

УДК 33

DOI: 10.34670/AR.2023.52.74.069

Плоские и многомерные экономические модели прогнозирования**Скотченко Андрей Сергеевич**

Кандидат технических наук,
доцент кафедры информационного права, информатики и математики,
Российский государственный университет правосудия,
117418, Российская Федерация, Москва, ул. Новочерёмушкинская, 69;
e-mail: skotchenko@rambler.ru

Аннотация

Традиционно при построении экономических прогнозов используют линии тренда, построенные на графиках, отражающих изменение всего одного показателя. В статье показано, к каким парадоксам может привести такой подход и что при построении линии тренда следует учитывать сразу несколько факторов, влияние которых наиболее ощутимо. Приведены результаты применения методов аналитической геометрии для нахождения общей линии тренда одновременно для курса американского доллара, курса евро по отношению к российскому рублю, стоимости нефти, золота, а также изменения индекса потребительских цен.

Для цитирования в научных исследованиях

Скотченко А.С. Плоские и многомерные экономические модели прогнозирования // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2023. Том 13. № 5А. С. 35-44. DOI: 10.34670/AR.2023.52.74.069

Ключевые слова

Прогнозирование курса, прогнозирование стоимости, экономическое прогнозирование, ключевые факторы, многофакторное моделирование, экономико-математическая модель, линия тренда.

Введение

Достаточно долго американский доллар и евро были основными валютами, в которых россияне пытались хранить сбережения. Но в марте прошлого года был опубликован список «недружественных» стран. Это в дальнейшем привело к появлению так называемых «токсичных» валют, среди которых в первую очередь оказались доллар и евро. В настоящее время в нашей стране для подобной валюты введены определенные ограничения, роль американского доллара снижается и во внешнем товарообороте, происходит переход на национальные валюты во взаиморасчетах между странами, не входящими в Евросоюз. В связи с этим падает интерес населения к инвестициям в долларах и евро, а следовательно, и к колебаниям курса этих валют.

Однако не стоит забывать, что наше общее благосостояние все еще зависит от курса иностранной валюты, поскольку она нужна прежде всего импортерам, закупающим в том числе и сельхозтехнику, а это в конечном счете влияет на конечную стоимость товаров ежедневного спроса [Хубулава, 2010]. В случае роста курса доллара усилится инфляция, а следовательно, и стоимость импортных товаров, что спровоцирует дальнейшее подорожание российской продукции.

Если в 2022 году большие объемы валюты, поступающей в страну, были невостребованными из-за резкого сокращения импорта, то сейчас он восстановился до уровня, на котором был перед началом специальной военной операции. И все же еще не хватает притока иностранной валюты в страну, что ощутимо ослабляет рубль. Экспорт же, напротив, просел прежде всего из-за введения санкций против российских компаний и товаров. Также негативным фактором выступают большие расходы госбюджета, связанные с проведением операции, в том числе направленные на скорейшее восстановление и обустройство освобожденных территорий, значительная часть которых не покрывается доходами.

Основное содержание

Обратим внимание на структуру наполнения федерального бюджета, утвержденную Федеральным законом от 05.12.2022 № 466-ФЗ: плановый показатель на 2023 год составляет и 26,1 трлн руб., из которых на нефтегазовую отрасль приходится 8,9 трлн руб., т.е. более 30%. Эти данные дают представление о значимости углеводородного экспорта для отечественной экономики.

И хотя доля доллара и евро в 2022 году в расчетах за российский экспорт упала, но все еще составляет около половины всех поступлений.

Падение стоимости основного экспортного товара уменьшает поток долларов. Дальше начинается «цепная реакция»: падает курс рубля, стимулируя девальвацию, что способствует повышению цен на импорт и усилению инфляции [Скотченко, 2020]. Весь этот комплекс факторов позволяет понять причину невысокой устойчивости рубля в перспективе. Министерство финансов РФ в настоящее время вынуждено балансировать на тонкой грани соблюдения интересов государства, бизнеса и населения.

Выделим несколько основных взаимовлияющих факторов и сделаем прогноз их развития до конца 2023 года на основе многомерной модели:

1. Курс американского доллара.
2. Курс евро.

3. Стоимость барреля нефти.
4. Стоимость золота.
5. Индекс потребительских цен (ИЦП).

Сначала рассмотрим прогноз изменения стоимости барреля нефти различных марок, основанный на линиях тренда, популярных среди аналитиков (рисунок 1).

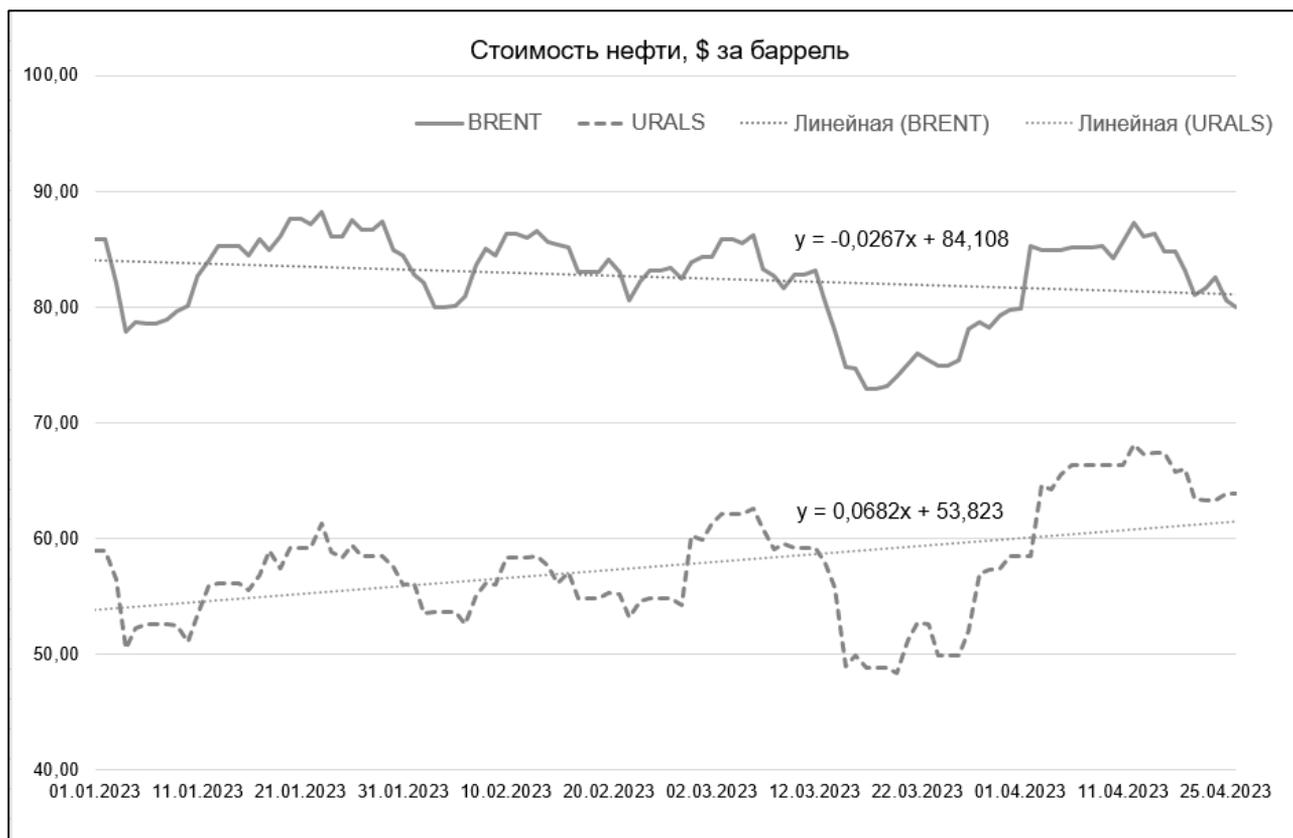


Рисунок 1 - Прогноз стоимости барреля нефти марок Brent и Юралс

Корреляция между графиками стоимости нефти марки Brent и марки Юралс очевидна. С некоторым приближением можно сказать, что стоимость одной марки можно вычислить через стоимость другой, используя линейную функцию. Разница в цене за баррель снизилась с 26,93 \$ в начале года до 16,07 \$ к концу апреля, т.е. сократилась почти на 40%. В рублевом же эквиваленте эта разница сократилась не столь внушительно: с 1894,19 рублей в начале года до 1446,83 рублей к концу апреля, т.е. почти на 24%. Построив линейные линии тренда, получим их уравнения (1) и (2):

$$y_{\text{brent}} = -0,0267 \cdot x + 84,108, \quad (1)$$

$$y_{\text{urals}} = 0,0682 \cdot x + 53,823, \quad (2)$$

Где y_{brent} – стоимость барреля нефти марки Brent;
 y_{urals} – стоимость барреля нефти марки Юралс;
 x – конкретная дата (порядковый номер дня года с 01.01.2023).

Определим день, когда линии тренда пересекутся:

$$y_{\text{brent}} - y_{\text{urals}} = (-0,0267 - 0,0682) * x + 84,108 - 53,823 = 0,$$

$$x = 30,285 / 0,0949 = 319,125 \quad .$$

Это приблизительно 19 ноября 2023 года.

Анализируя линейные линии тренда, напрашивается вывод, что в скором времени цены на разные марки нефти должны сравняться и уже к концу осени достичь отметки 75,58 долларов за баррель. Но все прекрасно понимают, что это невозможное событие. Этим примером было показано, что прогнозы, в которых рассматривается изменение какого-либо экономического показателя в зависимости только от одного влияющего фактора, могут оказаться абсолютно неправдоподобными.

Продолжим прогнозирование, используя двумерные линии тренда. Составим прогноз для курса американского доллара к российскому рублю (рисунок 2).

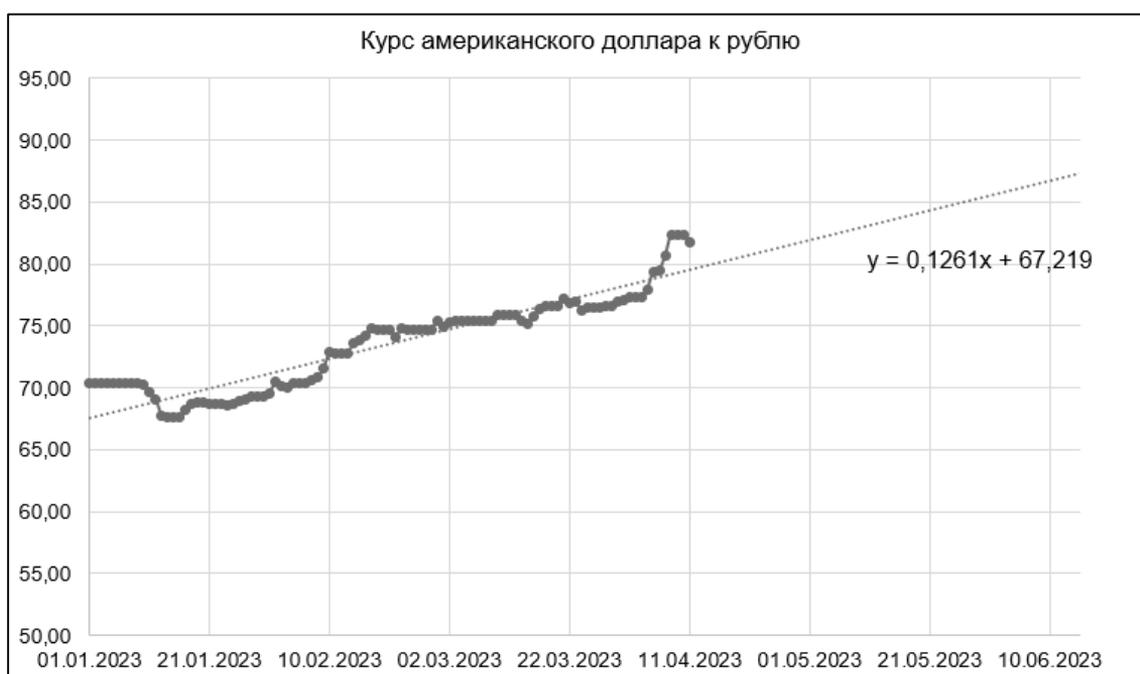


Рисунок 2 - Прогноз курса американского доллара по отношению к рублю

Получим линию тренда, описываемую уравнением (3):

$$s = 0,1261 * x + 67,219, \quad (3)$$

Где s – курс американского доллара по отношению к рублю;

x – конкретная дата (порядковый номер дня года с 01.01.2023).

Вычислим курс доллара для $x = 319,125$. Курс на 19 ноября 2023 года составит 107,46 рублей за 1 доллар.

Аналогично составим прогноз для курса евро (рисунок 3).

Получим линию тренда, описываемую уравнением (4):

$$v = 0,1446 * x + 71,995, \quad (4)$$

Где v – курс евро по отношению к рублю;

x – конкретная дата (порядковый номер дня года с 01.01.2023).

Вычислим курс евро для $x = 319,125$. Курс на 19 ноября 2023 года составит 118,14 рублей за 1 евро.

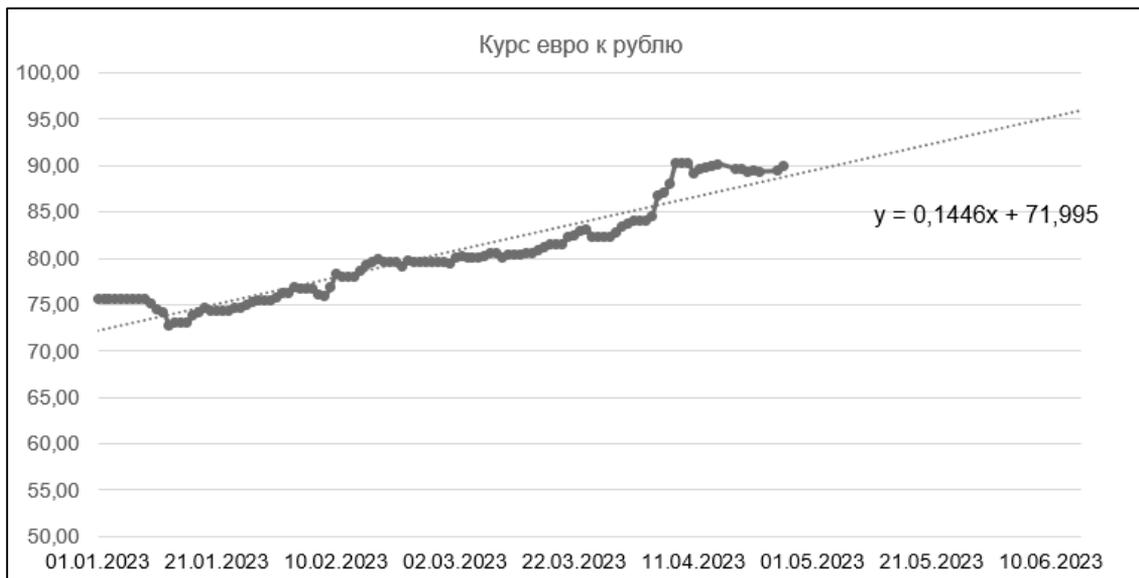


Рисунок 3 - Прогноз курса евро по отношению к рублю

Далее составим прогноз для стоимости одного грамма золота (рисунок 4).

