



ТЕОРИЯ, МЕТОДОЛОГИЯ И ИСТОРИЯ СОЦИОЛОГИИ/THEORY, METHODOLOGY AND HISTORY OF SOCIOLOGY

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.166.50> EDN: FKSUYQ**КОНКУРС МОДЕЛЕЙ ПРИ ИНТЕРВАЛЬНОМ ПРОГНОЗИРОВАНИИ: ЭФФЕКТ «СМЕНЫ ЛИДЕРА» ПРИ ЛОГАРИФМИРОВАНИИ**

Научная статья

Деменченко О.Г.^{1,*}¹ ORCID : 0009-0003-3548-0390;¹ Восточно-Сибирский институт МВД России, Иркутск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (asksystem[at]yandex.ru)

Аннотация

Статья посвящена методологической проблеме участия логарифмированных (экспоненциальных) моделей в конкурсе моделей при интервальном прогнозировании социально-экономических показателей. На примере краткосрочного прогнозирования численности постоянного населения Иркутской области проведено сравнение четырёх типов моделей: линейной, квадратичной, кубической и экспоненциальной (логарифмированной). Выявлен и описан эффект «смены лидера»: логарифмированная модель, демонстрирующая наилучшие показатели точности, после обратного преобразования (восстановления) может значительно ухудшить свои прогнозные характеристики и уступить лидерство другим моделям. Обосновывается необходимость проведения окончательного отбора моделей только после обратного преобразования в исходную шкалу показателей для получения достоверных социологических и демографических выводов.

Ключевые слова: интервальное прогнозирование, конкурс моделей, логарифмирование, доверительный интервал, численность населения, демографические процессы.

MODEL COMPETITION IN INTERVAL FORECASTING: THE 'LEADER SWITCH' EFFECT IN LOGARITHMIC TRANSFORMATION

Research article

Demchenok O.G.^{1,*}¹ ORCID : 0009-0003-3548-0390;¹ East-Siberian Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation, Irkutsk, Russian Federation

* Corresponding author (asksystem[at]yandex.ru)

Abstract

The article is devoted to the methodological issue of incorporating logarithmic (exponential) models into a model competition for interval forecasting of socio-economic indicators. On the example of short-term forecasting of the permanent population of Irkutsk Oblast, a comparison was carried out of four types of models: linear, quadratic, cubic and exponential (logarithmic). The 'leader switch' effect has been identified and described: a logarithmic model, which demonstrates the best accuracy indicators, may significantly deteriorate in its forecasting performance following inverse transformation (reversion) and give way to other models. The necessity of conducting the final selection of models only after reverse transformation to the original scale of indicators is substantiated in order to obtain reliable sociological and demographic conclusions.

Keywords: interval forecasting, model competition, logarithmic transformation, confidence interval, population size, demographic processes.

Введение

Из-за сложности проведения контролируемых экспериментов основным инструментом анализа социально-экономических процессов является моделирование [1, С. 95]. Для предсказания социально-экономических и демографических изменений часто используют трендовые модели, которые показывают основную тенденцию изменения показателя со временем [2, С. 67]. Понимание этих тенденций позволяет не только описывать текущее состояние общества, но и прогнозировать будущие изменения в его структуре, что имеет высокую практическую значимость.

Для трендового моделирования наиболее востребованы полиномиальные модели первой, второй и третьей степени, экспоненциальные модели и S-образные кривые с пределом роста (кривая Гомперца и логистическая кривая) [3, С. 113–115].

Результатом экстраполяции трендовой модели является некое прогнозное значение, например «наиболее вероятная численность постоянного населения региона в следующем году составит 2322292 человек». Однако вероятность такого точечного прогноза крайне мала [4, С. 47]. Современные методы прогнозирования не позволяют предсказать численность населения с точностью до каждого человека.

Чтобы сгладить очевидную неточность точечного прогноза, его можно округлить, например, до тысячи человек [5, С. 75] — «прогноз численности населения — 2322 тысячи человек». В этом случае неявно обозначается допустимая величина погрешности прогноза как половина цены последней значащей цифры, т.е. ±500 человек [6, С. 13].

Если уравнение тренда рассматривать как выборочное, то есть подверженное ошибкам репрезентативности своих параметров, то можно вычислить доверительные интервалы, внутри которых с заданной высокой вероятностью проходит линия тренда в генеральной совокупности [7, С. 46]. Например, «с вероятностью 90% численность населения составит 2322292 ± 15487 человек».

