

REVIEW

Doctor in Oceanography

Rodolfo Martín Cornejo Urbina,

on Jimmy Juan Martina-Vasquez's dissertation

"Variability of Abiotic Characteristics of the Peruvian Upwelling and their Impact on the Anchovy Population"

Relevance:

The Peruvian Upwelling (PU) is one of the four most productive upwelling regions in the World Ocean (WO) and the largest in terms of fish catches. Being formed by means of the Peruvian Current, as a result of the wind blowing toward the equator, the Coriolis force deflects the current westward. This leads to upwelling, which causes the ascent of intermediate waters rich in minerals into the euphotic layer. As a result, favorable conditions are created in the upper ocean layer for the primary production and development of phyto- and zooplankton, which serve as a food source for common pelagic fish species.

Despite the fact that PU occupies an area of approximately 0.02% of the World Ocean, accounts for approximately 20% of the global fish catch. Fishing is of great economic importance for the Peruvian population. Therefore, studying the factors influencing the formation of aquatic bioproductivity is of not only scientific but also enormous practical significance mainly in our country.

The significance of the work lies in the fact that it presents a innovative point of view because of a comprehensive analysis of key abiotic factors, their interrelations, the construction of statistical models, and their use in long-term forecasting of anchovy biomass

General characteristics of the work

The main objective of the investigation is to examine the main large-scale patterns of abiotic parameters (sea surface temperature and integrated upwelling index) to construct statistical models with the catch of *Engraulis ringens*, the predominant commercial species in front of Peru, and to evaluate their predictive capabilities.

53 figures, 14 tables, a bibliography with 212 sources, an introduction, five chapters, and a conclusion are containing in the research. The introduction lays out the four main topics to be defended, establishes the goals and objectives. It also illustrates the practical importance and scientific uniqueness of the research. It should be mentioned that the results achieved are reported in seven publications in Russian Federation scientific journals, three of which are in journals from the BAK List and four of which are collections of materials from conferences that were held both internationally and exclusively in Russia. The goals, the topics to be argued, the scientific innovation, and the thorough conclusions at the end are all interconnected and make sense as a whole.

Evaluation of results

Well-known R2 and GODAS reanalysis archives served as the basis for the computations. Multiple linear regression, principal component analysis, principal factor analysis, cluster analysis, and decision trees—some of the most widely used data

mining techniques—were expertly employed by the author to address the issues. These techniques can be applied to a variety of hydrometeorological problems, especially classification and forecasting.

On topics for defense

The author presents four topics for defense.

1. Characteristics of the distribution of linear sea surface temperature (SST) trends in the PU waters.
2. Zoning of the PU waters based on interannual SST variability using multivariate statistical analysis (MSA) methods.
3. Patterns of spatiotemporal variability of the integral upwelling index calculated using Ekman theory, which takes into account vertical mass flux at the friction depth.
4. Statistical models of anchovy catch based on abiotic characteristics and an assessment of their potential for forecasting.

First, the author shows that throughout the year, negative linear SST fluctuations are seen throughout the PU water area, with the majority of these fluctuations occurring in a relative small coastal strip in the northern PU. According to the author, their emergence is the result of the cold Peruvian Current becoming stronger and the intensity of upwelling increasing, which is particularly noticeable in the coastal strip off the coast of Peru. In general, this is acceptable.

For the first time, the author has used multivariate statistical techniques with factor and cluster analysis to regionalize the Peruvian upwelling based on interannual SST variability in order to determine the spatiotemporal SST variability. The principal factors method was used to identify four quasi-homogeneous zones. The partitioning of the PA water area into four quasi-homogeneous zones was validated by a hierarchical classification of 216 factor loadings of SST data using Ward's approach.

The integral upwelling index is analyzed in the fourth chapter, along with a full explanation of the computation process based on Ekman's theory. Using surface wind data from 1980 to 2020, the upwelling index was computed from the eleven rectangular locations that were found in the PA waters. A detailed analysis of the upwelling index's intra- and interannual variability reveals positive trends in both the upwelling index (UI) and friction depth, which point to deepening graining and escalating upwelling. In 11 regions, there were strong statistical correlations between the UI, friction depth, and SST.

The development of statistical models of anchovy catch based on abiotic parameters and their application to forecasting is covered in Chapter 5 of the dissertation. For this, two multivariate techniques were employed: decision trees (DT) and multiple linear regression (MLR). The original predictor matrix's dimensions were $m \times n = 22 \times 25$, where n is the number of years (1996—2020) and m is the UI and SST in 11 PA water regions. They are shown to be highly accurate. The DT model reaches this accuracy by step 3, whereas the variables of the MLR model explain 88% of the CPUE variance by step 5. There was little difference between the actual and forecasted CPUE values for 2017—2020 when these models were used for experimental CPUE forecasting.

