



Смертность от рака молочной железы в Приморском крае: анализ данных и моделирование

М.З. Ермолицкая^{1,2}, П.Ф. Кику³, А.И. Абакумов¹

¹ФГБУН «Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН», ул. Радио, д. 5, г. Владивосток, 690041, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО «Владивостокский государственный университет экономики и сервиса», ул. Гоголя, д. 41, г. Владивосток, 690014, Российская Федерация

³ФГАУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», Школа медицины, п. Аякс, д. 10, о. Русский, г. Владивосток, 690922, Российская Федерация

Резюме

Введение. В Приморском крае наблюдается устойчивая тенденция к росту заболеваемости и смертности от рака молочной железы. Образ жизни человека, материальное благосостояние, доступность и своевременность получения медицинской помощи наряду с генетическими предрасположенностями оказывают существенное влияние на продолжительность жизни и смертность пациентов с установленным диагнозом, что имеет большое значение для общественного здравоохранения, особенно при выработке стратегии повышения качества жизни и укрепления здоровья населения.

Цель: анализ ситуации и разработка модели, позволяющей прогнозировать уровень смертности на основе данных по распространенности раком молочной железы и социально-экономическим показателям качества жизни населения Приморского края.

Материалы и методы. Исследование проведено на основе данных Федеральной службы государственной статистики и медико-информационного аналитического центра Приморского края за период с 1994 по 2019 год. Для анализа статистических данных применен корреляционный анализ, для разработки модели – искусственные нейронные сети.

Результаты. В крае в целом с 2000 по 2019 год наблюдается тенденция роста уровня смертности от рака молочной железы (39,13 %). Статистический анализ взаимосвязи между социально-экономическими показателями и коэффициентом смертности показал наличие значимых корреляций, на основе которых разработана нейросетевая модель. Наибольший вес при прогнозировании оказывают показатели, характеризующие уровень материального благосостояния населения и качество медицинского обслуживания пациентов.

Выводы. Выявленные взаимосвязи демонстрируют возможность их учета при проектировании управленческих решений по увеличению продолжительности жизни и улучшению ее качества для пациентов с раком молочной железы.

Ключевые слова: рак молочной железы, качество жизни населения, искусственная нейронная сеть.

Для цитирования: Ермолицкая М.З., Кику П.Ф., Абакумов А.И. Смертность от рака молочной железы в Приморском крае: анализ данных и моделирование // Здоровье населения и среда обитания. 2021. Т. 29. № 11. С. 16–22. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-11-16-22>

Сведения об авторах:

Ермолицкая Марина Захаровна – к.б.н., доцент, старший научный сотрудник лаборатории информационно-аналитических и управляющих систем и технологий ФГБУН «Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН»; e-mail: ermnz@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2588-102X>.

✉ **Кику** Павел Федорович – д.м.н., проф., директор департамента общественного здоровья и профилактической медицины Школы медицины ФГАУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»; e-mail: kiku.pf@dvfu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3536-8617>.

Абакумов Александр Иванович – д.ф.-м.н., проф., заведующий лабораторией математического моделирования биофизических процессов ФГБУН «Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН»; e-mail: abakumov@iacp.dvo.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2235-9025>.

Информация о вкладе авторов: Ермолицкая М.З. – подготовка и реализация дизайна исследования; сбор, обработка и анализ данных, интерпретация результатов; подготовка текста статьи; Кику П.Ф. – получение данных для анализа, интерпретация результатов, проверка; Абакумов А.И. – интерпретация результатов, редактирование.

Финансирование: Работа выполнена в рамках госзадания № 0202-2019-0009. Тема: Разработка передовых методов и технологий создания интеллектуальных информационных и управляющих систем.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья получена: 06.10.21 / Принята к публикации: 03.11.21 / Опубликовано: 30.11.21

Breast Cancer Mortality in the Primorsky Region: Data Analysis and Modeling

Marina Z. Ermolitskaya,^{1,2} Pavel F. Kiku,³ Aleksandr I. Abakumov¹

¹Institute of Automation and Control Processes, 5 Radio Street, Vladivostok, 690041, Russian Federation

²Vladivostok State University of Economics and Service, 41 Gogol Street, Vladivostok, 690014, Russian Federation

³School of Medicine, Far Eastern Federal University, 10 Ajax Village, Russky Island, Vladivostok, 690922, Russian Federation

Summary

Introduction: In the Primorsky Region, there is a steady upward trend in breast cancer morbidity and mortality. Lifestyle, material wellbeing, availability and timeliness of receiving medical care, along with genetic predisposition, have a significant impact on life expectancy and mortality of cancer patients, which is of great importance for public health, especially when developing a strategy to improve the quality of life and health status of the population.

Objective: The study aimed to analyze the situation and to develop a model for mortality prediction based on breast cancer prevalence rates and socio-economic indicators of the population of the Primorsky Region.