Методики оценки предельной ошибки прогноза основаны на полиномиальных моделях первой, второй и третьей степени. Но такие модели не подходят для описания процессов с постоянным темпом прироста или убыли, характерных для экспоненциальной модели:

$$y = a \times b^x,$$

где a и b — постоянные коэффициенты;

x — независимая переменная.

Экспоненциальная модель легко приводится к линейному виду при логарифмировании:

$$\ln(y) = \ln(a \times b^x) = \ln(a) + x \ln(b) = a_1 + b_1 x.$$

Логарифмированная форма модели удобна для регрессионного анализа и оценки предельной ошибки прогноза, а для самого прогноза применяется обратное преобразование (восстановление):

$$y = \exp(a_1 + b_1 x).$$

Такой подход позволяет включить экспоненциальную модель в конкурс моделей при интервальном прогнозировании, однако существующие исследования не дают конкретных рекомендаций по этому вопросу.

Целью данной работы является выявление и описание методологических особенностей участия логарифмированных (экспоненциальных) моделей в конкурсе моделей при интервальном прогнозировании социально-демографических показателей, а также обоснование необходимости использования восстановленных моделей для корректной оценки точности прогноза и выбора оптимальной модели. Корректность математического выбора напрямую влияет на достоверность социологических выводов о динамике изучаемого процесса (в данном случае — демографической динамики региона).

В исследовании использовались метод регрессионного анализа, принцип вариативности интервалов наблюдения, метод логарифмического преобразования, статистические методы оценки значимости.

Основные результаты

Для выявления специфики участия логарифмированных моделей в конкурсе моделей интервального прогнозирования рассмотрим задачу краткосрочного прогнозирования численности постоянного населения Иркутской области (далее — численность населения). Данные о численности населения предоставлены официальной статистикой, опубликованной на сайте территориального органа Росстата по Иркутской области [8].

Выбран интервал наблюдения с 2011 по 2025 год, что составляет 15 лет (данные приведены в табл. 1).

Таблица 1 - Исходные данные

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.166.50.1>

| Год | Численность населения, кол-во чел. | Год | Численность населения, кол-во чел. | Год | Численность населения, кол-во чел. |
|------|------------------------------------|------|------------------------------------|------|------------------------------------|
| 2011 | 2 427 954 | 2016 | 2 415 690 | 2021 | 2 380 759 |
| 2012 | 2 424 973 | 2017 | 2 412 359 | 2022 | 2 363 447 |
| 2013 | 2 423 212 | 2018 | 2 408 221 | 2023 | 2 344 360 |
| 2014 | 2 420 102 | 2019 | 2 402 358 | 2024 | 2 330 537 |
| 2015 | 2 417 235 | 2020 | 2 396 358 | 2025 | 2 322 292 |

В исследовании применялись четыре математические модели: линейная, квадратичная, кубическая и экспоненциальная.

Коэффициенты для этих моделей были определены с помощью регрессионного анализа. Коэффициенты регрессии логарифмированных моделей рассчитывались на основе логарифмированных исходных данных.

Для линейной и экспоненциальной функции с учетом с учетом количества степеней свободы использован переменный интервал наблюдения от 3 до 15 лет, что позволило получить по 13 вариантов регрессионных моделей для квадратичной и кубической моделей число вариантов составило 12 и 11 соответственно.

Все 49 моделей достаточно хорошо описывают исходные данные: коэффициент детерминации R^2 меняется в пределах от 0,86 до 0,99 (среднее значение 0,96).

По результатам проверки статистической значимости параметров уравнения регрессии с уровнем значимости $\alpha = 0,1$ исключены из рассмотрения по 6 вариантов квадратичной и кубической моделей.

Для оставшихся вариантов моделей проведена оценка предельных значений ошибок прогноза D на следующий год при $\alpha = 0,1$ на основе аналитических зависимостей, приведенных в работах В.В. Бучацкой [9, С. 137–138] и В.Н. Наумова [10, С. 64–65].

Непосредственное сопоставление оценок ошибок прогноза полиномиальных и логарифмированных моделей некорректно, поэтому дополнительно:



1. Проверены значения коэффициентов детерминации R^2 восстановленных после логарифмирования моделей (выявлены незначительные изменения в пределах 0,5%).