Conclusions

The Marine Institute of Peru (IMARPE) is a specialized technical agency of the Ministry of Production, aimed at scientific research and the study and knowledge of the Peruvian sea and its resources, to advise the state in the decision-making regarding the rational use of fishery resources and conservation of the marine environment, actively contributing to the development of Peru.

The institute continually makes hydroacoustic monitoring expeditions focused on *E. ringens* and other biotic (and abiotic) resources, then the work focused on variation of SST and an original estimation of upwelling is of particular interest. Furthermore statistical models of anchovy biomass estimations, based on abiotic characteristics to be used for long-term forecasting are unquestionably of utmost practical importance.

Therefore, it is evident that the results of this dissertation will undoubtedly contribute as a basis for developing more useful recommendations for a better management of fisheries and improvement of the economic situation in our country.

Doctor of Sciences, mention Oceanography

_____ R. Cornejo U.

I certify my signature



Firmado digitalmente por:
CORNEJO URBINA Rodolfo
Martín FAU 20148138888 hard
Motivo: Doy Vº Bº
Fecha: 21/10/2025 16:11:27-0500

Юридический центр Восстания 6, Бюро переводов
Санкт-Петербург, ул. Восстания, 6
Тел. +7 812 660 06 06
Факс: +7 812 719 95 71
E-mail: trans@v6.spb.ru

Vosstaniya 6 Legal Centre, Translation Agency
St. Petersburg, Ul. Vosstaniya, 6
Tel. +7 812 660 06 06
Fax: +7 812 719 95 71
E-mail: trans@v6.spb.ru

Перевод с английского и испанского языков

РЕЦЕНЗИЯ

Доктор океанографии

Родольфо Мартин Корнехо Урбина, о диссертации Джимми Хуана Мартина Васкеза
«Изменчивость абиотических характеристик перуанского апвеллинга и их влияние на популяцию анчоуса»

Актуальность:

Перуанский апвеллинг (ПА) является одним из четырех наиболее продуктивных апвеллинг-регионов в Мировом океане (МО) и крупнейшим с точки зрения улова рыбы. Образуясь под действием Перуанского течения, в результате дующего в сторону экватора ветра, сила Кориолиса отклоняет течение в западном направлении. Это приводит к апвеллингу, который вызывает подъем промежуточных вод, богатых минералами, в эвфотический слой. В результате в верхнем слое океана создаются благоприятные условия для первичной продукции и развития фито- и зоопланктона, которые служат источником пищи для распространенных видов пелагических рыб.

Несмотря на то, что ПА занимает площадь примерно 0,02% Мирового океана, на него приходится около 20% мирового улова рыбы. Рыболовство имеет большое экономическое значение для населения Перу. Поэтому изучение факторов, влияющих на формирование водной биопродуктивности, имеет не только научное, но и огромное практическое значение, главным образом в нашей стране.

Значимость работы заключается в том, что она представляет собой инновационную точку зрения благодаря комплексному анализу ключевых абиотических факторов, их взаимосвязей, построению статистических моделей и их использованию в долгосрочном прогнозировании биомассы анчоуса.

Общие характеристики работы

Основная цель исследования заключается в изучении основных крупномасштабных закономерностей абиотических параметров (температура поверхности моря и интегрированный индекс апвеллинга) для построения статистических моделей улова *Engraulis ringens* (Перуанский анчоус), преобладающего промыслового вида у берегов Перу, и оценки их прогнозирующих возможностей.

Исследование содержит 53 рисунка, 14 таблиц, библиографию из 212 источников, введение, пять глав и заключение. Во введении излагаются четыре основные темы, которые будут защищаться, устанавливаются цели и задачи. В нем также иллюстрируется практическая значимость и научная уникальность исследования. Следует отметить, что полученные результаты представлены в семи публикациях в научных журналах Российской Федерации, три из которых входят в список ВАК, а четыре – в сборники материалов международных и российских конференций. Цели, темы, научная новизна и подробные выводы в конце работы взаимосвязаны и составляют единое целое.

Оценка результатов

В качестве основы для расчетов были использованы известные архивы повторного анализа R2 и GODAS (глобальная система ассимиляции океанических данных). Для решения поставленных задач автор грамотно применил несколько наиболее широко используемых методов интеллектуального анализа данных: множественную линейную регрессию, анализ главных компонентов, анализ главных факторов, кластерный анализ и деревья решений. Эти методы могут быть применены к решению различных гидрометеорологических задач, в частности к классификации и прогнозированию.

О темах для защиты

Автор представляет четыре темы для защиты.

1. Характеристики распределения линейных трендов температуры поверхности моря (ТПМ) в водах ПА.
2. Зонирование вод ПА на основе межгодовой изменчивости ТПМ с использованием методов многомерного статистического анализа (МСА).
3. Закономерности пространственно-временной изменчивости интегрального индекса апвеллинга, рассчитанного с использованием теории Экмана, учитывающей вертикальный массовый поток на глубине трения.
4. Статистические модели улова анчоуса на основе абиотических характеристик и оценка их потенциала для прогнозирования.