Materials and methods: The study was carried out based on data from the Federal State Statistics Service and the Medical Information Analytical Center of the Primorsky Region for 1994–2019. Correlation analysis was used to analyze statistical data and the prediction model was developed using artificial neural networks.

Results: In 2000–2019, there was a rise in breast cancer mortality by 39.13 % in the region. The statistical analysis of the relationship between socio-economic indicators and the mortality rate showed significant correlations, which were further

used for the development of a neural network model. We observed that predictions were most influenced by parameters of material well-being and health care quality.

Conclusion: The established relationships prove the necessity of considering them when designing management decisions aimed to increase life expectancy and improve the quality of life in breast cancer patients.

Keywords: breast cancer, quality of life in the population, artificial neural network.

For citation: Ermolitskaya MZ, Kiku PF, Abakumov AI. Breast cancer mortality in the Primorsky Region: Data analysis and modeling. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021; 29(11):16–22. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-11-16-22>

Author information:

Marina Z. **Ermolitskaya**, Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor; Senior Researcher, Laboratory of Information, Analytical and Control Systems and Technologies, Institute of Automation and Control Processes; e-mail: ermz@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2588-102X>.

✉ Pavel F. **Kiku**, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Public Health and Preventive Medicine, School of Medicine, Far Eastern Federal University; e-mail: kiku.pf@dvfu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3536-8617>.

Aleksandr I. **Abakumov**, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor; Head of the Laboratory of Mathematical Modeling of Biophysical Processes, Institute of Automation and Control Processes; e-mail: abakumov@iacp.dvo.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2235-9025>.

Author contributions: Ermolitskaya M.Z. developed the study design and conception, did data collection, processing, and analysis, and wrote the manuscript; Kiku P.F. acquired data, checked and interpreted the results; Abakumov A.I. interpreted the results; all authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript

Funding: The work was carried out as part of state task No. 0202-2019-0009. Topic: Development of advance methods and technologies for creating intelligent information and control systems.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Received: October 6, 2021 / Accepted: November 3, 2021 / Published: November 30, 2021

Введение. Злокачественные новообразования относятся к основным классам болезней и причин смерти населения нашей планеты. За последние 20 лет в мире наблюдается стабильный рост онкологических больных с впервые в жизни установленным диагнозом. Первое место в структуре онкологических заболеваний у женщин занимает рак молочной железы (РМЖ). По оценкам специалистов Международного агентства по изучению рака (МАИР) в 2020 году рак молочной железы диагностировали у 2,3 млн человек, 685 тысяч от него скончались. Зафиксированы случаи злокачественных новообразований грудной железы и у мужчин (0,5–1 % всех случаев рака груди), причем смертность среди пациентов данной категории очень высока.

Согласно данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) наибольшее количество случаев заболеваемости и смертности от рака молочной железы зафиксировано в странах с низким и средним уровнем дохода. Самые высокие значения стандартизованных по возрасту коэффициентов смертности среди женского населения отмечены в Полинезии (19,1 на 100 тыс. населения), Африке (16,8) и Азии (12,5)¹ [1].

В России также наблюдается тенденция роста численности населения с онкологическими заболеваниями. В структуре смертности от всех причин злокачественные новообразования занимают второе место (в 2019 году – 16,4 %, в 2018 году – 16,1 %). При этом показатель смертности от рака молочной железы медленно снижается в среднем на 0,2 % в год. Удельный вес показателя смертности от РМЖ в 2019 году составил 7,4 %, в 2014 году – 7,9 % (у женщин в 2019 году – 15,9 %, в 2014 году – 16,7 %)². Высокие показатели смертности от РМЖ значительно влияют на ожидаемую продолжительность жизни женского населения и имеют большое значение в связи с социально-экономическими потерями общества [2, 3].

Качество жизни населения наряду с генетическими предрасположенностями оказывает существенное влияние на выживаемость пациентов с установленным диагнозом «рак молочной железы». В ряде опубликованных работ отмечается, что образ жизни человека, питание, эмоцио-

нальное состояние и загрязнение окружающей среды воздействуют на продолжительность жизни и смертность [4–8]. При этом роль многих факторов недостаточно изучена и активно обсуждается в научной литературе [9].

Цель исследования – анализ ситуации и разработка модели, позволяющей прогнозировать уровень смертности на основе данных по распространенности раком молочной железы и социально-экономическим показателям качества жизни населения Приморского края.