2. Из-за мультипликативности экспоненциальной функции ошибки прогноза восстановленных моделей $Dв$ вычисляются как половина ширины доверительного интервала прогноза:

$$Dв \approx \exp(D),$$

$$Dв = 0,5(y_{max} - y_{min}) = 0,5(\exp(y_k + Dв) - \exp(y_k - Dв)),$$

где y_k — точечный прогноз по логарифмированной модели.

Полученные результаты представлены в табл. 2 (минимальные значения выделены полужирным шрифтом).

Таблица 2 - Сравнение результатов моделирования

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.166.50.2>

| Длина интервала наблюдения | Оценка ошибки прогноза модели | | | | |
|----------------------------|-------------------------------|--------------|-------------|-------------------|-----------------|
| | линейная | квадратичная | кубическая | логарифмированная | восстановленная |
| 3 года | 26250 | – | – | 6,32 | 25765 |
| 4 года | 27672 | 4113 | – | 2,93 | 16930 |
| 5 лет | 13231 | 12021 | – | 2,36 | 12709 |
| 6 лет | 10790 | – | – | 2,14 | 9649 |
| 7 лет | 10788 | – | 8100 | 2,02 | 10536 |
| 8 лет | 13559 | – | 16420 | 1,95 | 13394 |
| 9 лет | 16795 | – | 22069 | 1,90 | 16628 |
| 10 лет | 19678 | – | 24827 | 1,87 | 10161 |
| 11 лет | 12289 | 12308 | 24850 | 1,84 | 22299 |
| 12 лет | 24494 | – | – | 1,82 | 24260 |
| 13 лет | 25807 | 10712 | – | 1,82 | 25580 |
| 14 лет | 26975 | 10605 | – | 1,79 | 26755 |
| 15 лет | 27715 | 11071 | – | 1,78 | 27512 |

Примечание: минимальные значения выделены полужирным шрифтом

Нетрудно заметить существенную вариацию результатов моделирования: оценки ошибки прогноза модели изменяются в широких пределах от 4113 до 27715 (без учета логарифмированной модели).

Восстановленная модель оказалась лучше линейной: ошибка варианта модели для шестилетнего интервала наблюдения $y = \exp(14,7 - 0,00617x)$ составляет 9649, что на 12% лучше результата 10788 для линейной модели с семилетним интервалом наблюдения $y = 2421193 - 14580x$.

Лучшей в конкурсе оказалась квадратичная модель для четырехлетнего интервала наблюдения $y = 2710,5x^2 - 27281,3x + 2388034$ с минимальной оценкой ошибки прогноза 4113. Второе место за кубической моделью для семилетнего интервала наблюдения $y = 615x^3 - 7455x^2 + 11212x + 2398197$ с оценкой ошибки прогноза 8100.

В нашей работе мы столкнулись с интересным методологическим парадоксом, который можно назвать эффектом «смены лидера» — логарифмированная модель, которая выглядит лучшей по точности прогноза, при восстановлении может проиграть конкурсу:

– в логарифмированном виде лучший вариант – для 15-ти летнего интервала наблюдения ($D = 1,78$);

– в восстановленном виде вариант модели для 15-ти летнего интервала наблюдения с первого места опустился на предпоследнее ($Dв = 27512$);

– вариант модели для шестилетнего интервала наблюдения в логарифмированном виде занимал 10 место ($D = 2,14$), а в восстановленном виде поднялся на первое ($Dв = 9649$).

Этот эффект имеет принципиальное значение для решения практических задач, особенно в контексте социологических исследований. Если на этапе анализа логарифмированных моделей выбрать кажущийся очевидным вариант для 15-летнего интервала, то оценка ошибки прогноза окажется в три раза больше, чем ошибка оптимального после восстановления варианта. Это приведет к неверной интерпретации демографической ситуации: исследователь сделает вывод о высокой неопределенности прогноза (высокой вариативности численности населения), хотя объективно (по восстановленной модели) динамика процесса более определена.

Данный эффект обусловлен мультипликативностью экспоненциальной функции и нелинейностью логарифмического преобразования (сжимает шкалу для больших значений и растягивает для малых).

Рассчитаем доверительный интервал прогноза по квадратичной модели для четырехлетнего интервала наблюдения:

$$y(5) \pm D = 2710,5 \cdot 5^2 - 27281,3 \cdot 5 + 2388034 \pm 4113 = 2319390 \pm 4113.$$



Поучается, что численность населения на следующий год с вероятностью 90% окажется в диапазоне от 2315277 до 2323503 человек. Это уже не просто абстрактные цифры, а конкретный социальный факт, имеющий значение для планирования бюджетных расходов, социальных программ и т.д.

