

Ж. Владимиров<sup>1</sup>  
А.А. Легостаева<sup>2</sup>  
М.К. Тургамбаев<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Софийский университет им. К. Охридского, София, Болгария

<sup>2,3</sup>Карагандинский экономический университет Казпотребсоюза, Караганда, Казахстан  
(E-mail: <sup>1</sup>Jeve@feb.uni-sofia.bg, <sup>2</sup>anjal@mail.ru, <sup>3</sup>medet.turgambayev@gmail.com)

## Сравнительный анализ методик расчета факторных моделей цифровой экономики Казахстана

**Аннотация.** В научной статье на основе проведенного сравнительного анализа методик расчета факторных моделей реализованы научно-теоретическое обобщение и систематизация современных методологических подходов, применяемых при проведении экономического анализа и прогнозирования факторных моделей. В частности, рассмотрены экономико-математические методы анализа временных рядов: простая экстраполяция, экспоненциальное сглаживание и авторегрессия. Произведен расчет зависимостей статистических показателей от временного фактора, которые позволяют дать оценку уровня динамики показателей цифровой экономики Казахстана, а также проведена детализация оценок, характеризующих результаты моделирования факторных показателей, которые представляют интерес для аналитических расчетов. Можно отметить, что если прогноз по методу выравнивания временных рядов взять за 100%, то полученными в ходе исследования отклонениями являются 7,5%, 5,7%, 5,5%, что в свою очередь свидетельствует о высоком уровне точности построенных моделей.

**Ключевые слова:** анализ, факторный признак, эконометрическая модель, прогнозирование, коэффициент уравнения, количественный показатель, экономика, методология, оценка модели.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2079-620X-2020-4-54-65>

**Введение.** За период последних десятилетий в мировой экономике сформировалась тенденция цифровой трансформации, которая вызывает существенные изменения во всех сферах социально-экономической деятельности. В значительной степени этот глобальный тренд затронул и бизнес, а также государственные и общественные структуры всех стран.

Международный опыт свидетельствует о том факте, что цифровизация может способствовать ускорению динамики процессов экономического развития. В первую очередь цифровая экономика получила свое развитие в индустриально развитых странах.

Так, в 2017 г. в США доля цифровой экономики в ВВП уже достигала 7% и в количественном выражении составила 1,35 трлн долл. США. В 2018 г. на цифровую экономику в Китае пришлось 38,2% от ВВП и сумма достигла 2,32 трлн долл США. [3] Подобная ситуация характерна и для стран Евросоюза, в которых еще в 2016 г. доля добавленной стоимости, созданной цифровой экономикой, составляла 4% от ВВП ЕС [2].

Для любой страны цифровизация экономики может быть полностью реализована только при обеспечении широкого доступа к сетям ИКТ и связанными с ними услугами, оказываемыми для

предприятий и населения на территории страны. Поэтому для удовлетворения растущего спроса на услуги ИКТ крайне важны меры по созданию и модернизации коммуникационных инфраструктур.

При формировании требуемой инфраструктуры для обеспечения доступа к Интернету появляется широкий спектр новых возможностей в сфере развития госсектора, ведения бизнеса, предоставления государственных услуг, оптимизации экономической деятельности частного сектора, наращивания торговых потоков, улучшения системы здравоохранения, образования и т.д.

Высокий уровень спроса на цифровизацию со стороны бизнеса объясняется стремлением к максимизации прибыли путем предельно эффективного распределения ресурсов и оптимизации бизнес-процессов. Это обстоятельство характеризует коммерческую перспективность развития цифровых проектов, ориентирование на цифровые технологии и инновационные бизнес-решения.

Однако в сочетании с элементами цифровой экономики технологический прогресс настолько ускорился, что технология, которая для современных условий является эффективной, к моменту завершения инвестиционного процесса может морально устареть. В связи с чем растет вероятность значительного ограничения долгосрочности международных инвестиционных решений, что также может негативно сказаться на динамике экономического роста.

На основе положения о ключевой роли инвестиционной неопределенности в формировании тенденций развития факторов цифровой экономики Казахстана в данном научном исследовании предлагается провести сравнительный анализ факторных моделей, позволяющий дать прогноз развития основных факторов цифровой экономики Казахстана, задающих уровень неопределенности инвестиционной активности в экономике Казахстана на период 2020-2022 гг.

**Методология исследования.** К настоящему времени уже разработано большое множество методологических

Таблица 1

Основные факторы социально-экономических и инвестиционных показателей статистики цифровой экономики Казахстана за период 2013-2019 гг.

№	Наименование фактора	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1	Валовой внутренний продукт в текущих ценах – Информация и связь, млн. тг.	9461 61,4	1005 229,0	1071 814,5	9784 17,4	1021 040,7	1182 681,6	1268 102,0
2	Производство компьютеров, электронной и оптической продукции – Объем промышленного производства, млн.тг	33169	37006	33268	38270	37125	33797	38454
3	Число абонентов фиксированного Интернета, тыс. единиц	1976,0	2100,9	2305,6	2352,7	2580,2	2469,8	2493,9
4	Услуги в области ИКТ – Всего, млн.тг	7733 09,0	8304 86,3	8829 15,0	9443 97,7	1034 848,9	1084 288,7	1147 987,8
5	Услуги по изданию готового программного обеспечения сетевого, в отдельной упаковке, млн.тг.	1403,0	40,2	19,2	345,8	477,2	530,4	593,6

Примечание: Таблица составлена по данным Комитета по статистике МНЭ РК

подходов к прогнозированию по одному временному ряду [3, 4]. Основное назначение подобного прогноза – это возможность показать, к каким результатам можно прийти в будущем в случае если двигаться с той же скоростью, что и в прошлом.

