

УДК 517.15+517.18:519.233.5:63

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС «ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АГРАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА»

Барсукова Маргарита Николаевна

к.т.н., зав.кафедрой информатики и математического моделирования,

e-mail: margarita1982@bk.ru

Вараница-Городовская Жанна Игоревна

e-mail: zhanna_gorodovsk@mail.ru,

Иваньо Ярослав Михайлович

д.т.н., профессор, проректор по научной работе, e-mail: rector@igsha.ru

Ромме Алексей Александрович

e-mail: romme.97@mail.ru,

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,
664038, Иркутский р-он, п. Молодежный

Аннотация. Прогнозирование производственно-экономических показателей аграрного производства актуально для составления перспективных планов и программ по развитию агропромышленного комплекса на различных уровнях: регион, муниципальное образование, сельскохозяйственный товаропроизводитель. В статье описан разработанный авторами программный комплекс, позволяющий прогнозировать урожайность сельскохозяйственных культур, затраты труда на получение продукции, объемы производства, финансовые показатели на среднесрочную и долгосрочную перспективы. Для прогностических целей использованы функции роста с насыщением: асимптотическая и логистическая. Программный комплекс апробирован на данных муниципальных районов и сельскохозяйственных предприятий региона. С его помощью определяются значимые модели, позволяющие составлять прогнозы с различной заблаговременностью, а также оценивать прогностические значения с учетом различных условий деятельности сельскохозяйственных предприятий.

Ключевые слова: прогнозирование, планирование, модели роста, асимптотическая функция, логистическая функция, программный комплекс.

Цитирование: Барсукова М. Н., Вараница-Городовская Ж.И., Иваньо Я. М., Ромме А. А. Программный комплекс «Прогнозирование производственно-экономических показателей аграрного производства» // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2021. № 2 (22). С. 115-123. DOI:10.38028/ESI.2021.22.2.012

Введение. Решение задач планирования и прогнозирования на среднесрочную и долгосрочную перспективу актуально для разработки планов и программ развития сельскохозяйственного товаропроизводителя, муниципальных образований, региона и страны [1 - 8]. В процессе прогнозирования с учетом трендов может возникнуть ситуация, когда исходных данных для построения долгосрочного прогноза будет недостаточно. В таких условиях прогноз на десять и более лет невозможен при использовании распространенных методов, ориентированных на исходные данные прошлого. Кроме этого, обработка большого числа временных рядов производственно-экономических показателей показывает, что эмпирические данные лучше описывать нелинейными моделями. При этом продолжительное использование одних и тех же технологий приводит к замедлению тенденций роста, следовательно имеет место некоторое ограничение показателя сверху. В таком случае предполагается использование логистических и асимптотических функций для моделирования временных рядов.

Модели роста с насыщением используются в основном в экологии для моделирования динамики популяций. В работе [9] обобщены разные по структуре математические модели для практического применения, в том числе логистические и асимптотические. Одним из многочисленных примеров использования моделей с верхним предельным значением является модель роста деревьев [10]. Вместе с тем для решения задач прогнозирования и моделирования развития сельского хозяйства модели с насыщением пока не нашли распространения. В частности, в методических рекомендациях [11] предложены большое число моделей и методов моделирования показателей аграрного производства, апробированных на реальных объектах. Между тем в этой работе не приведены примеры использования моделей роста с насыщением. Вместе с тем исследования авторов [2, 3, 4, 7] показывают, что с помощью таких моделей можно расширить круг решаемых задач по прогнозированию показателей аграрного производства.

Целью работы является разработка программного комплекса для реализации математических моделей на основе функций роста с насыщением, позволяющих прогнозировать производственно-экономические показатели аграрного производства.

Материалы и методы. В качестве исходных данных в работе использованы материалы Иркутскстата¹, министерства сельского хозяйства Иркутской области и товаропроизводителей региона.