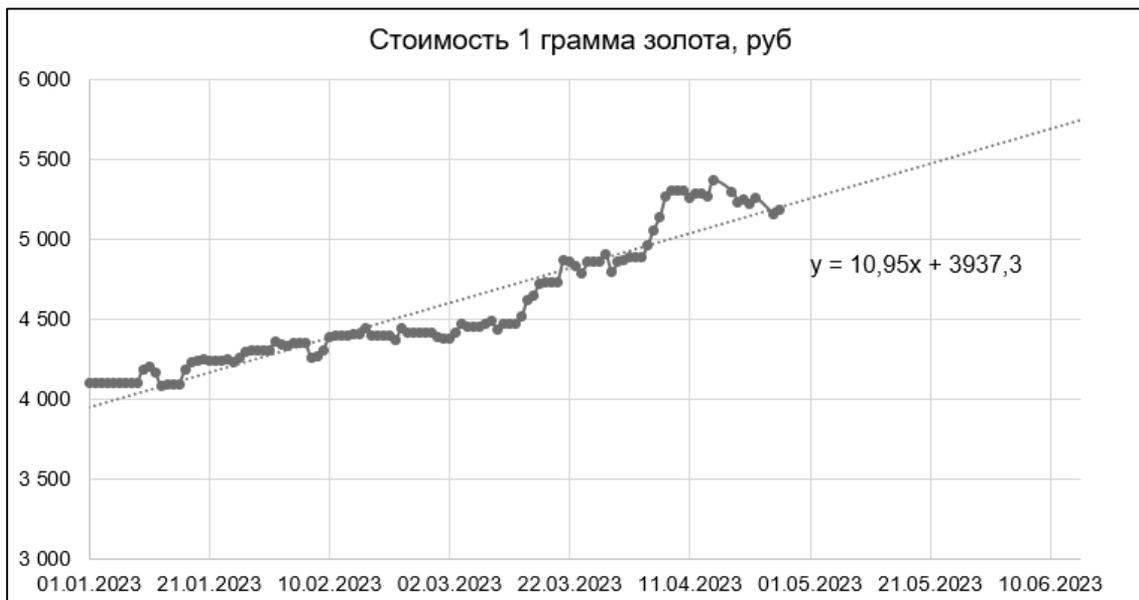


Рисунок 4 - Прогноз стоимости одного грамма золота

Получим линию тренда, описываемую уравнением (5):

$$g = 10,95 * x + 3937,3 \quad , \quad (5)$$

где g – стоимость одного грамма золота в рублях;
 x – конкретная дата (порядковый номер дня года с 01.01.2023).

Вычислим стоимость одного грамма золота для $x = 319,125$. Стоимость золота на 19 ноября 2023 года составит 7431,72 рублей за 1 грамм.

Завершим работу с двумерными моделями определением индекса потребительских цен, который является определяющим для уровня инфляции (рисунок 5).



Рисунок 5. Прогноз уровня потребительских цен

Этому прогнозу соответствует линия тренда, описываемая уравнением (6):

$$ipc = 0,0166 * x + 100,21, \quad (6)$$

где ipc – индекс потребительских цен;
 x – конкретная дата (порядковый номер дня года с 01.01.2023).

Индекс потребительских цен на 19 ноября 2023 года составит 105,51%.

Перейдем к рассмотрению прогноза, построенного с помощью многомерной модели. Представить и изобразить линию тренда на 2D- или даже на 3D-модели несложно. Другое дело – модели с большим количеством измерений. Поэтому иллюстративного материала не будет, опираться будем исключительно на методы аналитической геометрии. Построим модель, которая будет учитывать пять основных взаимовлияющих факторов, указанных в начале статьи. И конечно, шестым измерением будет время.

Линию тренда запишем в каноническом виде. Каноническое уравнение многомерной кривой (7) представлено ниже:

$$\frac{date - date_0}{P_{date}} = \frac{s - s_0}{P_s} = \frac{v - v_0}{P_v} = \frac{b - b_0}{P_b} = \frac{g - g_0}{P_g} = \frac{ipc - ipc_0}{P_{ipc}}, \quad (7)$$

где $date$ – конкретная дата (порядковый номер дня года с 01.01.2023), на которую предстоит сделать прогноз;

$date_0$ – дата, на которую известны все показатели;

s – курс доллара на дату date;

s_0 – курс доллара на дату date₀;

v – курс евро на дату date;

v_0 – курс евро на дату date₀;

b – стоимость барреля нефти марки Brent на дату date;

b_0 – стоимость барреля нефти марки Brent на дату date₀;

g – стоимость золота на дату date;

g_0 – стоимость золота на дату date₀;

ipc – индекс потребительских цен на дату date;

ipc_0 – индекс потребительских цен на дату date₀;

$\vec{p}(p_{date}; p_s; p_v; p_b; p_g; p_{ipc})$ – координаты многомерного направляющего вектора линии тренда, найденные в результате поиска решения.

