

## ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ЭКОЛОГО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

**Ковалева Евгения Александровна**

аспирант кафедры информатики и математического моделирования,

e-mail: [zhenia-93com@ya.ru](mailto:zhenia-93com@ya.ru).

**Иваньо Ярослав Михайлович**

д.т.н., профессор, проректор по научной работе,

e-mail: [pnr@igsha.ru](mailto:pnr@igsha.ru).

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,

664038, Иркутский р-он, п. Молодежный, 1/1

**Аннотация.** Описан программный комплекс для эколого-математического моделирования производства сельскохозяйственной продукции со специальным математическим и алгоритмическим обеспечением. Приведена частная эколого-математическая модель оптимизации производства сельскохозяйственной продукции на богарных и орошаемых землях с усредненными показателями. Кратко описано алгоритмическое обеспечение. Программный комплекс содержит базу данных временных рядов производственно-экономических, природно-климатических и показателей загрязнения и деградации сельскохозяйственных угодий. В информационное обеспечение входит также «Справочник», который содержит нормативные данные по загрязнению почвы и водной среды. Рассмотрен пользовательский интерфейс. С помощью программного комплекса реализована эколого-математическая модель оптимизации производства сельскохозяйственной продукции для одного из предприятий Иркутской области.

**Ключевые слова:** программный комплекс, эколого-математическая модель, оптимизация, аграрная продукция.

**Цитирование:** Ковалева Е.А., Иваньо Я. М. Программный комплекс для эколого-математического моделирования производства сельскохозяйственной продукции // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2020. № 2 (18). С. 94 –106. DOI: 10.38028/ESI.2020.18.2.008.

**Введение.** На производство сельскохозяйственной продукции воздействует множество природных и техногенных факторов. В частности, к снижению объемов и качества продукции может привести распространение эродированности земель, а также загрязнение водных и земельных ресурсов.

Для сохранения окружающей среды в условиях интенсификации сельскохозяйственного производства актуальным является использование эколого-математических моделей производства сельскохозяйственной продукции с целевой функцией в виде минимизации ущерба окружающей среде или максимизации прибыли с учетом ущербов, нанесенных природе. При этом следует иметь ввиду большое число параметров модели, многие из которых являются случайными или интервальными. По этой

причине необходимо создание специализированных программных комплексов для решения задач оптимизации производства аграрной продукции в условиях неопределенности при минимизации ущерба окружающей среде.

Целью работы является описание разработанного программного комплекса «Эколого-математическое моделирование производства продовольственной продукции».

Для достижения цели решались следующие задачи:

- 1) рассмотрение математического и алгоритмического обеспечения;
- 2) описание информационного обеспечения;
- 3) апробация работы программного комплекса на реальном объекте.

**Математические методы и состав информации.** При построении эколого-математических моделей для оптимизации производства сельскохозяйственной продукции в программном комплексе использованы следующие группы многолетних показателей: производственно-экономические, природно-климатические и оценки загрязнения и деградации сельскохозяйственных угодий. К производственно-экономическим показателям относятся: площади сельскохозяйственных угодий, урожайность сельскохозяйственных культур, поголовье и продуктивность животных, затраты на производство по статьям расходов, прибыль с единицы площади и головы, объемы воды для нужд сельского хозяйства и др. Природно-климатические показатели включают в себя: температуру воздуха и почвы, количество осадков, гидрометеорологические явления, скорость ветра, характеристики рельефа, качество почвы и др. Показатели загрязнения и деградации почв характеризуются фоновым и фактическим содержанием вредных веществ в почве и воде, концентрациями загрязнителей, площадью эрозии и др.

Источниками информации являются многолетние данные бухгалтерской отчетности сельскохозяйственной организации, регионального управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, материалы государственных докладов «О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области», карты состояния почвенного покрова сельскохозяйственных угодий региона, сведения территориального органа Федеральной службы государственной статистики.