Во-первых, автор показывает, что в течение года в водном пространстве ПА наблюдаются отрицательные линейные колебания ТПМ, причем большинство этих колебаний происходит в относительно небольшой прибрежной полосе в северной части ПА. По мнению автора, их появление является результатом усиления холодного Перуанского течения и увеличения интенсивности апвеллинга, что особенно заметно в прибрежной полосе у берегов Перу. В целом это приемлемо.

Впервые автор использовал многомерные статистические методы с факторным и кластерным анализом для регионализации перуанского апвеллинга на основе межгодовой изменчивости ТПМ с целью определения пространственно-временной изменчивости ТПМ. Метод главных факторов был использован для выделения четырех квазиоднородных зон. Разделение водной территории ПА на четыре квазиоднородные зоны было подтверждено иерархической классификацией 216 факторных нагрузок данных ТПМ с использованием подхода Уорда.

В четвертой главе анализируется интегральный индекс апвеллинга, а также дается полное объяснение процесса вычисления на основе теории Экмана. Используя данные о поверхностном ветре за период с 1980 по 2020 год, индекс апвеллинга был вычислен по одиннадцати прямоугольным точкам, обнаруженным в водах ПА. Подробный анализ внутригодовой и межгодовой изменчивости индекса апвеллинга показывает положительные тенденции как в индексе апвеллинга (ИА), так и в глубине трения, что указывает на углубление зернистости и усиление апвеллинга. В 11 регионах была обнаружена сильная статистическая корреляция между ИА, глубиной трения и ТПМ.

Разработка статистических моделей улова анчоуса на основе абиотических параметров и их применение для прогнозирования рассматривается в главе 5 диссертации. Для этого были использованы две многомерные методики: деревья решений (ДР) и множественная линейная регрессия (МЛР). Размеры исходной матрицы предикторов составляли $m \times n = 22 \times 25$, где n – количество лет (1996-2020), а m – ИА и ТПМ в 11 водных регионах

ПА. Они показали высокую точность. Модель ДР достигает этой точности на этапе 3, тогда как переменные модели МЛР объясняют 88% дисперсии CPUE (Улов на единицу промыслового усилия) на этапе 5. При использовании этих моделей для экспериментального прогнозирования CPUE разница между фактическими и прогнозируемыми значениями CPUE на 2017-2020 годы была незначительной.

Выводы

Морской институт Перу (IMARPE) является специализированным техническим агентством Министерства производства, целью которого является проведение научных исследований, изучение и познание Перуанского моря и его ресурсов, консультирование государства по вопросам принятия решений, касающихся рационального использования рыбных ресурсов и сохранения морской среды, а также активное содействие развитию Перу.

Институт постоянно проводит гидроакустические экспедиции, посвященные *E. ringens* и другим биотическим (и абиотическим) ресурсам, поэтому работа, посвященная изменению ТПМ и оригинальной оценке апвеллинга, представляет особый интерес. Кроме того, статистические модели оценки биомассы анчоуса, основанные на абиотических характеристиках, которые будут использоваться для долгосрочного прогнозирования, несомненно, имеют огромное практическое значение.

Таким образом, очевидно, что результаты этой диссертации, безусловно, послужат основой для разработки более полезных рекомендаций по совершенствованию управления рыбным хозяйством и улучшению экономической ситуации в нашей стране.

Доктор наук, специальность «Океанография»

Р. Корнехо У.

Удостоверяю свою подпись

ГЕРБ

ПЕРУ

ЦИФРОВАЯ
ПОДПИСЬ

Подписано цифровой подписью:
КОРНЕХО УРБИНА Родольфо
Мартин FAU 20148138886 hard
Основание: Утверждаю.
Дата: 21/10/2025 16:11:27-0500

-----Конец перевода документа-----

Я, дипломированный переводчик Шумилина Евгения Александровна, владеющая русским, испанским и английским языками, подтверждаю, что выполненный мною перевод является правильным, точным и полным.

Переводчик Шумилина Евгения Александровна

Российская Федерация, Санкт-Петербург.
Второго декабря две тысячи двадцать пятого года.

Я, Силина Татьяна Николаевна, временно исполняющая обязанности нотариуса
нотариального округа Санкт-Петербурга Андреевой Елены Леопидовны, свидетельствую
подлинность подписи переводчика Шумиловой Евгении Александровны.

Подпись сделана в моем присутствии.

Личность подписавшей документ установлена.

Зарегистрировано в реестре: № 78/301-п/78-2025-66-1159.

Уплачено за совершение нотариального действия: 700 рублей.

Т.Н. Силина



Итого в настоящем документе 6 (шесть) листов
Врио нотариуса: