

МРПТИ 021
УДК 338; 334.021.1

TIME SERIES IN FORECASTING THE VOLUMES OF INVESTMENTS

S. K. Burgumbayeva

PhD, associate Professor of Higher mathematics»
Eurasian National University named after L. N. Gumilev.
Astana, Kazakhstan

A. S. Iskakova

Candidate of physical and mathematical Sciences, associate Professor of " Fundamental mathematics»
Eurasian National University named after L. N. Gumilev.
Astana, Kazakhstan

D. G. Dzhumabaev

Candidate of physical and mathematical Sciences, associate Professor of Higher mathematics»
Eurasian National University named after L. N. Gumilev.
Astana, Kazakhstan

A. M. Batyrbekova

Candidate of economic Sciences, associate Professor of " Management»
Eurasian National University named after L. N. Gumilev.
Astana, Kazakhstan

ABSTRACT

The purpose of the work is to develop decision-making models for the investment management of the land reclamation system, which, based on the analysis of statistical data, will allow making forecasts and recommendations. That is, the purpose of the work is to present a mathematical model of a time series for predicting the volume of investments in land reclamation in Kazakhstan.

Methodology is methods for analyzing Republic are analyzed from the point of view of justifying the time series, namely, spectral, regression and correlation analysis, models of the moving average and autoregression.

Originality / value are the proposed model effectively takes into account the mutual influence of the elements of the dynamic range of small agricultural formations affecting the increase in competitiveness, that is, the influence of different economic parameters on each other while they are simultaneously manifested. In this case, the predictive operator is actually trained on the statistical material of the past.

Conclusions - on the basis of the prognostic information obtained, investments in the land reclamation of the Republic will be able to increase the validity, objectivity and efficiency of decision making in business processes related to contracting and planning in forecasting the volumes of the agro-industrial complex of Kazakhstan, as well as using the Republic's agricultural resources most effectively.

Keywords: forecasting, additive model, multiplicative model, investment, land reclamation.

**ВРЕМЕННЫЕ РЯДЫ В ПРОГНОЗИРОВАНИИ ОБЪЕМОВ ИНВЕСТИЦИЙ В СИСТЕМУ
МЕЛИОРАЦИИ КАЗАХСТАНА**

С.К. Бургумбаева

PhD, доцент кафедры «Высшая математика»
Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева
г.Астана, Казахстан

А.С. Искакова

Кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Фундаментальная математика»
Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева
г.Астана, Казахстан

Д.Г. Джумабаева

Кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Высшая математика»
Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева
г.Астана, Казахстан

А.М. Бакирбекова

Кандидат экономических наук, доцент кафедры «Менеджмент»
Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева
г.Астана, Казахстан

АННОТАЦИЯ

Цель исследования – разработка моделей принятия решений управления инвестициями системы мелиорации, которая на основе анализа статистических данных позволит делать прогнозы и рекомендации. То есть целью работы является представление математической модели временного ряда прогнозирования объемов инвестиций мелиорации Казахстана.

Методология – методы анализа временных рядов, а именно, спектральный, регрессионный и корреляционный анализ, модели скользящей средней и авторегрессии.

Оригинальность / ценность – предлагаемая модель эффективно учитывает взаимное влияние элементов динамического ряда влияющих на повышение конкурентоспособности мелких сельхозформирований, то есть влияние друг на друга различных экономических параметров при их одновременном проявлении. При этом прогнозирующий оператор фактически обучается на статистическом материале прошлого.

Выводы – на основе полученной прогностической информации инвестиции в мелиорацию Республики сможет повысить обоснованность, объективность и эффективность принятия решений в бизнес-процессах, связанных с заключением контрактов и планированием в прогнозировании объемов АПК Казахстана, а также наиболее эффективно использовать сельхозресурсы Республики.

Ключевые слова: прогнозирование, аддитивная модель, мультипликативная модель, инвестиции, мелиорация.

ВВЕДЕНИЕ

Системы мелиорации во всем мире является одним из надежных индикаторов конкурентоспособности сельхозформирований [1]. К тому же, в виду того, что на территории Казахстана преобладает сухой резко-континентальный климат [2], то основным фактором, влияющих на конкурентоспособность мелких сельхозформирования АПК республики, является внедрение оросительной системы в соответствии с инновационными смарт-технологиями [3]. Поэтому наличие эффективной системы орошения – необходимое условие экономического роста АПК. А для постоянной готовности инфраструктуры, важно определить зависимость будущего значения от прошлого значения внутри самого процесса, и на основании этой зависимости составить прогноз его будущего значения, формирующихся в результате их совмещения и выравнивания.

Ключевая задача мелких сельхозформирований АПК состоит в предварительной оценке и дальнейшем качественном прогнозе объема инвестиций в систему мелиорации. Заранее спланированный объем инвестиций позволяет рационально распределить ресурсы АПК.

Прогнозирование объема инвестиций – неотъемлемая часть процесса принятия решений; это систематическая проверка ресурсов АПК, позволяющая более полно использовать ее преимущества и своевременно выявлять потенциальные угрозы. Мелкие сельхозформирования должны постоянно следить за динамикой развития инновационных оросительных технологий и альтернативными возможностями развития АПК с тем, чтобы наилучшим образом распределять имеющиеся ресурсы и выбирать наиболее целесообразные направления своей деятельности.

Целью работы является разработка моделей принятия решений управления инвестициями системы мелиорации, которая на основе анализа статистических данных позволит делать прогнозы и рекомендации.

Модели временных рядов — это такие математические модели прогнозирования, которые стремятся определить зависимость будущего значения от прошлого значения внутри самого процесса, и на основании этой зависимости составить прогноз его будущего значения.

Основной задачей при построении экономических временных рядов считается выявление и статистическая оценка основной тенденции развития изучаемого процесса и отклонений от нее.

Самыми распространенными методами анализа временных рядов следует признать спектральный, регрессионный и корреляционный анализ, модели скользящей средней и авторегрессии.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Имеются данные о использовании пресной воды в целях сельскохозяйственной ирригации за 2000-2017 г [4].

Таблица 1.

| | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|
| Год | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
| Использование пресной воды в целях сельскохозяйственной ирригации, мил. куб. м. | 6290 | 7600 | 7033 | 7750 | 8551 | 8167 |
| Год | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| Использование пресной воды в целях сельскохозяйственной ирригации, мил. куб. м. | 8535 | 8665 | 8163 | 8893 | 9050 | 9066 |
| Год | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
| Использование пресной воды в целях сельскохозяйственной ирригации, мил. куб. м. | 8840 | 9486 | 9485 | 9828 | 9019 | 9511 |

С использованием этих статистических данных построим аддитивную и мультипликативную модели временного ряда.

Аддитивная модель

Приступим к построению аддитивной модели, которая имеет вид [5-9]

$$Y = T + S + E \quad (1)$$

Здесь каждый уровень временного ряда представляет собой сумму трендовой (Т), сезонной (S) и случайной (E) компонент.

1. Произведем выравнивание исходных уровней ряда с помощью метода скользящей средней. Для этих целей:

1.1. Определим скользящие средние. Найденные таким образом выровненные значения теперь не содержат сезонную составляющую.

1.2. Определим средние значения из двух последовательных скользящих средних – центрированные скользящие средние, а затем приведем эти значения в соответствие с фактическими моментами времени. Срок сезонного периода определим в 6 месяцев, усреднение произведем по четырем месяцам.

2. Используя разность между фактическими уровнями ряда и центрированными скользящими средними, определим оценки сезонной составляющей и затем применим эти оценки в расчете значений сезонной составляющей S . С этой целью рассчитаем средние за каждый период оценки сезонной компоненты S_i (таблица 2). Предполагается, что в моделях с сезонной компонентой в основном, взаимопогашаются сезонные воздействия за период. Это выражается в том, что в аддитивной модели сумма значений компонентов по всем периодам равна нулю.

Таблица 2. Данные по компоненте

| Показатели | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|--------|--------|---------|---------|---------|-------|
| 1 | - | - | -14,67 | -78,67 | -81,83 | 27,83 |
| 2 | 102,5 | 160,5 | -91,5 | -13,5 | 26 | 18,5 |
| 3 | 1,833 | -61,33 | 0,5 | -52,67 | -78,83 | -13 |
| 4 | 88 | 120,5 | -22,67 | - | - | - |
| Всего за период | 192,33 | 219,67 | -128,33 | -144,83 | -134,67 | 33,33 |
| Средняя оценка сезонной составляющей | 64,11 | 73,22 | -32,08 | -48,28 | -44,89 | 11,11 |
| Скорректированная сезонная составляющая S_i | 60,25 | 69,36 | -35,95 | -52,14 | -48,76 | 7,25 |

В итоге в данной модели получаем:

$$64,111+73,222-32,083-48,278-44,889+11,111=23,194$$

Корректирующий коэффициент составил: $k = 23,194/6 = 3,866$

Определяем скорректированные значения сезонной компоненты S_i и также вносим полученные данные в таблицу.

3. Далее исключаем влияние сезонной составляющей посредством вычитания ее значения из каждого уровня исходного временного ряда. Найдем величины $T + S = Y - E$. Данные значения определяются за каждый момент времени и включают в себя тенденцию и случайную составляющую.

4. Рассчитываем компоненту T данной модели, для чего необходимо провести аналитическое выравнивание ряда $(T + E)$ с использованием линейного тренда. Получаем следующие результаты аналитического выравнивания:

$$T = 442,55 + 4,303t \quad (2)$$

5. Находим значения уровней ряда, полученных по аддитивной модели. Для этого прибавим к уровням T значения сезонной компоненты для соответствующих кварталов.

Средняя ошибка аппроксимации составила $\bar{A} = 13,799\%$. Поскольку $A < 20\%$, и таким образом модель считается подобранной с хорошей точностью. Коэффициент детерминации $R^2 = 0,69$.

Следовательно, можно сказать, что аддитивная модель объясняет 69% общей вариации уровней временного ряда. $F_{набл} = 6,05$, что говорит о статистической значимости уравнения.

6. Теперь произведем прогнозирование по полученной модели. Прогнозное значение Y_t уровня временного ряда в аддитивной модели есть сумма трендовой и сезонной составляющих. Воспользуемся уравнением тренда для определения трендовой компоненты: $T = 442,55 + 4,303t$.

Прогноз на первый период составит: $T_{25} = 442,55 + 4,303 \cdot 25 = 550,117$. Значение сезонной составляющей за этот же период равен: $S_1 = 60,245$.

Таким образом, $Y_{25} = T_{25} + S_1 = 550,117 + 60,245 = 610,362$. Данное значение позволит запланировать инвестиций на мелиорацию.

Теперь прогноз на второй период: $T_{26} = 442,55 + 4,303 \cdot 26 = 554,419$. Значение сезонной составляющей за этот же период равен: $S_2 = 69,36$.

Таким образом, $Y_{26} = T_{26} + S_2 = 550,117 + 69,36 = 619,477$. Данное значение позволит запланировать инвестиций на мелиорацию.

Мультипликативная модель

Теперь приступим к построению мультипликативной модели, которая имеет вид [10-16]

$$Y = T \cdot S \cdot E \quad (3)$$

Согласно этой модели, каждый уровень временного ряда представлен как произведение трендовой (T), сезонной (S) и случайной (E) компонент.

1. Методом скользящей средней проведем выравнивание исходных уровней ряда для чего:

1.1. Определим скользящие средние. Из рассчитанных выровненных значений теперь исключена сезонная компонента.

1.2. В соответствие с фактическими моментами времени приведем эти значения. Для этой цели определим средние значения из двух последовательных скользящих средних, так называемые центрированные скользящие средние.

2. Оценки сезонной компоненты определяются как частное от деления фактических уровней ряда на центрированные скользящие средние. При расчете сезонной компоненты S используются именно эти оценки. Для этой цели определим средние за каждый период оценки сезонной составляющей S_i (таблица 3). Сезонные воздействия за период обязательно взаимопогашаются. Это выражено в том, что в мультипликативной модели сумма значений сезонной компоненты по всем кварталам равняется числу периодов в цикле. В нашем случае число периодов одного цикла равно 6.

Таблица 3

| Показатели | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--|------|------|------|------|------|------|
| 1 | - | - | - | 0,88 | 0,9 | 1,06 |
| 2 | 1,2 | 1,29 | 0,82 | 0,94 | 0,99 | 1,04 |
| 3 | 0,99 | 0,85 | 1,01 | 0,92 | 0,89 | 0,99 |
| 4 | 1,17 | 1,22 | 0,95 | - | - | - |
| Всего за период | 3,36 | 3,36 | 2,79 | 2,74 | 2,79 | 3,08 |
| Средняя оценка сезонной компоненты | 1,12 | 1,12 | 0,93 | 0,91 | 0,93 | 1,03 |
| Скорректированная сезонная компонента, S_1 | 1,11 | 1,11 | 0,92 | 0,91 | 0,92 | 1,02 |

Для нашей модели имеем: $1,12 + 1,119 + 0,929 + 0,913 + 0,93 + 1,028 = 6,038$. Корректирующий коэффициент: $k = 6/6,038 = 0,994$.

Теперь рассчитаем скорректированные значения сезонной компоненты S_i и внесем данные в таблицу.

3. Каждый уровень исходного ряда разделим на соответствующие значения сезонной составляющей. В результате получим величины $T \cdot E = Y / S$, которые содержат только тенденцию и случайную составляющую.

4. Рассчитываем компоненту T нашей модели. Для этого с помощью линейного тренда проведем аналитическое выравнивание ряда $(T + E)$. Результаты аналитического выравнивания принимают вид:

$$T = 448.172 + 3.916t \quad (4)$$

Подставляя в это уравнение значения $t = 1, \dots, 24$, найдем уровни T для каждого момента времени.

5. Умножив значения T на соответствующие значения сезонной компоненты, найдем уровни ряда.

Коэффициент детерминации $R^2 = 0,71$. Таким образом, можно сказать, что мультипликативная модель объясняет 71% общей вариации уровней временного ряда. $F_{набл} = 5,76$, что говорит о статистической значимости уравнения.