При оценке закономерностей изменчивости многолетних рядов производственно-экономических показателей использованы корреляционно-регрессионный анализ, а также методы оценки уровня насыщения.

Для создания программного комплекса применены методы проектирования информационных систем. В работе использованы труды исследователей по математическому моделированию и методам прогнозирования производственно-экономических показателей получения аграрной продукции.

Основные результаты. Математическое обеспечение разработанного программного комплекса представляет собой линейные и нелинейные модели, описывающие временные ряды производственно-экономических показателей.

В качестве нелинейных зависимостей использованы параболические, гиперболические, показательные и экспоненциальные функции. Дополнение к ним составляют асимптотические и логистические аналитические выражения с верхними и нижними оценками, основанные на моделях роста [2]:

$$\frac{dy}{dt} = k(y_m - y), \quad (1)$$

$$\frac{dy}{dt} = \alpha y(y_m - y), \quad (2)$$

где y – производственно-экономический показатель, y_m – уровень насыщения, k , a – коэффициенты, характеризующие скорость роста.

Исходя из начальных и граничных условий, проинтегрировав выражения (1) и (2), получим следующие формулы:

$$y = \frac{y_m}{1 + e^{k_0 + k_1 t}}, \quad (3)$$

$$y = y_m - (y_m - y_{\min})e^{\alpha_0 + \alpha_1 t}, \quad (4)$$

где k_0 , k_1 , a_0 , a_1 – коэффициенты показателей степени, характеризующие рост функций, y_{\min} – минимальное значение производственно-экономического показателя.

Если при начальных условиях $t=0$, k_0 и a_0 принимают нулевые значения, тогда выражения (3) и (4) преобразуются в следующие функции:

$$y = \frac{y_m}{1+e^{k_1 t}}, \quad (5)$$

$$y = y_m - (y_m - y_{\min})e^{\alpha t}. \quad (6)$$

Особенностью выражений (3) – (6) является наличие оценок y_{\min} и y_m . Для их определения можно использовать разные способы. Простейший из них заключается в выборе наибольшего и наименьшего значений эмпирической последовательности с учетом оценки точности показателя [12]. Прибавляя значение точности к максимальному и минимальному значению, получаем искомые оценки y_{\min} и y_m . Второй способ заключается в определении y_m в виде суммы двух слагаемых $y_m + sy_m$, где s – коэффициент, характеризующий возможность роста показателя на перспективу ($s < 1$). Третий способ учитывает мнение эксперта или экспертов по развитию производства.

Для реализации моделей роста (3) – (6) использована надстройка «Регрессия» табличного процессора Microsoft Excel. Для логистической функции формируется ряд значений $\ln\left(\frac{y_{\max}}{y} - 1\right)$, а для асимптотического выражения - $\ln\left(\frac{y_{\max}-y}{y_{\max}-y_{\min}}\right)$ [11].

На основе моделей (3) – (6) построены тренды для урожайности пшеницы по данным Иркутского района за 1996 – 2019 гг. (рис.1).

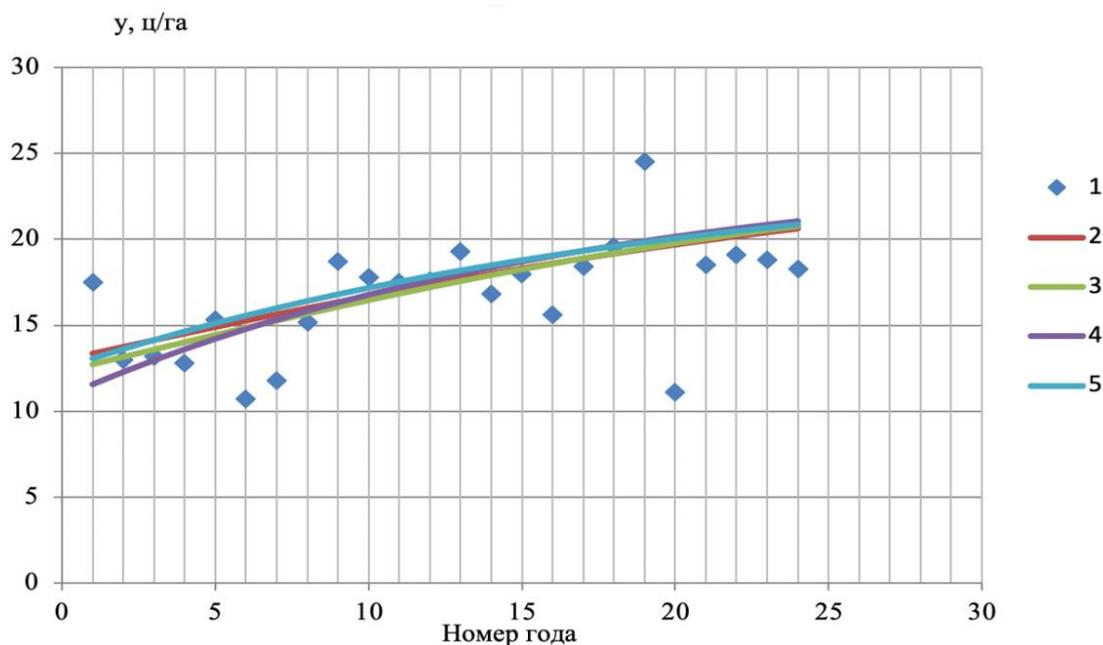


Рис. 1. Динамика урожайности пшеницы Иркутского района по данным за 1996 - 2019 гг. с трендами в виде логистической функции с ненулевой (2), нулевой (3) константой и асимптотической функцией с нулевой (4) и ненулевой константой (5)

В приведенном примере получены модели для прогнозирования на основе предшествующих значений, без привлечения планового показателя на заданную перспективу. Вместе с тем разнообразие предложенных моделей можно увеличить за счет ввода уровня насыщения с некоторым упреждением, например 5 или 10 шагов. В этом

случае используются не только предшествующие значения, но оценка будущей ситуации, к которой стремится товаропроизводитель.

В отличие от моделей роста с насыщением линейный тренд обладает низкой точностью. Для ряда урожайности пшеницы коэффициент детерминации равен 0,28, поэтому линейная модель не может быть использована для прогнозирования параметра. Однако линейные тренды применимы для сравнительного анализа.

Таким образом, алгоритм реализации моделей роста (1) и (2) применительно к прогнозированию производственно-экономических показателей предполагает следующие варианты решений прогностической задачи [12]:

- 1) выбор модели – асимптотическая, логистическая;
- 2) с учетом константы или принятия ее в качестве нулевого значения;
- 3) с плановым показателем или без его использования;
- 4) с автоматическим заданием верхних и нижних оценок или определением этих оценок пользователем с определением уровней в приемлемом диапазоне;
- 5) аналитическое или графическое решение и другое.

Очевидно, что получение трендов роста связано с конкретным объектом, характеризуемым названием хозяйства, селения, муниципального образования и региона.

Для разработки интерфейса программного комплекса использована среда программирования VisualStudio 2019. Система взаимодействует с MSExcel, позволяя получать данные из табличного процессора и выгружать некоторые результаты в таблицы.

На рисунке 2 представлено окно разработанного программного комплекса.