Пожалуй, самыми распространенными и наиболее разработанными среди всей совокупности методов прогнозирования являются методы экстраполяции тенденций. Метод простой экстраполяции вполне приемлем для приближенных прогнозных оценок и приемлем для получения оценки прогнозирования различных показателей производства отраслей народного хозяйства страны. Этот метод весьма широко применяется в прогнозировании в силу его простоты и возможности программной реализации. К недостаткам данного метода состоит отнести то, что модель тренда имеет жесткую фиксацию, а это обстоятельство делает возможным его применение только при условии небольших периодов упреждения [5].

Следующий рассматриваемый метод, описанный в работах Г. Дженкинса, Дж. Бокса, Светунькова С.Г., Четыркина Е.М. и др., получил название метода экспоненциального сглаживания. Он применяется при кратком и среднесрочном прогнозировании. Модели, полученные по данному методу и описывающие динамику показателя, имеют простую математическую формулировку, а адаптивная эволюция алгоритма реализации позволяет отразить текучесть и неоднородность свойств временного ряда.

Еще одной разновидностью трендовых моделей выступают авторегрессионные модели, которые также нашли широкое применение в зарубежных экономических исследованиях. Об этом свидетельствует большое число публикаций и работ таких авторов, как М.Песарана, Э. Маленво, Л.Слейтера. В отечественных экономических исследованиях эти модели применяются эпизодически [6].

Авторегрессионные модели обладают более универсальной возможностью применения, т.е. не только в тех случаях, когда

из ранее проведенного предварительного экономического анализа становится известно о значительной степени зависимости изучаемого процесса от развития самого процесса в прошлые моменты времени, а также, когда хотят найти более простое преобразование, ведущее к процессу и приближаемое к последовательности независимых случайных величин [7].

Для выполнения прогнозных расчетов применение выбранных методологий позволит определять более ожидаемые варианты для развития статистических факторов цифровой экономики Казахстана, основывающихся на гипотезе того, что базовые тенденции, сформировавшиеся в прошлом периоде сохраняться и на период прогноза, которые могут иметь какое-либо обоснование и могли бы учитывать направление возможных изменений в рассматриваемой перспективе.

Проблематика инерционности, складывающаяся в социально – экономических явлениях, может проявляться двояким образом: во-первых, как инерционность в динамике развития отдельных сторон социально-экономических явлений, т.е. как некоторый уровень сохранения этих темпов, направления и динамики изменения основных количественных значений показателей на протяжении длительного периода времени; во-вторых, как инерционность действующих взаимосвязей, т.е. обеспечение сохранности зависимостей, корреляции прогнозируемой факторной переменной от общей совокупности факторных признаков [8].

**Основные результаты исследования.** Для того, чтобы выявить сложившуюся тенденцию выбранных факторных признаков на анализируемом временном интервале, требуется проведение сглаживания временного ряда. Данная задача обусловлена тем, что, помимо основного воздействия со стороны главных факторов, на уровень точности расчетного показателя влияют и другие случайные факторы, тем самым формируя существенные отклонения уровней от тренда [3].

С целью выявления основной тенденции, при всех имеющихся методах сглаживания

временного ряда, исходят прежде всего из фактического развития динамики социально-экономических процессов и явлений в течение рассматриваемого интервала времени. Наиболее применяемым математическим аппаратом, который обеспечивает сглаживание временных рядов, является метод наименьших квадратов. Данный метод весьма детально описан во многих научных литературных источниках [3].

Дальнейшее исследование количественного анализа методов прогнозирования будем проводить на базе формализованных трендовых методов, оперирующих фактическими информационно-статистическими данными, в виде факторных показателей цифровой экономики Казахстана по следующим методам: а) экстраполяция по аналитическому выравниванию тренда; б) экспоненциальное сглаживание; в) модели авторегрессии.

Прогнозные значения, получаемые на основе экстраполяции рядов динамики, можно представить в виде функции:

$$Y_{t+l}^* = f(y_i, l, a_j) \quad (1)$$

где  $Y_{t+l}^*$  – величина прогнозируемого значения;  $y_i$  – принятый за базу экстраполяции уровень ряда;  $l$  – величина периода упреждения;  $a_j$  – коэффициент уравнения тренда.

Применяя метод наименьших квадратов, проводим сглаживание временного ряда и получаем линейную трендовую зависимость следующего вида:

$$\hat{Y}_t = f(t) \quad (2)$$

Процедура экстраполяции выполняется путем подстановки в уравнение трендовой модели количественных значений независимой переменной  $t$ , соответствующих величине прогноза (периода упреждения).

Данный метод дает возможность получать точечное числовое значение прогноза, т.е. оценку прогнозируемого факторного показателя в точке по уравнению модели, описывающему динамику развития прогнозируемого показателя. По своей

сути он является усредненной оценкой для прогнозируемого интервала времени.