Материалы и методы. В основу статьи положена статистическая информация об уровне заболеваемости и смертности от рака молочной железы в Приморском крае за период с 1994 по 2019 год. Исходная выборка данных состояла из 26 наблюдений и 15 факторов, характеризующих социально-экономические стороны жизни населения: доход (среднедушевые денежные доходы в месяц, руб.), заработная плата (среднемесячная номинальная начисленная заработная плата в расчете на одного работника), прожиточный уровень (величина прожиточного уровня в среднем на душу населения, руб. в месяц), инвестиции (инвестиции в основной капитал на душу населения в фактически действующих ценах), коэффициент Джини (индекс концентрации доходов), объем платных услуг населению в расчете на душу населения, жилье (введено в действие общей площади жилых домов и общежитий, тыс. м²), коэффициент фондов (соотношение доходов 10 % наиболее и наименее обеспеченного населения), ВРП (валовой региональный продукт на душу населения), численность населения (на 1 января, тыс. человек), численность среднего медицинского персонала на 10 тыс. человек населения, обеспеченность больничными койками на 10 тыс. населения, ИЧР (индекс человеческого развития), индекс образования, уровень безработицы (по методологии МОТ). Численные значения данных показателей были получены из материалов официального сайта Федеральной службы государственной статистики². Показатели заболеваемости и смертности на 100 тыс. населения предоставлены медико-информационным аналитическим центром Приморского края. Взятые показатели, по нашему мнению, характеризуют

¹ WHO. Cancer: Factsheet. September 21, 2021. Accessed November 25, 2021. URL: <http://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/cancer/>

² Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт: URL: <https://rosstat.gov.ru>.

социально-экономическую и социально-демографическую стороны жизни населения и могут быть взаимосвязаны с уровнем смертности от рака молочной железы.

Первичная обработка и анализ исходных данных осуществлялись в программе R-Studio (Version 1.0.153). Проверка нулевых гипотез проводилась методом Р. Фишера на заданном уровне значимости 0,05 [10].

Для определения существенности влияния выбранных показателей на коэффициент смертности от рака молочной железы использовали корреляцию Пирсона для нормально распределенных данных и метод тау Кендала в противном случае. Критерий Шапиро – Уилка применяли для проверки данных на нормальность распределения.

Построение модели зависимости коэффициента смертности от факторов жизни осуществлялось с помощью искусственных нейронных сетей (ИНС) с использованием функции neuralnet (пакет neuralnet в R-Studio). Предварительно данные были стандартизованы (функция scale) и разделены случайным образом на обучающую и тестовую выборки (75 и 25 %, функция sample). Настройка искусственной нейронной сети осуществлялась экспериментально; рассматривали одно-, двух- и трехуровневые структуры с числом нейронов на каждом слое от 1 до 8. Коэффициенты матрицы весов на первом шаге обучения сети инициализировались случайным образом. Обучение сводилось к оптимальному подбору коэффициентов матрицы весов для минимизации функции ошибок. В качестве функции ошибок рассчитывали среднеквадратическую ошибку (MSE). Качество полученной модели проверяли на обучающей и тестовой выборках с помощью следующих показателей: коэффициент детерминации (R^2) и ошибка аппроксимации (А).

Результаты и обсуждение. В структуре онкологических заболеваемости рак молочной железы занимает ведущее положение у женского населения в России (21,2 %): абсолютное число случаев, зафиксированных в 2019 году, составляет 74 490, из них 572 приходится на мужское население и 73 918 – на женское. Увеличение случаев заболеваемости наблюдается у женщин в возрастной группе 30–59 лет, у мужчин – 60 лет и старше. При этом показатели смертности медленно сни-

жаются: среднегодовой темп отрицательного прироста составляет по «грубым» показателям 1,15 %, по стандартизованным показателям (мировой стандарт) – 2,33 %; отрицательный прирост смертности по отношению к 2009 году – 10,8 % по «грубым» показателям и 20,69 % по стандартизованным показателям (рис. 1). Абсолютное число случаев смерти от рака молочной железы в 2019 году равнялось 21 871 (151 мужчина и 21 720 женщин). Средний возраст умерших составил 66,5 года. Показатели заболеваемости и смертности городского населения выше, чем сельского².

Кумулятивный риск умереть от рака молочной железы в возрасте до 75 лет при условии отсутствия других причин смерти у женщин России имеет тенденцию к уменьшению: в 2000 году этот показатель был равен 1,95 %, в 2019 – 1,58 %. Уменьшение показателей смертности, возможно, связано с увеличением доли заболеваний, выявленных на ранних стадиях, а также со своевременным применением современных и эффективных средств лечения больных. В рамках национального проекта «Здравоохранение», целью которого является повышение к 2024 году ожидаемой продолжительности жизни при рождении до 78 лет и снижение смертности населения трудоспособного возраста до 350 случаев на 100 тыс. населения, реализуется программа «Борьба с онкологическими заболеваниями». Согласно этой программе смертность от новообразований, в том числе злокачественных, должна быть снижена до 185 случаев на 100 тыс. населения.

В Приморском крае реализуется региональный проект «Борьба с онкологическими заболеваниями в Приморском крае». Проект направлен на снижение смертности от новообразований, в том числе злокачественных, до 204,5 случая на 100 тыс. населения и увеличение доли злокачественных новообразований, выявленных на ранних стадиях (I–II стадии), до 63 % к 2024 году. В рамках проекта в 2019 году стартовала информационно-коммуникационная компания, направленная на раннее выявление онкологических заболеваний и повышение приверженности пациентов к лечению. Также предусмотрена организация сети центров амбулаторной онкологической помощи в 11 межрайонных медицинских центрах края^{2,3}.

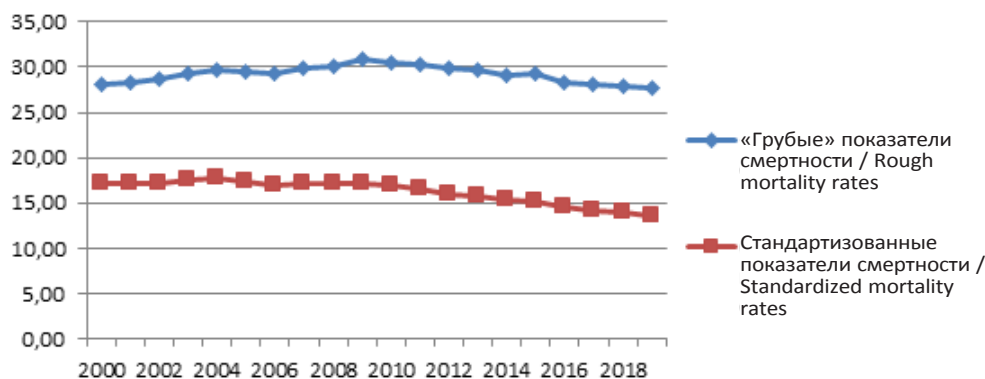


Рис. 1. Динамика смертности от рака молочной железы в России на 100 тыс. населения с использованием мирового стандарта возрастного распределения населения: «грубые» показатели, стандартизованные показатели

Fig. 1. Rough and standardized breast cancer mortality rates per 100 thousand population in the Russian Federation, 2000–2019

³ Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Приморском крае в 2020 году». Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2021. 324 с

По данным медико-информационного аналитического центра Приморского края, за последние годы в крае наблюдалась устойчивая тенденция к росту заболеваемости и смертности от рака молочной железы (рис. 2). В 2019 году абсолютное число больных с данным диагнозом составляло 958 человек, из них 10 мужчин и 948 женщин (для сравнения в 2009 году – 666 человек, в 2014 году – 889 человек). «Грубый» показатель заболеваемости на 100 тыс. населения был равен 50,44 %, стандартизованный – 31,05 % (для женщин 96,75 % и 54,91 % соответственно). Абсолютное число зафиксированных случаев смерти равнялось 360 человек, из них 4 мужчин и 356 женщин (в 2009 году – 347 человек, в 2014 году – 293 человека). «Грубый» показатель смертности на 100 тыс. населения составил 18,95 %, стандартизованный – 10,39 % (для женщин 35,96 % и 17,41 % соответственно). Отношение числа смертей к числу новых случаев на 100 тыс. населения (стандартизованный показатель) в 2019 году составило 0,33 усл. ед. (в 2014 году – 0,31 усл. ед.).

Прирост уровня смертности в крае за период с 2000 по 2019 год составил 39,13 % (с 2009 года – 13,17 %). Наибольшая величина прироста отмечена в Анучинском, Ханкайском, Октябрьском районах, а также в городах Артем, Дальнереченск и Находка. При этом снижение уровня смертности наблюдалось в восьми районах края (Хорольский, Шкотовский, Хасанский, Пожарский, Партизанский, Красноармейский, Ковалеровский, Черниговский) и в городах Фокино, Партизанск и Спасск. Улучшение ситуации в некоторых районах за последние 5 лет сопровождается увеличением числа лиц взрослого населения, прошедших диспансеризацию (в том числе онкоскрининг), на 91,73 %; увеличением численности врачей-онкологов (прирост численности врачей-онкологов составил 30,77 % на 100 тыс. населения); расширением профильных госучреждений по лечению онкологии в крае, что обеспечивает доступность и своевременность получения медицинской помощи населением и позволяет проводить раннюю диагностику и хронизацию заболевания. В связи с этим в крае наблюдается рост числа выявленных заболеваний РМЖ на I стадии с 17,6 % в 2014 году до 29,1 % в 2019 году и числа пациентов, состоящих на учете 5 лет и более, с 3351 до 5148 человек³.

Статистический анализ взаимосвязи между социально-экономическими показателями и

коэффициентом смертности показал наличие значимых корреляций (таблица).

Коэффициент смертности имеет обратную значимую зависимость со следующими показателями: численность населения, уровень безработицы, обеспеченность больничными койками, численность среднего медицинского персонала. Сильная прямая связь наблюдается с индексом образования и прямая умеренная с остальными показателями, что согласуется с опубликованными данными официальных источников³ [11–14]. В Приморском крае наблюдается положительная динамика по анализируемым социально-экономическим показателям. С 2000 года в 19,9 раза увеличился валовый региональный продукт на душу населения; инвестиции на душу населения возросли в 24,5 раза; среднемесячная заработная плата – в 21,9 раза; среднедушевые денежные доходы – в 19,8 раза; прожиточный уровень – в 10,8 раза. При этом реальные денежные доходы населения края уменьшились в 0,89 раза, что можно связать с ростом расходов на обязательные платежи и разнообразные взносы. Объем платных услуг населению в расчете на душу населения увеличился в 18,9 раза. В 3 раза больше введено в действие общей площади жилых домов и общежитий. В 0,55 раза сократился уровень безработицы, при этом численность населения уменьшилась в 0,89 раза. Индекс человеческого развития вырос в 1,2 раза. Люди пытаются заработать как можно больше, трудятся много, некоторые сразу в нескольких местах. На этом фоне отмечен рост показателей, характеризующих дифференциацию населения края: прирост показателей коэффициента Джини и коэффициента фондов составил 20,62 и 51,07 % соответственно. Следует отметить, что в разрезе муниципальных образований занятость населения, доходность и обеспеченность медицинским персоналом остается различной, что в свою очередь оказывает влияние на качество жизни населения и уровень смертности. По мнению специалистов, на генетические предпосылки заболеваемости раком молочной железы приходится по разным оценкам от 5 до 15 %. Наибольшее влияние на вероятность формирования заболеваемости и смертности оказывает образ жизни человека.

Для построения модели зависимости коэффициента смертности от значимых показателей качества жизни использовали искусственные нейронные сети (ИНС). В итоге получили наилучшую

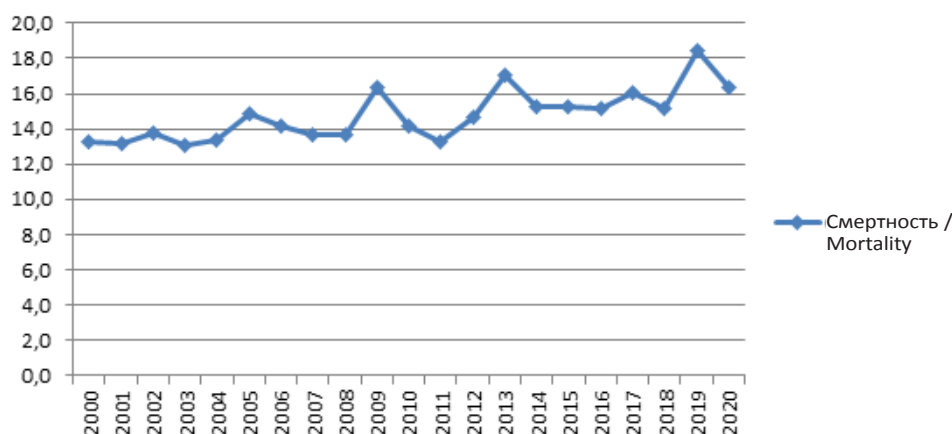


Рис. 2. Динамика смертности от рака молочной железы на 100 тыс. населения Приморского края

Fig. 2. Breast cancer mortality rates per 100 thousand population of the Primorsky Region, 2000–2019

Таблица. Коэффициенты корреляции между коэффициентом смертности и другими показателями
Table. Coefficients of statistically significant correlation between socio-economic indicators and mortality rates

Показатели / Indicators	Коэффициент корреляции / Correlation coefficient	Уровень значимости / <i>p</i> -value
Доход / Income	0,737	9,744e-08
Среднемесячная зарплата / Average monthly salary	0,737	9,744e-08
Прожиточный уровень / Subsistence level	0,726	1,539e-07
Инвестиции на душу населения / Investments per capita	0,598	1,506e-05
Коэффициент Джини / Gini coefficient	0,641	4,114e-06
Объем платных услуг населению / Volume of paid services to population	0,737	9,744e-08
Жилье / Housing	0,417	0,0026
Коэффициент фондов / Funds ratio	0,572	4,05e-05
Валовый региональный продукт на душу населения / Gross regional product per capita	0,737	9,744e-08
Численность населения / Size of population	-0,737	9,744e-08
Численность среднего медицинского персонала / Number of paramedical personnel	-0,429	0,0019
Обеспеченность больничными койками / Availability of hospital beds	-0,578	0,0016
ИЧР / Human development Index	0,683	8,005e-07
Индекс образования / Education Index	0,827	1,031e-07
Уровень безработицы / Unemployment rate	-0,721	2,527e-07

Примечание: курсивом выделены показатели с нормальным видом распределения. Для них рассчитаны коэффициенты корреляции Пирсона, для остальных показателей представлены коэффициенты корреляции Кендалла.

Note: Indicators with normal distribution type are italicized. For them, Pearson's correlation coefficients are calculated, for the remaining indicators, Kendall's correlation coefficients are presented.

нейросетевую модель, состоящую из двух слоев с двумя нейронами в каждом слое (рис. 3).

Коэффициент детерминации при этом равен 0,88 на тестовой выборке и 0,95 на обучающей выборке; ошибка аппроксимации на тестовой выборке составила 12,23 %, на обучающей выборке — 31,38 %; значение среднеквадратической ошибки на тестовой выборке — 0,007, на обучающей выборке — 0,0005. Полученные оценки свидетельствуют о хорошем качестве нейросетевой модели.

Согласно полученным результатам наибольший вес при прогнозировании с помощью ИНС имеют следующие показатели: доход, средне-

месячная заработная плата, ИЧР, уровень безработицы, обеспеченность больничными койками и численность среднего медицинского персонала, что согласуется с результатами корреляционного анализа. То есть при прогнозировании значения коэффициента смертности необходимо учитывать показатели, характеризующие уровень материального благосостояния населения и качество медицинского обслуживания пациентов.

Таким образом, по данным официальной статистики в Приморском крае в целом наблюдается устойчивая тенденция к росту заболеваемости и смертности от рака молочной железы.

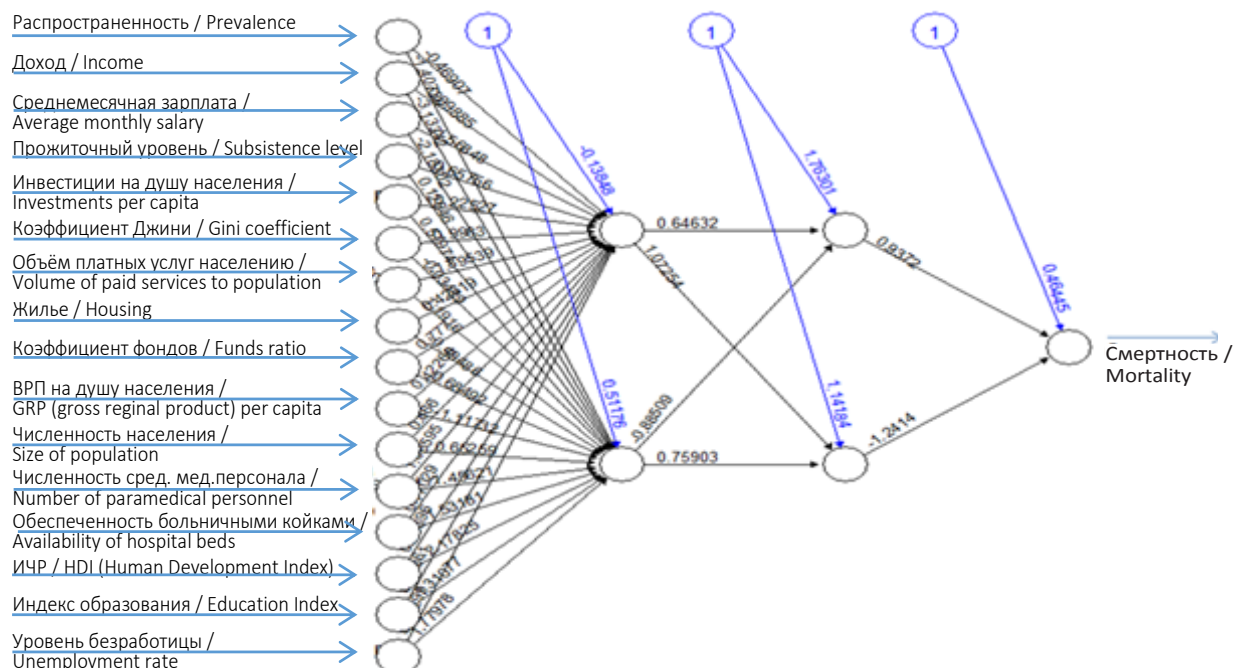


Рис. 3. График обученной искусственной нейронной сети

Fig. 3. Plot of a trained artificial neural network

При этом в некоторых районах и городах края уровень смертности снижается. Такая ситуация, возможно, возникла из-за неравномерного социально-экономического развития муниципальных территориальных образований и дифференциации населения края по уровню доходов. Выявленные в результате статистического анализа взаимосвязи и разработанная на их основе искусственная нейронная сеть могут быть использованы при прогнозировании коэффициента смертности от РМЖ на региональном уровне.

Данное исследование отличается от других [13–18] временным интервалом (с 1994 по 2019 год), территориальной принадлежностью, набором исследуемых показателей, характеризующих социально-экономическую составляющую жизни людей, и выбором искусственных нейронных сетей для разработки прогнозной модели. Дальнейшее исследование предполагает уменьшение временного интервала (с 2000 года) и изучение влияния показателей на коэффициент смертности от рака молочной железы у женского населения Приморского края и ДФО в целом. Результаты исследования могут быть использованы в качестве дополнительного инструмента при оказании адресной помощи пациентам, а также при разработке и совершенствовании методик, позволяющих снизить смертность от РМЖ на региональном уровне.

Выводы

1. Результаты данного исследования позволили проследить динамику заболеваемости и смертности от рака молочной железы с учетом социально-экономических показателей качества жизни населения Приморского края начиная с 1994 года.

2. Качество разработанной нейросетевой модели дает возможность использовать ее для прогнозирования коэффициента смертности, а выявленные взаимосвязи могут быть учтены при проектировании управленческих решений по увеличению продолжительности жизни и улучшению ее качества для пациентов с заболеванием РМЖ на территории края.

Список литературы

1. Siegel RL, Miller KD, Jemal A. Cancer statistics, 2020. *CA Cancer J Clin.* 2020;70(1):7–30. doi: 10.3322/caac.21590
2. Худайкулова А.Т., Худайкулов Т.К. Социально-экономические последствия смертности женщин от рака молочной железы в Узбекистане // Злокачественные опухоли. 2015. № 1. С. 53–56.
3. Игисинов Н.С., Тогузбаева А.Я. К оценке утраченного жизненного потенциала в связи со смертностью от рака молочной железы в Казахстане // Онкология и радиология Казахстана. 2017. № 135 (45). С. 69–70.
4. Нурманова А., Султанова З.И., Аннаоразов Ы.А. Факторы и их роль в заболеваемости, смертности, выживаемости при раке молочной железы // Вестник Казахского национального медицинского университета (КазНМУ). 2018. № 1. С. 112–114.
5. Французова И.С. Анализ факторов риска развития рака молочной железы // Международный научно-исследовательский журнал. 2019. № 3 (81). С. 68–74.
6. Кикун П.Ф., Веремчук Л.В., Жерновой М.В. Роль экологических и социально-гигиенических факторов в распространении онкологических заболеваний. Владивосток: Издат. дом Дальневосточного федерального университета, 2012. 192 с.
7. Sternfeld B, Weltzien E, Quesenberry CP, et al. Physical activity and risk of recurrence and mortality in breast cancer survivors: findings from the LACE study. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 2009;18(1):87–95. doi: 10.1158/1055-9965.EPI-08-0595
8. Freedman DM, Dosemeci M, McGlynn K. Sunlight and mortality from breast, ovarian, colon, prostate, and non-melanoma skin cancer: a composite death certificate based case–control study. *Occup Environ Med.* 2002;59(4):257–262. doi: 10.1136/oem.59.4.257
9. Kolpak E, Frantsuzova IS. Causes of morbidity and mortality from breast cancer. *Eurasian J Anal Chem.* 2017;12(5):779–791. doi: 10.12973/ejac.2017.00210a
10. Кабаков Р.И. Р в действии. Анализ и визуализация данных в программе R. / Пер. с англ. П.А.Волковой. М.: ДМК Пресс, 2014. 358 с.
11. Писарева Л.Ф., Перинов Д.А., Одинцова И.Н., и др. Эпидемиология рака молочной железы. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2017. 190 с.
12. Писарева Л.Ф., Ляхова Н.П., Перинов Д.А. и др. Заболеваемость раком молочной железы и смертность от него коренного и пришлого населения республики Бурятия // Профилактическая медицина. 2019. Т. 22. № 2. С. 62–67. doi: 10.17116/profmed20192202162
13. Tyrer J, Duffy SW, Cuzick J. A breast cancer prediction model incorporating familial and personal risk factors. *Stat Med.* 2004;23(7):1111–1130. doi: 10.1002/sim.1668
14. Elwood M, Tawfiq E, TinTin S, et al. Development and validation of a new predictive model for breast cancer survival in New Zealand and comparison to the Nottingham prognostic index. *BMC Cancer.* 2018;18(1):897. doi: 10.1186/s12885-018-4791-x
15. Sekeroglu B, Tuncal K. Prediction of cancer incidence rates for the European continent using machine learning models. *Health Informatics J.* 2021;27(1):1460458220983878. doi: 10.1177/1460458220983878
16. Asghari Jafarabadi M, Iraj Z, Dolatkhan R, Jafari-Koshki T. Modeling the factors associated with mortality in patients with breast cancer: a machine learning approach. [Preprint] 2020. Accessed September 23, 2021. doi: 10.21203/rs.3.rs-57685/v1
17. Jafari-Koshki T, Schmid VJ, Mahaki B. Trends of breast cancer incidence in Iran during 2004–2008: a Bayesian space–time model. *Asian Pac J Cancer Prev.* 2014;15(4):1557–1561. doi: 10.7314/apjcp.2014.15.4.1557
18. Foerster R, Foerster FG, Wulff V, et al. Matched–pair analysis of patients with female and male breast cancer: a comparative analysis. *BMC Cancer.* 2011;11:335. doi: 10.1186/1471-2407-11-335

