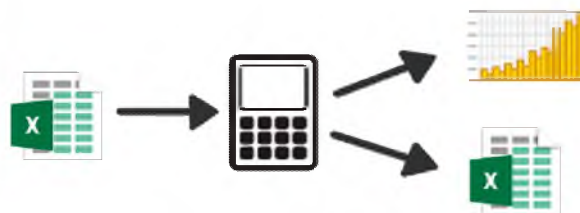


Рисунок 1 – Общая схема комплекса: входные данные – модель – результаты

Для реализации комплекса моделирования будет использован стек современных WEB-технологий. Комплекс будет работать в online-режиме это нужно для того, чтобы можно было получить к нему быстрый доступ, а также использовать серверные вычислительные мощности.

Клиентская часть будет состоять из HTML5, CSS3, Flexbox и JavaScript. Вся верстка будет сделана при помощи HTML5+Flexbox [8], так как в настоящее время это наиболее эффективный способ адаптивной верстки. Связка HTML5+JavaScript позволит показывать результаты работы программы в виде графиков с помощью элемента Canvas. Это мощный инструмент для рисования двухмерного изображения при помощи скриптов [9]. Все внешние скрипты и таблицы стилей будут обрабатываться с помощью Gulp [10] – инструмента для сборки WEB-приложения и позволяющего использовать препроцессор LibSASS [11], Autoprefixer [12] – утилита, позволяющая расширить поддержку некоторых CSS3 свойств для различных браузеров и набор других технологий.

Серверная часть будет написана на PHP7 [13] – это скриптовый язык общего назначения – так как на данный момент он обладает отличной производительностью и адекватным потреблением памяти, что позволит производить расчеты с высокой скоростью.

Метод Качугина

Главная Калькулятор Инструкция Контакты

Волны вне береговой зоны			Волны в береговой зоне			Плотк		Поток наносов				
Участки разгона						Скорости ветра						
#	Длина участка, м	Глубина в конце участка, м	#	Скорость ветра, м/с								
1	25	1.3	1	25								
2	18	1.8	2	18								
Коэффициент обрушения												
0.69												
Параметры волн по участкам разгона												
#	У, м/с	U, м	V, м	X, м	H, м	T, с	Нитс, м	Ногс, м	Ногс, с	Тд, с		
1	5.7	0.4	0.6	1	1	3	4.87	4.76	2	2.689		
Параметры волн в расчетной точке												
#	U, м	V, м/с	H, м	T, с	Нитс, м	Ногс, м	Ногс, с	Тд, с				
1	2.3	0.9	0.875	3	2.37	1.94	1.5	2.689				

Данные

Загрузить

Сохранить

Проект

Загрузить

Сохранить

Отменить

Результаты

Расчет

Сохранить

График

Рисунок 2 – Прототип интерфейса программного комплекса

Само приложение строится на базе фреймворка Yii2 [14] – это высокопроизводительный компонентный PHP фреймворк, предназначенный для быстрой разработки современных WEB-приложений, который обладает широкими возможностями и высокой скоростью работы. Также это очень универсальный фреймворк и может быть задействован во всех типах WEB-приложений. Благо-

даря его компонентной структуре и отличной поддержке кэширования, он особенно подходит для разработки сложных проектов. На данный момент этот фреймворк является одним из лидеров по совокупности своих характеристик и имеет большое сообщество.

#### Библиографический список

1. Хабидов А.Ш., Леонтьев И.О., Марусин К.В., Шлычков В.А., Савкин В.М., Кусковский В.С. Управление состоянием берегов водохранилищ. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. – 239 с.
2. Хабидов А.Ш., Марусин К.В., Федорова Е.А., Хомчановский А.Л., Лыгин А.А., Лыгин Ан.А. Организация мониторинга береговой зоны и дна Новосибирского водохранилища // Известия АГУ. – Барнаул. 2012. – № 3/1(75). – С. 142–146.
3. Марусин К.В. Журавлева В.В., Грищенко Д.В. Методы прогнозирования переработки побережья водохранилищ // Ломоносовские чтения на Алтае: фундаментальные проблемы науки и образования: сб. науч. ст. междунар. конф. Барнаул, 11–14 ноября, 2014. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2014. – С. 364–372.
4. Грищенко Д. В., Ефремов И. А. Применение метода Качугина для прогнозирования переработки побережья водохранилищ // Ломоносовские чтения на Алтае: фундаментальные проблемы науки и образования: сб. науч. ст. междунар. конф. Барнаул, 20–24 октября, 2015. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2015. – С. 636–641.
5. Журавлева В.В., Дьякова Т.В. Исследование повторяемости ветров на Новосибирском водохранилище // Известия АГУ. – Барнаул, 2012. – №1-2(73). – С. 82–83.
6. Журавлева В.В., Дьякова Т.В. Анализ морфодинамики береговой линии Новосибирского водохранилища // МАК-2014: сборник трудов семнадцатой региональной конференции по математике. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2014. – С. 115–117.
7. Журавлева В.В., Дьякова Т.В. Исследование динамики потока наносов на береговой линии Новосибирского водохранилища // Известия АГУ. 2014. – №1-2(81). – С. 101–107.
8. CSS Flexible Box Layout Module Level 1. W3C Candidate Recommendation, 26 May 2016. URL: <https://www.w3.org/TR/css-flexbox-1/>.
9. Canvas (HTML). Статья в Википедии. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Canvas\\_\(HTML\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Canvas_(HTML)).
10. Gulpjs. Automate and enhance your workflow. URL: <http://gulpjs.com/>.
11. LibSass. URL: <http://sass-lang.com/libsass>.
12. URL: <https://github.com/postcss/autoprefixer>.
13. URL: <http://php.net/>.
14. URL: <http://www.yiiframework.com/>.

УДК 004.9

### Разработка программного модуля радиационного режима атмосферы в среде AnyLogic

*О.А. Ефремова*  
*АлтГУ, г. Барнаул*

Одной из наиболее продвинутых областей в математической экологии является моделирование продукционного процесса растений [1]. Это определяется практической значимостью таких моделей для оптимизации агрокультуры и тепличного хозяйства. Здесь математические модели используются для выбора оптимальной стратегии проведения сельскохозяйственных мероприятий: орошения, полива, внесения удобрений, выбора сроков посева или посадки растений с целью получения максимального урожая [2–4].

Начало математическому моделированию продукционного процесса растений относят к 1953 г., когда появилась работа японских ученых Монси и Саэки, в которой впервые построена модель фотосинтеза в растительном покрове в зависимости от радиации, относительной площади листьев и их ориентации.

В Советском Союзе работы по ММПП были начаты по инициативе Ничипоровича (1956 г). В институте астрофизики и физики атмосферы Академии Наук Эстонии Россом и Бихеле (1964 г) была разработана математическая модель посева, в которой детально рассмотрено влияние радиационного режима и ориентации листьев на фотосинтез и продуктивность растительного покрова [5]. Начиная с 1974 г. начинают разрабатываться модели на базе ЭВМ, например, модель ELCROS. Так же начинают разрабатываться динамические модели для отдельных культур: модель SIMED для люцерны, модель SUBGRO для сахарной свеклы и др.

Важнейшей частью многих моделей роста растений и посева является взаимодействие системы со световым климатом. Способ такого взаимодействия определяет интенсивность радиации, прихо-