6. Проведем прогнозирование по построенной мультипликативной модели. Прогнозное значение F_t уровня временного ряда в мультипликативной модели рассчитывается как произведение трендовой и сезонной составляющих.

Для определения трендовой компоненты воспользуемся уравнением тренда (4).

Прогноз на 1 период:

$T_{25} = 448,172 + 3,916 \cdot 25 = 546,073$. Значение сезонной составляющей за соответствующий период равно: $S_1 = 1,113$. Таким образом, $F_{25} = T_{25} \cdot S_1 = 546,073 \cdot 1,113 = 607,905$. Данное значение позволит запланировать инвестиций на мелиорацию.

Прогноз на 2 период: $T_{26} = 448,172 + 3,916 \cdot 26 = 549,989$. Значение сезонного компонента за соответствующий период равно: $S_2 = 1,112$. Таким образом, $F_{26} = T_{26} \cdot S_2 = 549,989 \cdot 1,112 = 611,419$. Данное значение позволит запланировать инвестиций на мелиорацию.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ (ВЫВОДЫ)

В статье разработаны и адаптированы математические методы и алгоритмы прогнозирования временных рядов с учетом специфики задач, решаемых в интересах инвестиций на мелиорацию, и создание системы прогнозирования объемов оросительных систем. На основе полученной прогностической информации инвестиции в мелиорацию Республики сможет повысить обоснованность, объективность и эффективность принятия решений в бизнес-процессах, связанных с заключением контрактов и планированием в прогнозировании объемов АПК Казахстана, а также наиболее эффективно использовать сельхозресурсы Республики.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта AP05135819 МОН РК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Шейнин Л. Об эффективности земельно-мелиоративных преобразований // Общество и экономика. – 2010. – №. 10-11. – С. 200-210.
- 2 Сенникова М. Н., Омарова Г. Е. Обеспечение продовольственной безопасности Казахстана путем интегрированного управления водными ресурсами // Проблемы постсоветского пространства. – 2018. – Т. 5. – №. 3. – С. 268-283.
- 3 Мустафаев Ж. С., Есполов Т. И., Козыкеева А. Т. Проблемы и пути решения мелиорации сельскохозяйственных земель в Казахстане // Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения. – 2016. – С. 339-344.

- 4 [#%40%3F_afLoop%3D5903019947150759%26_adf.ctrl-state%3D5ovbqg8ty_111](http://stat.gov.kz/faces/wcnav_externalId/ecolog-C-8?_afLoop=5903019947150759)
- 5 Носков В.П. Эконометрика: Книги 1 и 2. - М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2011. Кн.1-672 с., Кн. 2 - 576 с.
- 6 Дрейпер И., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ: Пер. с англ. — Кн. 1, 2. — М.: Финансы и статистика, 1987.
- 7 Ферстер Э., Ренц Б, Методы корреляционного и регрессионного анализа: Пер. с нем. — М.: Финансы и статистика, 1982.
- 8 Лоскутов А.Ю. Михайлов А.С., «Остовы теории сложных систем – Москва, Регулярная и хаотичная динамика», 2007.
- 9 А.А. Самарский, А.П. Михайлов, «Математическое моделирование», 2002.
- 10 Iskakova A.S., Burgumbayeva S.K., Dzhumabayeva D.G., Zhumadilov M.T. Model of quadratic programming of economic factors affecting the competitiveness of small-scale agricultural enterprises//Central Asian Economic Review (CAER), №4 (122), 2018, С.10-16.
- 11 Ayman, Iskakova. "Statistical Research for Probabilistic Model of Distortions of Remote Sensing." Journal of Physics: Conference Series. Vol. 738. No. 1. IOP Publishing, 2016.
- 12 Ayman, Iskakova. "Construction of the most suitable unbiased estimate distortions of radiation processes from remote sensing data." Journal of Physics: Conference Series. Vol. 490. No. 1. IOP Publishing, 2014.
- 13 Iskakova A., Zhaxybayeva G. Maximum likelihood estimates of some probability model of discrete distributions. – 2018.
- 14 Burgumbaeva S. A tri-harmonic Neumann function for the unit disc //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing, 2018. – Т. 1997. – №. 1.
- 15 Sánchez-Prieto J. et al. Control of blood pressure by using an intelligent telephone application with feedback and competitiveness strategy. HApp Control project //Semergen. – 2018. – Т. 44. – №. 1. – С. 30-36.
- 16 Bernal-Conesa J. A., de Nieves Nieto C., Briones-Peñalver A. J. CSR strategy in technology companies: its influence on performance, competitiveness and sustainability //Corporate Social Responsibility and Environmental Management. – 2017. – Т. 24. – №. 2. – С. 96-107.

SUMMARY

И

ТҮЙІН

М