Таким образом, конкурс моделей в интервальном прогнозировании — не просто техническая процедура, а содержательный методологический этап, от которого зависит достоверность социологических выводов. Использование логарифмированных моделей требует от исследователя глубокого анализа: красивые цифры на промежуточных этапах могут быть обманчивыми. Только восстановленная модель, «возвращенная» в реальность исходных показателей, имеет право на участие в конкурсе и последующую интерпретацию.

Заключение

В математическом аспекте: в ходе исследования выявлен и экспериментально подтвержден методологический эффект «смены лидера». Он заключается в том, что модель, демонстрирующая наилучшие показатели точности в логарифмированном виде, после обратного преобразования в исходную шкалу может значительно ухудшить свои прогнозные характеристики и уступить лидерство другим моделям. Доказана необходимость проведения окончательного отбора моделей для интервального прогнозирования исключительно по восстановленным значениям, так как использование только логарифмированных моделей может привести к выбору заведомо неоптимального варианта.

В социологическом аспекте: корректный отбор математической модели имеет прямое влияние на достоверность выводов о социальных и демографических процессах. В применении к прогнозированию численности населения Иркутской области, наилучший результат (минимальная ошибка прогноза) показала квадратичная модель, что позволяет с наибольшей точностью определить границы доверительного интервала для планирования. Игнорирование эффекта «смены лидера» (выбор модели на основе логарифмированных данных) привело бы к трёхкратному завышению оценки неопределенности прогноза, что исказило бы представление о стабильности развития демографической ситуации. Следовательно, для получения объективных социальных данных необходим не просто расчет, а содержательный методологический контроль за процедурой преобразования моделей.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Горбачев В.С. Социально-экономическое прогнозирование и моделирование / В.С. Горбачев, Е.А. Жидко, В.А. Козлов // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. — 2022. — № 1 (27). — С. 95–98. — EDN: NNNQUZ.
2. Чикова О.А. Методы естественных наук в социально-гуманитарных исследованиях / О.А. Чикова, А.Г. Оболенская // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. — 2013. — № 6. — С. 66–75. — ISSN 2226-3365. — URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/289709> (дата обращения: 16.02.2026).
3. Баллод Б.А. Методы и алгоритмы принятия решений в экономике : учебное пособие / Б.А. Баллод, Н.Н. Елизарова. — 2-е изд., перераб. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 272 с. — ISBN 978-5-8114-3132-8. — URL: <https://e.lanbook.com/book/213074> (дата обращения: 16.02.2026).
4. Кочетыгов А.А. Методы прогнозирования : учебное пособие / А.А. Кочетыгов. — Тула: ТулГУ, 2025. — ISBN 978-5-7679-5588-6. — URL: <https://e.lanbook.com/book/501353> (дата обращения: 05.02.2026).
5. Хасанова Р.Р. Региональный анализ демографических и социальных итогов 2018 г. (по результатам регулярного Мониторинга ИНСАП РАНХиГС) / Р.Р. Хасанова, П.О. Кузнецова, Ю.Ф. Флоринская [и др.] // Экономическое развитие России. — 2019. — Т. 26, № 4. — С. 75–91. — EDN: ZHEKXR.
6. Иксанова Т.Г. Лабораторные работы по механике : учебное пособие / Т.Г. Иксанова, Р.Б. Салихов, Р.А. Сулейманова. — Уфа: БГПУ имени М. Акмуллы, 2006. — 152 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/42322> (дата обращения: 16.02.2026).
7. Лебедева Т.В. Анализ временных рядов и бизнес-прогнозирование : учебно-методическое пособие / Т.В. Лебедева. — Оренбург: ОГУ, 2018. — 240 с. — ISBN 978-5-7410-2205-4. — URL: <https://e.lanbook.com/book/159738> (дата обращения: 05.02.2026).
8. Численность населения по Иркутской области // Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Иркутской области : официальный сайт. — URL: https://38.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/post_nasel_obl_2025.xlsx (дата обращения: 05.02.2026).
9. Бучацкая В.В. Методика определения интервальных оценок при прогнозировании методами экстраполяции / В.В. Бучацкая // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. — 2012. — № 3 (106). — С. 136–140.
10. Наумов В.Н. Методы прогнозирования временных рядов : учебное пособие для вузов / В.Н. Наумов. — Санкт-Петербург: Лань, 2024. — 196 с. — ISBN 978-5-507-48837-7. — URL: <https://e.lanbook.com/book/394571> (дата обращения: 05.02.2026).