References

1. Siegel RL, Miller KD, Jemal A. Cancer statistics, 2020. *CA Cancer J Clin.* 2020;70(1):7–30. doi: 10.3322/caac.21590
2. Khudaykulov AT, Khudaykulov TK. Socio-economic consequences of female mortality from breast cancer in Uzbekistan. *Malignant Tumours.* 2015;(1):53–56. (In Russ.) doi: 10.18027/2224-5057-2015-1-53-56
3. Iginov HC, Toguzbayeva AY. To the assessment of the lost life potential due to mortality from breast cancer in Kazakhstan. *Onkologiya i Radiologiya Kazakhstana.* 2017;135(45):69–70. (In Russ.)
4. Nurmanova A, Sultanova ZI, Anaorazov YA. Factors and their role in morbidity, mortality, survival in mammary cancer. *Vestnik Kazakhskogo Natsional'nogo Meditsinskogo Universiteta (KazNMU).* 2018;(1):112–114. (In Russ.)
5. Frantsuzova IS. Analysis of risk factors of breast cancer development. *Mezhdunarodnyy Nauchno-Issledovatel'skiy Zhurnal.* 2019;(3(81)):68–74. (In Russ.) doi: 10.23670/IRJ.2019.81.3.011
6. Kiku PF, Veremchuk LV, Zhernovoy MV. The role of environmental and socio-hygienic factors in the

- spread of cancer. Izdatel'skiy dom Dal'nevostochnogo federal'nogo universiteta Publ.; 2012. 192 p. (In Russ.)
7. Sternfeld B, Weltzien E, Quesenberry CP, *et al.* Physical activity and risk of recurrence and mortality in breast cancer survivors: findings from the LACE study. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 2009;18(1):87–95. doi: 10.1158/1055-9965.EPI-08-0595
 8. Freedman DM, Dosemeci M, McGlynn K. Sunlight and mortality from breast, ovarian, colon, prostate, and non-melanoma skin cancer: a composite death certificate based case–control study. *Occup Environ Med.* 2002;59(4):257–262. doi: 10.1136/oem.59.4.257
 9. Kolpak E, Frantsuzova IS. Causes of morbidity and mortality from breast cancer. *Eurasian J Anal Chem.* 2017;12(5):779–791. doi: 10.12973/ejac.2017.00210a
 10. Kabacoff RI. *R in Action. Data analysis and Graphics with R.* Trans. by Volkova PA. Moscow: DMK Press Publ.; 2014. (In Russ.)
 11. Pisareva LF, Perinov DA, Odintsova IN, *et al.* [Epidemiology of Breast Cancer.] Tomsk: Tomsk State University Publ.; 2017. (In Russ.)
 12. Pisareva LF, Lyakhova NP, Perinov DA, *et al.* Breast cancer incidence and mortality rates in native and alien populations of the Republic of Buryatia. *Profilakticheskaya Meditsina.* 2019;22(2):62–67. (In Russ.) doi: 10.17116/profmed20192202162
 13. Tyrer J, Duffy SW, Cuzick J. A breast cancer prediction model incorporating familial and personal risk factors. *Stat Med.* 2004;23(7):1111–1130. doi: 10.1002/sim.1668
 14. Elwood M, Tawfiq E, TinTin S, *et al.* Development and validation of a new predictive model for breast cancer survival in New Zealand and comparison to the Nottingham prognostic index. *BMC Cancer.* 2018;18(1):897. doi: 10.1186/s12885-018-4791-x
 15. Sekeroglu B, Tuncal K. Prediction of cancer incidence rates for the European continent using machine learning models. *Health Informatics J.* 2021;27(1):1460458220983878. doi: 10.1177/1460458220983878
 16. Asghari Jafarabadi M, Iraj Z, Dolatkhan R, Jafari-Koshki T. Modeling the factors associated with mortality in patients with breast cancer: a machine learning approach. [Preprint] 2020. Accessed September 23, 2021. doi: 10.21203/rs.3.rs-57685/v1
 17. Jafari-Koshki T, Schmid VJ, Mahaki B. Trends of breast cancer incidence in Iran during 2004–2008: a Bayesian space–time model. *Asian Pac J Cancer Prev.* 2014;15(4):1557–1561. doi: 10.7314/apjcp.2014.15.4.1557
 18. Foerster R, Foerster FG, Wulff V, *et al.* Matched–pair analysis of patients with female and male breast cancer: a comparative analysis. *BMC Cancer.* 2011;11:335. doi: 10.1186/1471-2407-11-335