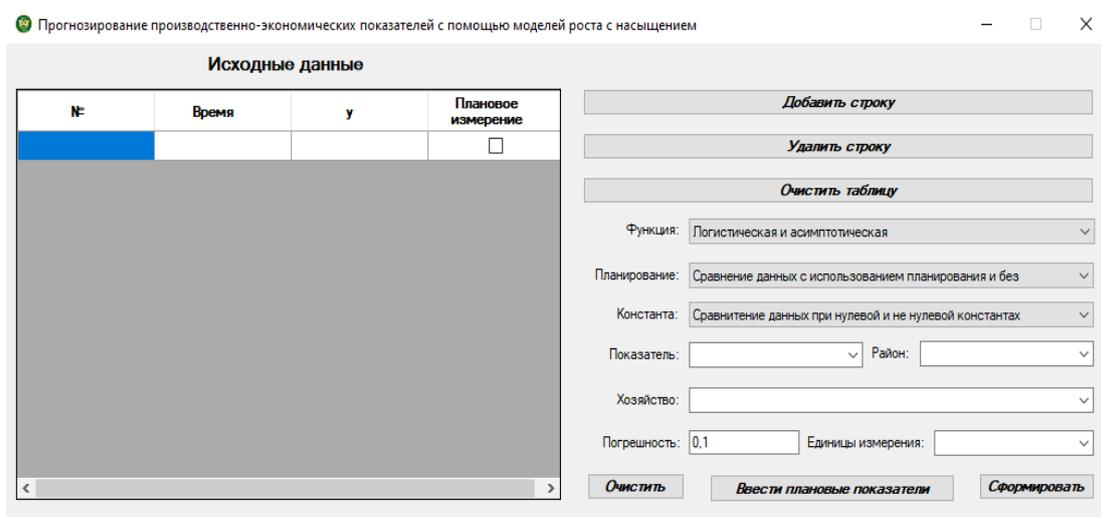


Рис. 2. Пользовательский интерфейс разработанного программного комплекса

Окно программы разделено на две части: в левой части располагается таблица «Исходные данные», в которой вводятся данные для расчёта, в правой - находится группа кнопок для управления таблицей и пункты, отражающие критерии формирования функции(й) (рис. 3).

К критериям выбора относятся пункты: «Планирование», «Константа». Согласно выбираемым критериям будут выполнены расчёты и построены диаграммы (27 вариаций).

Ниже критериев указывается рассчитываемый показатель, выбирается район, хозяйство, определяется погрешность расчетов и единицы измерения.

Рис. 3. Критерии выбора

При формировании функции необходимо учитывать то, что плановый показатель не должен превышать 110% максимального значения эмпирического ряда, что является экспертной оценкой. Для удобства пользователей была разработана форма ввода плановых показателей (рис. 4).

№	Время	y	Плановое измерение
1	2000	12.3	<input type="checkbox"/>
2	2001	13.5	<input type="checkbox"/>
3	2002	16.7	<input type="checkbox"/>

Рис. 4. Форма ввода плановых показателей

При выборе пунктов меню «Планирование» и «Не использовать» вид формы становится иным (рис. 5).

№	Время	y
1	2000	12.3
2	2001	13.5
3	2002	16.7

Рис. 5. Форма, с учетом пунктов «Планирование», «Не использовать»

После заполнения исходных данных необходимо нажать на кнопку «Сформировать». В случае, если данные заполнены верно, появится соответствующее сообщение, оповещающее пользователя о начале формирования документа Microsoft Excel. После чего открывается табличный процессор с данными и диаграммой(ми) (рис. 6).