Воспользуемся «Поиском решения» – средством электронных таблиц, определяющим оптимальное значение целевой ячейки, изменяя значения ячеек, которые используются для расчета значения целевой ячейки. В качестве целевой выберем ячейку, в которой вычисляется сумма квадратов расстояний от известных точек $A_i(date_i; s_i; v_i; b_i; g_i; ipc_i)$. Квадрат расстояний d^2 используется для того, чтобы все значения были положительными (8).

$$d^2 = (\overline{A_i M_0})^2 - (\overline{A_i M_0, \vec{p}})^2 / \vec{p}^2, \quad (8)$$

где точка M_0 – любая точка, принадлежащая искомой многомерной линии тренда.

Очевидно, что сумма квадратов расстояний должна быть минимальной. Изменять будем значения ячеек, в которых записаны координаты направляющего вектора искомой линии тренда. Можно также вычислить и точку M_0 , но ее выбор не сильно влияет на конечный результат. Будем считать, что линия тренда проходит через первую известную точку $M_0(1; 70,338; 75,665; 85,91; 4101,6; 100)$ – 1 января 2023 года.

В результате выполнения поиска решения получаем следующие координаты направляющего вектора $\vec{p}(0,9718; 0,0826; 0,0937; 0,0001; 0,1207; 0,2028)$.

Подставим координаты точки M_0 , а также координаты направляющего вектора \vec{p} в каноническое уравнение прямой (9):

$$\frac{date-1}{0,9718} = \frac{s-70,338}{0,0826} = \frac{v-75,665}{0,0937} = \frac{b-85,91}{0,0001} = \frac{g-4101,6}{0,1207} = \frac{ipc-100}{0,2028}. \quad (9)$$

Выбирая из уравнения (9) интересующие нас пары (10-14), можем получить прогноз конкретного параметра для фиксированной даты date.

$$\frac{date-1}{0,9718} = \frac{s-70,338}{0,0826}, \quad (10)$$

$$\frac{date-1}{0,9718} = \frac{v-75,665}{0,0937}, \quad (11)$$

$$\frac{\text{date}-1}{0,9718} = \frac{b-85,91}{0,0001} \quad (12)$$

$$\frac{\text{date}-1}{0,9718} = \frac{g-4101,6}{0,1207} \quad (13)$$

$$\frac{\text{date}-1}{0,9718} = \frac{\text{icp}-100}{0,2028} \quad (14)$$

Сравним результаты, полученные с использованием двумерных и многомерного трендов для характерной точки $x = 319,125$ (таблица 1).

Таблица 1- Сравнение результатов для 2D- и 6D-трендов

	курс \$	курс €	стоимость барреля нефти марки Brent, \$	стоимость одного грамма золота, руб.	ИПЦ, %
2D	107,46	118,14	75,58	7431,72	105,51
6D	97,67	106,69	85,91	6099,66	106,71

Заключение

Видно, что многомерная модель дает прогноз удорожания барреля нефти марки Brent, в отличие от плоской модели, предсказывающей падение ее стоимости, что представляется более реалистичным.

Также рассчитаем по формулам (6) и (14) индекс потребительских цен на 31.12.2023. Получим 106,27% и 107,53% соответственно.

И хотя в конце апреля Центробанк снизил прогноз по инфляции и ожидает ее в 2023 году на уровне 4,5–6,5%, обе модели указывают на то, что инфляция окажется несколько выше. Остается только дождаться обозначенных дат и сравнить прогнозируемые результаты с реальными.

Библиография

1. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов, прогноз и управление. М.: Мир, 1974. 406 с.
2. Гренджер К., Хатанак М. Спектральный анализ временных рядов в экономике. М.: Статистика, 1972. 312 с.
3. Иванюков Ю.П., Лотов А.В. Математические модели в экономике. М.: Наука, 1979. 304 с.
4. Интрилигатор М. Математические методы оптимизации и экономическая теория. М.: Прогресс, 1975. 607 с.
5. Скотченко А.С. Многофакторное прогнозирование экономических показателей в n-мерном пространстве // Двойные технологии. 2020. № 4 (93). С. 19-23.
6. Хеннан Э. Многомерные временные ряды. М.: Мир, 1974. 575 с.
7. Хубулава Н.М. Эконометрика XXI века. М.: Восход-А, 2010. 200 с.
8. Хубулава Н.М., Скотченко А.С. Модель возможности деноминационной политики национальной валюты в условиях коронавирусной инфекции // Russian Economic Bulletin. 2021. № 4. С. 262-267.
9. Хубулава Н.М., Скотченко А.С. Оперативное прогнозирование изменения экономических показателей // Сборник научных статей по итогам национальной научно-практической конференции «Интеграция и дифференциация науки и практики в контексте приоритетных парадигм развития цивилизации». СПб., 2020. С. 239-249.
10. Tinbergen J., Bos H. Mathematical models of economic growth. – 1962.