Расчет величины доверительного интервала для метода экстраполяции тренда определяется следующим образом:

$$Y_{t+l}^* \pm K^* \cdot S_y \quad (3)$$

$$t = n, \quad l = 1, 2, \dots, L$$

где  $Y_{t+l}^*$  – величина точечного прогноза на момент времени  $(t+l)$ ;

$K^*$  – табулированный множитель с заданной вероятностью;

$S_y$  – средняя квадратическая ошибка тренда [9].

Табулированное значение  $K^*$  зависит от числа уровней ряда  $n$  (числа наблюдений) и периода упреждения  $l$ . С ростом числа  $n$  значение величины  $K^*$  уменьшаются, а с ростом значения  $l$  – увеличивается. Исходя из этого, следует, что достаточно надежный прогноз можно получить при большем числе проведенных наблюдений. С ростом  $l$ , но при одном и том же  $n$  доверительный интервал прогноза будет увеличиваться.

Нахождение стандартной (средняя квадратическая) ошибки оценки прогнозируемого показателя  $S_y$  выполняется по формуле следующего вида:

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (Y - \hat{Y})^2}{n - m}} \quad (4)$$

где

$Y$  – фактическое значение временного ряда;

$\hat{Y}$  – расчетная величина оценки показателя по уравнению модели;

$n$  – число наблюдений (выборка);

$m$  – число параметров в зависимости  $f(t)$ .

Проиллюстрируем использование данного метода на примере прогнозирования показателя – валовой внутренний продукт в текущих ценах «Информация и связь», так

как этот показатель относится к одним из основных показателей, характеризующих сферу цифровой экономики Казахстана. Для проведения вычислений воспользуемся данными временного ряда за 2013-2019 гг., представленными в таблице 2.

Таблица 2  
Валовой внутренний продукт в текущих ценах - Информация и связь за период 2013-2019 гг., млн. тг.

Год	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Y <sub>t</sub>	9461 61,4	1005 229,0	1071 814,5	9784 17,4	1021 040,7	1182 681,6	1268 102,0

Примечание: Таблица составлена по данным Комитета по статистике МНЭ РК

Продemonстрируем применение метода простой экстраполяции, который наиболее распространен в группе формализованных методов прогнозирования [10]. В результате получаем линейную трендовую зависимость вида:

$$\hat{Y}_t = 886213,343 + 45355,471 \cdot t$$

Процедура экстраполяции выполняется путем подстановки в уравнение трендовой модели значения независимой переменной  $t$ , которая соответствует значению периода упреждения.

Имеем:  $n = 7$ ,  $m = 2$

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2}{n-m}} = \sqrt{\frac{2462203376,2,7}{7-2}} = 70174,1174 \quad (5)$$

Для получения оценки доверительных интервалов прогноза значение  $K^*$  табулировано.

Критерием адекватности построенной модели, характеризующих так называемую долю «объясненной» дисперсии является коэффициент детерминации (чем ближе  $r^2$  к 1, тем лучше выбрана модель). Коэффициент детерминации определяется как:

$$r^2 = 1 - \frac{\sum_{t=1}^N (y_t - \hat{y}_t)^2 / (N-p)}{\sum_{t=1}^N (y_t - \bar{y}_t)^2 / (N-1)} = 0,681 \quad (6)$$

Результаты расчета представлены в таблице 4.

Полученная модель, на основе которой выполняется прогноз, с рассчитанным уровнем вероятности 0,68, или другими словами, с доверительной вероятностью в 68% позволяет делать утверждение о том, что при сохранении сложившейся закономерности развития прогнозируемая величина будет находиться в интервале, образованном краевыми границами прогноза.

Однако в случае отсутствия достаточно достоверной априорной информации о сложившихся закономерностях,

Таблица 3

Расчетные параметры модели

Год	T	Y <sub>t</sub>	$\hat{Y}_t$	$Y_t - \hat{Y}_t$	$(Y_t - \hat{Y}_t)^2$
2013	1	946161,400	931568,814	14592,586	212943566,17
2014	2	1005229,000	976924,286	28304,714	801156834,62
2015	3	1071814,500	1022279,757	49534,743	2453690764,1
2016	4	978417,400	1067635,229	-89217,829	7959821011,5
2017	5	1021040,700	1112990,700	-91950,000	8454802500,0
2018	6	1182681,600	1158346,171	24335,429	592213104,61
2019	7	1268102,000	1203701,643	64400,357	4147405981,7
$\Sigma$					24622033762,7

Примечание: Таблица составлена на основе расчета статистических данных.

Таблица 4

Прогнозные значения показателя «Валовой внутренний продукт в текущих ценах - Информация и связь на период 2020-2021гг., млн.тг»

Год	t	Прогноз	Нижний доверительный интервал	Верхний доверительный интервал
2020	8	1249057,114	1178882,997	1319231,231
2021	9	1294412,586	1224238,468	1364586,704
2022	10	1339768,057	1269593,938	1409942,176

Примечание: Таблица составлена на основе расчета статистических данных.