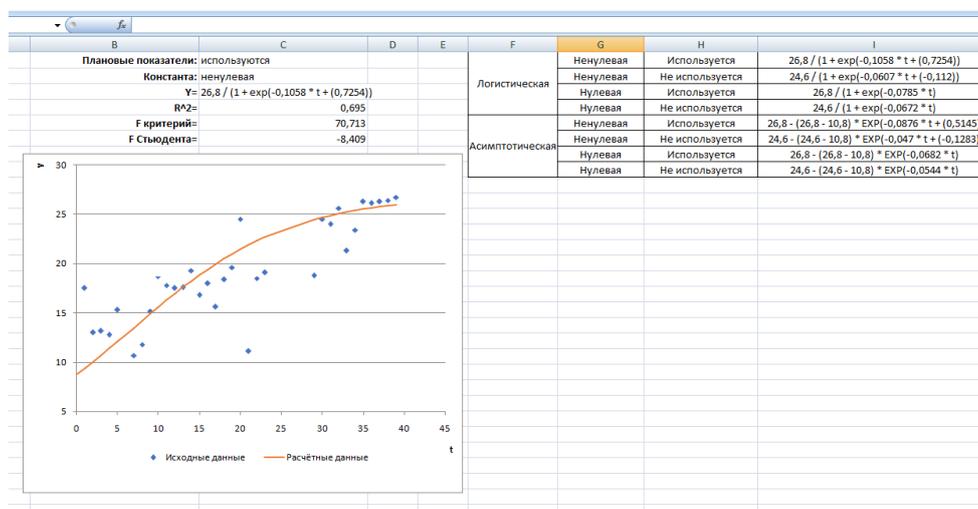


Рис. 6. Сформированный документ

Основными критериями, характеризующими устойчивость модели роста, являются коэффициент детерминации (R^2), F -критерий Фишера и его уровень значимости, а также t -статистики Стьюдента [9].

Разработанный программный комплекс позволяет определять наилучшие модели для среднесрочного и долгосрочного прогнозирования, оценивать их качество и получать прогнозы. Программный комплекс апробирован на данных сельскохозяйственных предприятий региона.

Заключение. Определены математическое и алгоритмическое обеспечение для создания программного комплекса «Прогнозирование производственно-экономических показателей аграрного производства». Для разработки интерфейса программного комплекса использована среда программирования Microsoft Visual Studio 2019. Система взаимодействует с Microsoft Excel, позволяя получать данные из табличного процессора и выгружать некоторые результаты в таблицы. Программный комплекс протестирован на основе данных об урожайности сельскохозяйственных культур по данным Иркутского района за 1996 – 2019 гг. Дальнейшая работа заключается в разработке дополнительного модуля оптимизации производства аграрной продукции с использованием моделей роста с насыщением для прогнозирования показателей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Асалханов П.Г. О программных комплексах моделирования разных сторон аграрного производства // Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием, посвященной 55-летию со дня образования экономического факультета (ныне Института экономики, управления и прикладной информатики) «Социально-экономические проблемы развития экономики АПК в России и за рубежом» (19-20 ноября 2020 г.). Иркутск: Изд-во Иркутский ГАУ. 2020. С. 19-26
2. Барсукова М.Н., Иваньо Я.М. Оптимизационные модели планирования производства стабильных сельскохозяйственных предприятий. Иркутск: Изд-во ИрГСХА. 2011. 159 с.

3. Барсукова М.Н., Иваньо Я.М. Приложения параметрического программирования для решения задач оптимизации получения продовольственной продукции. Вестник ИрГТУ. 2017. № 4. С. 57-66.
4. Барсукова М.Н., Бендик Н.В., Белякова А.Ю., Бузина Т.С., Вашукевич Е.В., Иваньо Я.М. Развитие моделей планирования получения продовольственной продукции //Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2018. №3(11). С. 96-107.
5. Иваньо Я.М. О некоторых методах математического моделирования в решении задач прогнозирования и планирования производства аграрной продукции //Актуальные вопросы аграрной науки. 2021. № 38. С. 49-57.
6. Иваньо Я.М., Полковская М.Н., Столопова Ю.В. Методы и модели прогнозирования производственно-экономических показателей аграрного производства с учетом их особенностей //Материалы II-й Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Проблемы и перспективы устойчивого развития агропромышленного комплекса», посвященной памяти Александра Александровича Ежевского (5-6 ноября 2020 г.). Иркутск: Изд-во Иркутский ГАУ. 2020. С. 49 – 57.
7. Иваньо Я.М., Сторублевцева П.М. Моделирование аграрного производства с применением прогностических зависимостей и планируемых показателей//Актуальные вопросы аграрной науки. 2020. № 34. С. 59-66.
8. Система ведения сельского хозяйства Иркутской области: В 2 ч. Монография /под редакцией Я.М. Иваньо, Н.Н. Дмитриева. Иркутск: Изд-во ООО «Мегапринт». 2019. Ч. 1. 319 с.
9. Разжевайкин В.Н. Модели динамики популяций. М.: Вычислительный центр им. А.А. Дородницына Российской академии наук. 2006. 88 с.
10. Колобов А.Н., Рубцова Т.А., Фрисман Е.Я. Моделирование динамики роста деревьев по данным геоботанических исследований на примере постоянных пробных площадей на территории заповедника «Бастак» С. 17 – 23.
11. Методические рекомендации по прогнозированию и моделированию развития АПК: офиц. издание М.:ФГНУ «Росинформагротех», 2019. 92 с.
12. Цыренжапова В.В. Асимптотические и логистические модели в прогнозировании урожайности сельскохозяйственных культур //Значение научных студенческих кружков в инновационном развитии агропромышленного комплекса региона: сборник научных тезисов студентов. Молодежный: Изд-во ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ. 2020. С.161-162.