Flat and m multivariate economic forecasting models

Andrei S. Skotchenko

PhD in Technique Sciences,
Associate Professor,
Department of information law, informatics and mathematics,
Russian State University of Justice,
117418, 690 Novocheremushkinskaya str., Moscow, Russian Federation;
e-mail: skotchenko@rambler.ru

Abstract

Traditionally, when building economic forecasts, trend lines are used, built on charts that reflect the change in just one indicator. The article shows what paradoxes such an approach can lead to and that when building a trend line, several factors should be taken into account at once, the influence of which is most noticeable. The results of the application of analytical geometry methods for finding a common trend line for the US dollar exchange rate, the euro exchange rate against the Russian ruble, the cost of oil, gold, as well as changes in the consumer price index are presented.

For citation

Skotchenko A.S. (2023) Ploskie i mnogomernye ekonomicheskie modeli prognozirovaniya [Flat and m multivariate economic forecasting models]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 13 (5A), pp. 35-44. DOI: 10.34670/AR.2023.52.74.069

Keywords

Rate forecasting, cost forecasting, economic forecasting, key factors, multi-factor modeling, economic-mathematical model, trend line.

References

1. Boks Dzh., Dzhenkins G. (1974) *Analiz vremennykh ryadov, prognoz i upravlenie* [Analysis of time series, forecast and management]. Moscow: Mir Publ.
2. Grendzher K., Khatanaka M. (1972) *Spektral'nyi analiz vremennykh ryadov v ekonomike* [Spectral analysis of time series in economics]. Moscow: Statistika Publ.
3. Intriligator M. (1975) *Matematicheskie metody optimizatsii i ekonomicheskaya teoriya* [Mathematical methods of optimization and economic theory]. Moscow: Progress Publ.
4. Ivanilov Yu.P., Lotov A.V. (1979) *Matematicheskie modeli v ekonomike* [Mathematical models in economics]. Moscow: Nauka Publ.
5. Khennan E. (1974) *Mnogomernye vremennye ryady* [Multivariate time series]. Moscow: Mir Publ.
6. Khubulava N.M. (2010) *Ekonometrika XXI veka* [Econometrics of the 21st century]. Moscow: Voskhod-A Publ.
7. Khubulava N.M., Skotchenko A.S. (2020) Operativnoe prognozirovanie izmeneniya ekonomicheskikh pokazatelei [Operational forecasting of changes in economic indicators]. In: *Sbornik nauchnykh statei po itogam natsional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Integratsiya i differentsiatsiya nauki i praktiki v kontekste prioritetnykh paradigm razvitiya tsivilizatsii»* [Proc. Conf. "Integration and differentiation of science and practice in the context of priority paradigms for the development of civilization."]. Saint Petersburg, pp. 239-249.
8. Khubulava N.M., Skotchenko A.S. (2021) Model' vozmozhnosti denominatsionnoi politiki natsional'noi valyuty v usloviyakh koronavirusnoi infektsii [Model of the Possibility of the Denomination Policy of the National Currency in the Conditions of the Coronavirus Infection]. *Russian Economic Bulletin*, 4, pp. 262-267.

9. Skotchenko A.S. (2020) Mnogofaktornoe prognozirovanie ekonomicheskikh pokazatelei v n-mernom prostranstve [Multifactor forecasting of economic indicators in n-dimensional space]. *Dvoinye tekhnologii* [Double technologies], 4 (93), pp. 19-23.
10. Tinbergen, J., & Bos, H. (1962). Mathematical models of economic growth.