происходящих изменений с изучаемым экономическим явлением применение метода простой экстраполяции по временному ряду может дать существенные ошибки, на что указывал З. Хелвиг [11].

Для более углубленного анализа временного ряда рекомендуют привлекать все уровни наблюдения. Причем более ранним наблюдениям следует придавать меньшие веса по сравнению с более поздними наблюдениями. Именно к таким принципам относится метод экспоненциального сглаживания, разработанный Р. Брауном [12].

Сущность метода заключается в том, что тренд проходит сглаживание с помощью взвешенной скользящей средней, в которой придаваемые веса подчиняются экспоненциальному закону распределения, т.е. эта средняя может служить для оценки и коррекции математического ожидания процесса. Такая взвешенная скользящая средняя является действующим рабочим инструментом для разработки прогнозов.

Проведем прогнозирование показателя – Валовой внутренний продукт в текущих ценах «Информация и связь» на период 2013-2019 гг. по методу экспоненциального сглаживания. Представим использование этого метода на базе данных временного ряда, приведенного в таблице 2.

Схема прогнозирования временных рядов по методу экспоненциального сглаживания, таким образом, состоит из следующих этапов:

1. Выбирается вид модели экспоненциального сглаживания.

Вид модели: Линейная

$$y_t = a_0 + a_1 t + \varepsilon_t \quad (7)$$

2. Определяется параметр  $\alpha$ , который задается исследователем или рассчитывается по формуле:

$$\alpha = 2/(m+1) \quad (8)$$

3. Вычисляются начальные условия:

$$S_0^{[1]}(y) = a_0 - \frac{1-\alpha}{\alpha} a_1 \quad S_0^{[2]}(y) = a_0 - \frac{2(1-\alpha)}{\alpha} a_1 \quad (9)$$

4. Определяются экспоненциальные средние:

$$S_t^{[1]}(y) = \alpha y_t + (1-\alpha) S_{t-1}^{[1]}(y) \quad (10)$$

$$S_t^{[2]}(y) = \alpha S_t^{[1]}(y) + (1-\alpha) S_{t-1}^{[2]}(y) \quad (11)$$

5. Рассчитываются оценки коэффициентов модели прогноза:

$$\hat{a}_0 = 2S_t^{[1]}(y) - S_t^{[2]}(y) \quad \hat{a}_1 = \frac{\alpha}{1-\alpha} [S_t^{[1]}(y) - S_t^{[2]}(y)] \quad (12)$$

6. Выполняется прогноз на одну интервальную точку вперед:

$$y_{t+l}^* = \hat{a}_0 + l \hat{a}_1 \quad (13)$$

7. Проводится расчет по рекуррентной формуле:

$$S_t^{[k]}(y) = \alpha S_t^{[k-1]}(y) + (1-\alpha) S_{t-1}^{[k]}(y) \quad (14)$$

рассчитываются экспоненциальные средние, а по ним определяется оценка коэффициентов модели прогноза.

8. Осуществляется прогноз на две точки вперед и т.д.

9. Рассчитывается отклонение фактического значения временного ряда от прогнозируемого значения:

$$\sigma_{y_{t+l}}^* = \sigma_{\varepsilon_t} \sqrt{\frac{\alpha}{(2-\alpha)^3} [1 + 4(1-\alpha)^2 + 2\alpha(4-3\alpha)l + 2\alpha^2 l^2]} \quad (15)$$

Для расчета параметра  $\alpha$ , в качестве интервала сглаживания, будем брать период в пять лет. Отсюда рассчитанная по формуле величина  $\alpha$  будет равна 0,333.

Трендовая модель этого временного ряда достаточно хорошо описывается уравнением следующего вида:

$$Y_t = 886213,343 + 45355,471 t$$

Расчет выполняется по формуле (14). Ошибку прогноза считают по формуле (15).

Для определения оценок коэффициентов  $\hat{a}_0$  и  $\hat{a}_1$ , помимо  $\alpha$ , как видно из формулы (12), необходимо рассчитать экспоненциальные средние  $S_t^{[1]}(y)$  и  $S_t^{[2]}(y)$ . Для их расчета использовались рекуррентные формулы (10) и (11).

Далее по формуле (9) определялись начальные условия:  $S_0^{[1]}(y)$ ;  $S_0^{[2]}(y)$ . Следующим шагом был расчет  $S_t^{[1]}(y)$  и  $S_t^{[2]}(y)$ ,  $\hat{a}_0$  и  $\hat{a}_1$ , осуществлен прогноз на 2020 г. По рекуррентной формуле (14) вычислялись новые  $S_t^{[1]}(y)$  и  $S_t^{[2]}(y)$ , а по ним определялись соответствующие коэффициенты  $\hat{a}_0$  и  $\hat{a}_1$  для построения прогноза уже на 2021 г. и далее.

В таблице 5 представлен пошаговый процесс построения модели прогноза по методу экспоненциального сглаживания.

При прогнозировании на 2020-2022 гг. использовались величины экспоненциальных средних  $S_t^{[1]}(y)$  и  $S_t^{[2]}(y)$ , а также коэффициенты модели прогноза  $\hat{a}_0$  и  $\hat{a}_1$ .

В таблице 5 представлены промежуточные результаты расчетов по приведенному методу, а в таблице 6 отражены результаты прогноза показателя «Валовой внутренний продукт в текущих ценах «Информация и связь» на период 2013-2019 гг.», ошибки прогноза, а также границы доверительных интервалов.

Рассчитывается критерий адекватности построенной модели (коэффициент детерминации  $r^2$ ):

$$r^2 = 1 - \frac{\sum_{t=1}^N (y_t - \hat{y}_t)^2 / (N-p)}{\sum_{t=1}^N (y_t - \bar{y}_t)^2 / (N-1)} = 0,756 \quad (16)$$

Как видно из таблицы, ошибка прогноза не велика, что вполне удовлетворительно.

Рассмотренный метод экспоненциального сглаживания предоставляет возможность получения оценки параметров временного ряда, характеризующих сложившуюся тенденцию на момент последнего наблюдения. Данный метод позволяет в лучшей мере дать оценку параметров трендовой модели.

Преимущество этого метода состоит в том, что он не требует наличия обширной информационной базы и предполагает

Таблица 5

Промежуточные расчетные показатели

Год	Экс.средние		Оценки коэф.		Факт знач. уровней	Расч. знач. уровней	Откл.расч. знач от расч.	Ошибка сглаживания, в %
	1 пор.	2 пор.	1 пор.	2 пор.				
2013	845722,07	751768,33	939675,8	46976,87	946161,4	0,000	0,00	0,000
2014	898891,04	800809,23	996972,9	49040,91	1005229	986652,7	18576,32	1,848
2015	956532,20	852716,89	1060348	51907,65	1071815	1046014	25800,74	2,407
2016	963827,26	889753,68	1037901	37036,79	978417,4	1112255	-133837,8	13,679
2017	982898,41	920801,92	1044995	31048,24	1021041	1074938	-53896,94	5,278
2018	1049492,8	963698,88	1135287	42896,96	1182682	1076043	106638,46	9,016
2019	1122362,5	1016586,8	1228138	52887,88	1268102	1178184	89918,31	7,090

Примечание: Таблица составлена на основе расчета статистических данных.

Таблица 6  
Прогноз показателя «Валовой внутренний продукт в текущих ценах «Информация и связь» на период 2020-2022 гг., тг»

Год	Прогноз	Нижний доверительный интервал	Верхний доверительный интервал
2020	1281026,19	1203388,273	1358664,107
2021	1333914,08	1244419,175	1423408,985
2022	1386801,96	1285208,102	1488395,818

Примечание: Таблица составлена на основе расчета статистических данных.

проведение ее анализа с позиции полезности и информационной ценности различных уровней временного ряда (Черныш, 1999).

Однако следует учитывать, что если временной ряд можно разложить на детерминированную составляющую и случайный компонент, то прогнозирование было бы лучше проводить отдельно по обеим составляющим. И тогда общий прогноз будет складываться из результатов этих двух прогнозов. Поэтому в качестве следующей методики для получения прогноза случайного компонента в проводимом исследовании была выбрана авторегрессионную модель.

Проведем прогнозирование показателя «Валовой внутренний продукт в текущих ценах «Информация и связь» на период 2020-2022 гг.» методом авторегрессии, используя ту же временную последовательность.

Для выбора вида тренда применялась следующая методика:

Для выборки вида тренда основным критерием служила величина среднеквадратической ошибки. В случае, если среднеквадратические ошибки двух полученных функций отличались друг от друга в малой степени, то предпочтение отдавалось для функции с более простым видом.

Для представленного в таблице 2 временного ряда был выбран линейный тренд вида:

$$\hat{Y}_t = a_0 + a_1 t + \mathcal{E}_t, \quad \mathcal{E}_t = b_1 \mathcal{E}_{t-1} + \gamma_t \quad (17)$$

Откуда получаем:  $\mathcal{E}_t = Y_t - a_0 - a_1 t$

$$\mathcal{E}_{t-1} = Y_{t-1} - a_0 - a_1(t-1)$$

$$b_0 \mathcal{E}_{t-1} = Y_t - a_0 - a_1 t \quad \text{или}$$

$$b_1(Y_{t-1} - a_0 - a_1(t-1)) = Y_t - a_0 - a_1 t + \gamma_t$$

$$Y_t = b_1 Y_{t-1} + (a_0 - a_0 b_1) + (a_1 - a_1 b_1)t + a_1 b_1 + \gamma_t$$

Тогда:

$$Y_t = b_1 Y_{t-1} + (a_1 - a_1 b_1)t + (a_0 - a_0 b_1 + a_1 b_1) + \gamma_t$$

Модель прогноза будет иметь вид:

$$Y_{n+1}^* = b_1 Y_n + (a_1 - a_1 b_1)(t=n+1) + (a_0 + a_0 b_1 + a_1 b_1) + \gamma_{n+1} \quad (18)$$

$$Y_{n+2}^* = b_1 Y_{n+1}^* + (a_1 - a_1 b_1)(t=n+2) + (a_0 + a_0 b_1 + a_1 b_1) + \gamma_{n+2}$$