UDK 517.15+517.18:519.233.5:63

SOFTWARE COMPLEX "FORECASTING PRODUCTION AND ECONOMIC INDICATORS OF AGRICULTURAL PRODUCTION"

Margarita N. Barsukova

candidate of technical sciences, head of department of informatics and mathematical modeling,

e-mail: margarita1982@bk.ru,

Zhanna I. Varanitsa-Gorodovskaya

e-mail: zhanna_gorodovsk@mail.ru,

Yaroslav M. Ivanyo

doctor of technical sciences, professor, vice-rector for research, e-mail: rector@igsha.ru,

Alexey A. Romme

e-mail: romme.97@mail.ru,

Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky,

664038, Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region,

Annotation. Forecasting production and economic indicators of agricultural production is relevant for drawing up long-term plans and programs for the development of the agro-industrial complex at various levels: a region, a municipality, an agricultural producer. This paper describes the created software package that allows predicting the yield of agricultural crops, labor costs for obtaining products, production volumes, financial indicators for the medium and long term. For prognostic purposes, the functions of growth with saturation were used: asymptotic and logistic. The software package has been tested on data from municipal districts and agricultural enterprises of the region. With its help, significant models are determined that make it possible to make forecasts with different lead times, as well as to evaluate prognostic values, taking into account different conditions of agricultural enterprises.

Keywords: forecasting, planning, growth models, asymptotic function, logistic function, software package.

REFERENCES

1. Asalhanov P.G. O programmnyh kompleksah modelirovaniya raznyh storon agrarnogo proizvodstva [About software complexes for modeling different sides of agricultural production] // Materialy Vserossijskoj (nacional'noj) nauchno-prakticheskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoj 55-letiyu so dnya obrazovaniya ekonomicheskogo fakul'teta (nyne Instituta ekonomiki, upravleniya i prikladnoj informatiki) «Social'no-ekonomicheskie problemy razvitiya ekonomiki APK v Rossii i za rubezhom» (19-20 noyabrya 2020 g.). Irkutsk: Izd-vo Irkutskij GAU = Publishing house Irkutsk GAU. 2020. Pp. 19-26.
2. Barsukova M.N., Ivan'o YA.M. Optimizacionnye modeli planirovaniya proizvodstva stabil'nyh sel'skohozyajstvennyh predpriyatij [Optimization models of production planning for stable agricultural enterprises]. Irkutsk: Izd-vo IrGSKHA = Publishing house of IrGSKhA. 2011. 159 p.
3. Barsukova M.N., Ivan'o YA.M. Prilozheniya parametricheskogo programmirovaniya dlya resheniya zadach optimizacii polucheniya prodovol'stvennoj produkcii [Parametric programming applications for solving problems of optimizing the production of food products]. Vestnik IrGTU = ISTU Bulletin. 2017. № 4. Pp. 57-66.
4. Barsukova M.N., Bendik N.V., Belyakova A.YU., Buzina T.S., Vashukevich E.V., Ivan'o YA.M. Razvitie modelej planirovaniya polucheniya prodovol'stvennoj produkcii [Development of planning models for obtaining food products] // Informacionnye i