Список литературы на английском языке / References in English

1. Gorbachev V.S. Social'no-jekonomicheskoe prognozirovanie i modelirovanie [Socio-economic forecasting and modeling] / V.S. Gorbachev, E.A. Zhidko, V.A. Kozlov // *Informacionnye tehnologii v stroitel'nyh, social'nyh i jekonomicheskikh sistemah* [Information Technologies in Construction, Social and Economic Systems]. — 2022. — № 1 (27). — P. 95–98. — EDN: NNNQUZ. [in Russian]
2. Chikova O.A. Metody estestvennyh nauk v social'no-gumanitarnyh issledovanijah [Methods of natural sciences in social and humanitarian research] / O.A. Chikova, A.G. Obolenskaja // *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta* [Bulletin of Novosibirsk State Pedagogical University]. — 2013. — № 6. — P. 66–75. — ISSN 2226-3365. — URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/289709> (accessed: 16.02.2026). [in Russian]
3. Ballod B.A. Metody i algoritmy prinjatija reshenij v jekonomike [Methods and algorithms of decision making in economics] : textbook / B.A. Ballod, N.N. Elizarova. — 2nd ed., rev. — Saint Petersburg: Lan', 2022. — 272 p. — ISBN 978-5-8114-3132-8. — URL: <https://e.lanbook.com/book/213074> (accessed: 16.02.2026). [in Russian]
4. Kochetygov A.A. Metody prognozirovanija [Forecasting methods] : textbook / A.A. Kochetygov. — Tula: TulSU, 2025. — ISBN 978-5-7679-5588-6. — URL: <https://e.lanbook.com/book/501353> (accessed: 05.02.2026). [in Russian]
5. Hasanova R.R. Regional'nyj analiz demograficheskikh i social'nyh itogov 2018 g. (po rezul'tatam reguljarnogo Monitoringa INSAP RANHiGS) [Regional analysis of demographic and social outcomes of 2018 (based on the results of regular monitoring of INSAP RANHiGS)] / R.R. Hasanova, P.O. Kuznecova, Ju.F. Florinskaja [et al.] // *Jekonomicheskoe razvitie Rossii* [Economic Development of Russia]. — 2019. — Vol. 26, № 4. — P. 75–91. — EDN: ZHEKXR. [in Russian]
6. Iksanova T.G. Laboratornye raboty po mehanike [Laboratory work on mechanics] : textbook / T.G. Iksanova, R.B. Salihov, R.A. Sulejmanova. — Ufa: BSPU named after M. Akmulla, 2006. — 152 p. — URL: <https://e.lanbook.com/book/42322> (accessed: 16.02.2026). [in Russian]
7. Lebedeva T.V. Analiz vremennyh rjadov i biznes-prognozirovanie [Time series analysis and business forecasting] : teaching aid / T.V. Lebedeva. — Orenburg: OSU, 2018. — 240 p. — ISBN 978-5-7410-2205-4. — URL: <https://e.lanbook.com/book/159738> (accessed: 05.02.2026). [in Russian]
8. Chislennost' naselenija po Irkutskoj oblasti [Population of Irkutsk Region] // *Territorial'nyj organ Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki po Irkutskoj oblasti : oficial'nyj sajt* [Territorial Body of the Federal State Statistics Service for Irkutsk Region : official website]. — URL: https://38.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/post_nasel_obl_2025.xlsx (accessed: 05.02.2026). [in Russian]
9. Buchackaja V.V. Metodika opredelenija interval'nyh ocenok pri prognozirovanii metodami ekstrapoljicii [Methodology for determining interval estimates in forecasting by extrapolation methods] / V.V. Buchackaja // *Vestnik Adygejskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija 4: Estestvenno-matematicheskie i tehnicheckie nauki* [Bulletin of Adyghe State University. Series 4: Natural, Mathematical and Technical Sciences]. — 2012. — № 3 (106). — P. 136–140. [in Russian]
10. Naumov V.N. Metody prognozirovanija vremennyh rjadov [Time series forecasting methods] : textbook for universities / V.N. Naumov. — Saint Petersburg: Lan', 2024. — 196 p. — ISBN 978-5-507-48837-7. — URL: <https://e.lanbook.com/book/394571> (accessed: 05.02.2026). [in Russian]