Таблица 7

Промежуточные расчетные значения

T	Yt	$\hat{Y}_t$	$\epsilon t$	$\epsilon t-1$	$\epsilon^2$	$\epsilon t \cdot \epsilon t-1$	$\epsilon t-1^2$
1	946161,4	931568,8	14592,59	0,000	0,212E+9	0,000	0,000
2	1005229,0	976924,3	28304,71	14592,59	0,801E+9	0,413E+9	0,212E+9
3	1071814,5	1022280	49534,74	28304,71	0,24E+10	0,14E+10	0,801E+9
4	978417,4	1067635	-89217,8	49534,74	0,79E+10	-0,44E+10	0,24E+10
5	1021040,7	1112991	-91950,0	-89217,8	0,84E+10	0,82E+10	0,79E+10
6	1182681,6	1158346	24335,43	-91950,0	0,592E+9	-0,22E+10	0,84E+10
7	1268102,0	1203702	64400,36	24335,43	0,41E+10	0,15E+10	0,592E+9
Итого:			0,000	-64400,4	0,24E+11	0,49E+10	0,20E+11

Примечание: Таблица составлена на основе расчета статистических данных.

...

$$Y_{n+l}^* = b_1 Y_{n+l-1}^* + (a_1 - a_1 b_1)(t = n+l) + (a_0 + a_0 b_1 + a_1 b_1) + \gamma_{n+l}$$

Проводим вычисление доверительного интервала:

$$\Delta Y_{t+l}^* = \pm t_{c, n-2} \sigma_{\varepsilon_t}, \quad \sigma_{\varepsilon_t} = \sqrt{\frac{\sum_{t=2}^n \varepsilon_t^2}{n-3}} \quad (19)$$

Применяя метод наименьших квадратов, определяем численные значения для коэффициентов уравнения:

$$Y_t = 886213,3 + 45355,471 t + \varepsilon_t$$

Получаемые отклонения от временного тренда могут быть аппроксимированы авторегрессионной моделью:

$$\varepsilon_t = 0,241 \cdot \varepsilon_t + U_t$$

В результате соответствующих преобразований получили следующую модель прогноза:

$$Y_t^* = 0,241 \cdot Y_{t-1} + 34437,02 \cdot t + 683793,1$$

Рассчитывается критерий адекватности построенной модели (коэффициент детерминации  $r^2$ ):

$$r^2 = 1 - \frac{\sum_{t=1}^N (y_t - \hat{y}_t)^2 / (N-p)}{\sum_{t=1}^N (y_t - \bar{y}_t)^2 / (N-1)} = 0,701 \quad (20)$$

Таблица 8

Прогноз показателя «Валовой внутренний продукт в текущих ценах «Информация и связь» на период 2020-2022 гг., тг».

Год	Прогноз	Нижний доверительный интервал	Верхний доверительный интервал
2020	1264560,254	1254951,267	1274169,241
2021	1298144,667	1288535,680	1307753,653
2022	1340666,483	1331057,497	1350275,470

Примечание: Таблица составлена на основе расчета статистических данных

Комплексное сравнение результатов проведенных расчетов прогноза показателя «Валовой внутренний продукт в текущих ценах «Информация и связь» по трем рассмотренным методам позволяет отметить, что они получились довольно точно совпадающими.

По описанной методике в ходе дальнейшего исследования было проведено построение моделей для остальных факторных показателей цифровой экономики Казахстана. Сравнительный анализ представлен в таблице 9.

Применение авторегрессионных моделей сталкивается с рядом существенных сложностей. Первая из которых заключается в использовании малых информационных выборок. Проблема малых выборок, по своему существу, при построении и использовании авторегрессионных моделей на данный момент является совершенно неразработанной. Поэтому в практике расчетов многие эксперты распространяют на малые выборки все те же выводы, что и для больших выборок.

Вторая сложность связана с тем, что многие исследователи весьма часто ошибочно представляют внутреннюю структуру экономических процессов за прошлые периоды времени, а это особенно сказывается при решении проблемы выбора порядка авторегрессии.

**Заключение.** Подводя итоги можно отметить, что если прогноз по методу выравнивания временных рядов взять за 100%, то полученными в ходе исследования отклонениями являются 7,5%, 5,7%, 5,5%, что в свою очередь свидетельствует о высоком уровне точности построенных моделей.

Таким образом, все приведенные методы прогнозирования могут быть положены в основу прогнозных расчетов.

В целом, использованные методы экстраполяции, основанные на продлении сформировавшихся тенденций прошлого и настоящего на будущий период, могут применяться в прогнозировании лишь при периоде упреждения до пяти или шести лет. Одним из наиболее важных условий будет являться наличие устойчиво выраженной тенденции развития какого-либо социально-экономического процесса народно-хозяйственной деятельности. При более длительных сроках прогноза данные методы не предоставляют возможность получения точных результатов.