- matematicheskie tekhnologii v nauke i upravlenii = Information and mathematical technologies in science and management. 2018. №3 (11). Pp. 96-107.
5. Ivan'o YA.M. O nekotorykh metodah matematicheskogo modelirovaniya v reshenii zadach prognozirovaniya i planirovaniya proizvodstva agrarnoj produkcii [On some methods of mathematical modeling in solving problems of forecasting and planning the production of agricultural products] //Aktual'nye voprosy agrarnoj nauki = Actual problems of agricultural science. 2021. № 38. Pp. 49-57.
 6. Ivan'o YA.M., Polkovskaya M.N., Stolopova YU.V. Metody i modeli prognozirovaniya proizvodstvenno-ekonomicheskikh pokazatelej agrarnogo proizvodstva s uchetom ih osobennostej [Methods and models for forecasting production and economic indicators of agricultural production, taking into account their characteristics] //Materialy II-j Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem «Problemy i perspektivy ustojchivogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa», posvyashchennoj pamyati Aleksandra Aleksandrovicha Ezhevskogo (5-6 noyabrya 2020 g.). Irkutsk: Izd-vo Irkutskij GAU = Publishing house of Irkutsk GAU. 2020. Pp. 49 – 57.
 7. Ivan'o YA.M., Storublevceva P.M. Modelirovanie agrarnogo proizvodstva s primeneniem prognosticheskikh zavisimostej i planiruemykh pokazatelej [Modeling of agricultural production with the use of predictive dependencies and planned indicators] //Aktual'nye voprosy agrarnoj nauki = Actual problems of agricultural science. 2020. № 34. Pp. 59-66.
 8. Sistema vedeniya sel'skogo hozyajstva Irkutskoj oblasti [Agricultural system of Irkutsk region]: V 2 ch. Monografiya /pod re-dakciej YA.M. Ivan'o, N.N. Dmitrieva. Irkutsk: Izd-vo OOO «Megaprint» = Publishing house of OOO Megaprint. 2019. V. 1. 319 p.
 9. Razzhevajkin V.N. Modeli dinamiki populyacij [Population dynamics models]. M.: Vychislitel'nyj centr im. A.A. Dorodnicyna Rossijskoj akademii nauk = Computing Center. A.A. Dorodnitsyn Russian Academy of Sciences. 2006. 88 p.
 10. Kolobov A.N., Rubcova T.A., Frisman E.YA. Modelirovanie dinamiki rosta derev'ev po dannym geobotanicheskikh issledovanij na primere postoyannykh probnykh ploshchadej na territorii zapovednika «Bastak» [Modeling the dynamics of tree growth according to geobotanical research data on the example of permanent sample plots on the territory of the Bastak reserve]. Pp. 17 – 23.
 11. Metodicheskie rekomendacii po prognozirovaniyu i modelirovaniyu razvitiya APK [Guidelines for forecasting and modeling the development of the agro-industrial complex]: ofic. izdanie – M.:FGNU «Rosinformagrotekh» = FGNU "Rosinformagrotech". 2019. 92 p.
 12. Cyrenzhapova V.V. Asimptoticheskie i logisticheskie modeli v prognozirovanii urozhajnosti sel'skohozyajstvennykh kul'tur [Asymptotic and logistic models in predicting the yield of agricultural crops]//Znachenie nauchnykh studencheskikh kruzhek v innovacionnom razvitii agropromyshlennogo kompleksa regiona: sbornik nauchnykh tezisov studentov. Molodezhnyj: Izd-vo FGBOU VO Irkutskij GAU = Publishing house of FGBOU VO Irkutsk GAU. 2020. Pp. 161-162.