Таблица 9

## Сравнительный анализ прогнозных значений факторных моделей цифровой экономики Казахстана на период 2020-2022 гг.

Фактор	Год	Прогнозные значения		
		метод экспоненциального сглаживания	метод простой экстраполяции	метод авторегрессии
Валовой внутренний продукт в текущих ценах – Информация и связь, млн. тг.	2020	1281026,19	1249057,114	1264560,254
	2021	1333914,08	1294412,586	1298144,667
	2022	1386801,96	1339768,057	1340666,483
Производство компьютеров, электронной и оптической продукции – Объем промышленного производства, млн.тг	2020	37760,427	37769,000	37046,826
	2021	38238,438	38243,786	38693,468
	2022	38716,450	38718,571	38438,564
Число абонентов фиксированного Интернета, тыс. единиц	2020	2636,637	2692,171	2681,097
	2021	2715,335	2783,818	2782,668
	2022	2794,032	2875,464	2875,345
Услуги в области ИКТ – Всего, млн.тг	2020	1212940,70	1211686,829	1211686,820
	2021	1276902,57	1275385,939	1275385,940
	2022	1340864,43	1339085,050	1339085,050
Услуги по изданию готового программного обеспечения сетевого, в отдельной упаковке, млн.тг.	2020	509,860	345,657	334,402
	2021	511,283	310,307	310,903
	2022	512,707	274,957	274,926

Примечание: Таблица составлена на основе расчета статистических данных

## Список литературы

- 1 Данные China Academy of Information and Communications Technology (CAICT). [Электронный ресурс] – URL: [http://www.xinhuanet.com/english/2018-12/23/c\\_137693489.htm](http://www.xinhuanet.com/english/2018-12/23/c_137693489.htm) (дата обращения: 18.08.2020г.).
- 2 Bureau of Economic Analysis (USA). [Электронный ресурс] – URL: <https://www.bea.gov/> (дата обращения: 18.08.2020г.).
- 3 Френкель А.А. Прогнозирование производительности труда: методы и модели. -Москва: Экономика, 1989. – 89-93 с.
- 4 Федосеев В.В., Дайитбегов Д.М., Гармаш А.Н. Экономико-математические методы и прикладные модели: Учеб. пособие для вузов. – Москва: ЮНИТИ, 2000. – 124-127 с.
- 5 Черныш Е.А. Прогнозирование и планирование в условиях рынка: Учебное пособие – Москва: ПРИОР, 1999. – 73-76 с.
- 6 Песаран М., Слейтер Л. Динамическая регрессия: Теория и алгоритмы. -М.: Финансы и статистика, 1984. –с.98-104.
- 7 Мартин Р.Д. Устойчивый авторегрессионный анализ временных рядов. Устойчивые статистические методы оценки данных. – Москва: Машиностроение, 1984. –121-146 с.
- 8 Гамбаров Г.М., Королев Ю.Г., Журавель Н.М. Статистическое моделирование и прогнозирование: Учеб. Пособие. – Москва: Финансы и статистика, 1990. – 116-121 с.
- 9 Четыркин Е.М. Статистические методы прогнозирования. – Москва: Статистика, 1977. – 4-59 с.
- 10 Доугерти К. Введение в эконометрику. – Москва: Инфра, 1997. – 53-69 с.

11 Hellwing Z. Schemat budowy prognozy statycznej metoda wag harmonicznyc // Przegląd Statystyczny. R. - 1967. – Т. XIV. - №. 2. - С. 133-153.

12 Brown R.G. Smoothing, Forecasting and Prediction of Discrete Time Series. - N.Y.: Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1963. – 83-85 p.

**Желю Владимиров<sup>1</sup>, А.А. Легостаева<sup>2</sup>, М.К. Тұрғамбаев<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>К. Охридский атындағы София университеті, София, Болгария,

<sup>2,3</sup>Қазтұтынуодағы Қарағанды экономикалық университеті, Қарағанды, Қазақстан

### **Қазақстан цифрлық экономикасының факторлық үлгілерін есептеу әдістемелерін салыстырмалы талдау**

**Аннотация.** Ғылыми мақалада факторлық модельдерді есептеу әдістемелеріне жүргізілген салыстырмалы талдау негізінде экономикалық талдау жүргізу және факторлық модельдерді болжау кезінде қолданылатын қазіргі заманғы әдіснамалық тәсілдерді ғылыми-теориялық қорыту және жүйелеу іске асырылды. Атап айтқанда, қарапайым экстра-поляция, экспоненциалдық тегістеу және автегрессия сияқты уақытша қатарларды талдаудың экономикалық-мико-математикалық әдістері қарастырылды. Статистикалық көрсеткіштердің Қазақстанның цифрлық экономикасы көрсеткіштерінің динамикасы деңгейіне баға беруге мүмкіндік беретін уақытша факторға тәуелділігін есептеу жүргізілді, сондай-ақ, талдамалық есептеулер үшін қызығушылық тудыратын факторлық көрсеткіштерді модельдеу нәтижелерін сипаттайтын бағалауларды нақтылау жүргізілді. Егер уақытша қатарларды теңестіру әдісі бойынша болжамды 100%-ға алсақ, зерттеу барысында алынған ауытқулар 7,5%, 5,7%, 5,5% болып табылады, бұл өз кезегінде сапалы модельдер дәлдігінің жоғары деңгейін көрсетеді.

**Түйін сөздер:** талдау, факторлық белгі, эконометриялық модель, болжау, теңдеу коэффициенті, сандық әзірше, экономика, әдіснама, модельді бағалау.

**Zhelyu Vladimirov<sup>1</sup>, A.A. Legostaeva<sup>2</sup>, M.K. Turgambaev<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Sofia University K. Ohridski, Sofya, Bulgaria

<sup>2,3</sup>Karaganda Economic University Kazpotrebsoyuz, Karaganda, Kazakhstan

### **Comparative analysis of calculation methods factor models of digital economy of Kazakhstan**

**Abstract.** In the scientific article, based on the comparative analysis of the methods for calculating factor models, a scientific-theoretical generalization and systematization of modern methodological approaches used in the economic analysis and forecasting of factor models are realized. In particular, economic and mathematical methods for analyzing time series are considered: simple extrapolation, exponential smoothing and autoregressive. The calculation of the dependences of statistical indicators on the time factor has been performed, which makes it possible to assess the level of dynamics of indicators of the digital economy of Kazakhstan, as well as detailed estimates of the factor indicators characterizing the results of modeling, which are of interest for analytical calculations. It can be noted that if the forecast by the time series alignment method is taken as 100%, then the deviations obtained during the study are 7.5%, 5.7%, 5.5%, which in turn indicates a high level of accuracy of the constructed models.

**Keywords:** analysis, factor attribute, econometric model, forecasting, equation coefficient, quantitative indicator, economics, methodology, model assessment.

### **References**

1 Danye China Academy of Information and Communications Technology (CAICT) [Data from China Academy of Information and Communications Technology (CAICT)]. [Electronic resource]. Available at: [http://www.xinhuanet.com/english/2018-12/23/c\\_137693489.htm](http://www.xinhuanet.com/english/2018-12/23/c_137693489.htm) (Accessed: 18.08.2020г.).

- 2 Bureau of Economic Analysis (USA). [Electronic resource]. Available at: <https://www.bea.gov/> (Accessed: 18.08.2020г.).
- 3 Frenkel A.A. Prognozirovaniye proizvoditel'nosti truda: metody i modeli [Labor productivity forecasting: methods and models] (Moscow: Economics, 1989, 89-93p.). [in Russian]
- 4 Fedoseev V.V., Daiitbegov D.M., Garmash A.N. Ekonomiko-matematicheskie metody i prikladnye modeli. Ycheb. posobie dlia vyzov [Economic and mathematical methods and applied models. Textbook. handbook for universities] (Moscow: UNITI, 2000, 124-127 p.). [in Russian]
- 5 Chernysh E.A. Prognozirovaniye i planirovaniye v ysvloviiah rynka. Ychebnoe posobie [Forecasting and planning in market conditions. Textbook allowance] (Moscow: PRIOR, 1999, 73-76 p.). [in Russian]
- 6 Pesaran M., Sleiter L. Dinamicheskaiya regressiia: Teoriia i algoritmy [Dynamic regression: Theory and algorithms] (Moscow: Finansy i statistika, 1984, 98-104 p.). [in Russian]
- 7 Martin R.D. Ystoichivyyi avtoregressionnyy analiz vremennykh riadov. Ystoichivyye statisticheskie metody otsenki dannykh [Stable autoregressive analysis of time series. Stable statistical methods for evaluating data] (Moscow: Mashinostroeniye, 1984, 121-146 p.). [in Russian]
- 8 Gambarov G.M., Korolev Iy.G., Jyravel N.M. Statisticheskoye modelirovaniye i prognozirovaniye. Ychebnoe posobie [Statistical modeling and forecasting. Textbook. Allwance] (Moscow: Finance and statistics, 1990, 116-121 p.). [in Russian]
- 9 Chetyrkin E.M. Statisticheskie metody prognozirovaniia [Statistical forecasting methods]. Moscow: Statistika, 1977. P.54-59. [in Russian]
- 10 Dougherty K. Vvedeniye v ekonometriku [Introduction to econometrics] (Moscow: Infra, 1997, 53-69 p.). [in Russian]
- 11 Hellwing Z. Schemat budowy prognozy statycznej metoda wag harmo-nicznych. Przegląd Statystyczny [Structure of a static forecast by the harmonic weights method. Statistical overview], R, 2(14), 133-153 (1967). [in Poland]
- 12 Brown R.G. Smoothing, Forecasting and Prediction of Discrete Time Series. (New York: Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1963, 83-85 p.).

#### **Сведения об авторах:**

**Владимиров Ж.** – PhD, профессор Софийского университета им. К. Охридского, бул. Царя-Освободителя, 15, София, Болгария.

**Легостаева А.А.** – кандидат экономических наук, профессор, ученый секретарь, ул. Академическая, 9, Карагандинский экономический университет Казпотребсоюза, Караганда, Казахстан.

**Тургамбаев М.К.** – **основной автор**, докторант PhD. Карагандинский экономический университет Казпотребсоюза, ул. Академическая, 9, Караганда, Казахстан.

**Vladimirov Zh.** – Ph.D., Professor of the after K. Ohridskiy Sofia University, bul. Tsar-Liberator, 15, Sofia, Bulgaria.

**Legostaeva A.A.** – Candidate of Economic Sciences, Professor, Scientific Secretary of the Karaganda Economic University of Kazpotrebsoyuz. Karaganda Economic University of Kazpotrebsoyuz, Academic str., 9, Karaganda, Kazakhstan.

**Turgambaev M.K.** – **The main author**, Ph.D. candidate. Karaganda Eco-nomic University of Kazpotrebsoyuz, Academic str., 9, Karaganda, Kazakhstan.