Для оценки свойств изменчивости показателей, входящих в эколого-математические модели оптимизации производства аграрной продукции, применены методы теории вероятностей и математической статистики [1, 5, 16 - 18], в частности, способы построения законов распределения вероятностей, корреляционно-регрессионный, автокорреляционный анализ, метод статистических испытаний и др. При определении потерь плодородного слоя почвы использован метод оценки потенциальной опасности эрозии почв под воздействием дождей и расчетная формула интенсивности выноса почвы от ветровой эрозии [3, 6]. Решение прикладных экстремальных задач основано на методах математического программирования в условиях неопределенности [11- 13]. Кроме того, использованы методы проектирования программных комплексов [4, 14-15]. Предложенный программный комплекс включает в себя математическое, алгоритмическое и информационное обеспечение. Используется математическое обеспечение, описанное в работах [2, 7, 9, 10], рассматривается ниже.

**Математическое и информационное обеспечение программного комплекса.** Учитывая экологические факторы, неопределенность показателей разработанных моделей, вид критерия оптимальности и неоднородность сельскохозяйственных земель по виду

мелиоративных работ, в статье [2] приведена классификация эколого-математических моделей производства аграрной продукции на богарных и орошаемых землях с учетом ущербов от негативного влияния природных и техногенных факторов на окружающую среду.

В зависимости от использования орошения предложены три группы эколого-математических моделей оптимизации отраслей аграрного производства и их сочетания для: неорошаемого, орошаемого и смешанного земледелия.

По отраслевому признаку эколого-математические модели оптимизации производства продовольственной продукции подразделяются на производство растениеводческой, животноводческой продукции и их сочетания.

Критерием оптимальности в этих задачах может быть максимум прибыли, минимум затрат и минимум ущерба окружающей среде. Из перечисленных целевых функций предлагается использовать максимум прибыли сельскохозяйственной продукции на богарных и орошаемых землях с учетом ущербов окружающей среде.

По степени неопределённости эколого-математические модели подразделяют на модели с детерминированными показателями, интервальными и вероятностными оценками. Кроме того, можно рассматривать задачи с сочетанием интервальных и вероятностных оценок.

В зависимости от признаков техногенного и природного воздействия, вида отрасли, неопределенности показателей и содержания критерия оптимальности формулируется задача оптимизации сельскохозяйственного производства, соответствующая реальной ситуации.

Приведем линейную детерминированную эколого-математическую модель для производства сельскохозяйственной продукции на богарных и орошаемых землях [10]. В качестве критерия оптимальности модели аграрного производства для сочетания отраслей при использовании богарных и орошаемых земель принята максимальная прибыль:

$$f = \sum_{i \in I} (1-l_i) c_i p_i x_i + \sum_{i \in I} (1-l'_i) c'_i p'_i x'_i + \sum_{k \in K} (1-\alpha_k) c_k r_k y_k \rightarrow \max, \quad (1)$$

где  $c_i, c'_i$  - прибыль, получаемая от продажи 1 ц товарной продукции культуры вида  $i$  при богарном и орошаемом земледелии;  $c_k$  - прибыль, получаемая от продажи 1 ц товарной продукции животных вида  $k$ ;  $x_i, x'_i$  - площадь богарных и орошаемых земель;  $p_i, p'_i$  - урожайность при богарном и орошаемом земледелии;  $r_k$  - продуктивность животных  $k$ ;  $l_i, l'_i$  - коэффициенты негативного воздействия техногенных и природных процессов на почву на богарных и орошаемых землях при возделывании культуры  $i$ ;  $\alpha_k$  - коэффициент негативного воздействия на окружающую среду при выращивании животных  $k$ ;  $y_k$  - количество животных.

Ограничения по минимальному объему производства товарной растениеводческой продукции на предприятии выглядят так

$$\sum_{i \in I} (1-l_i) p_i x_i + \sum_{i \in I} (1-l'_i) p'_i x'_i \geq S_i, \quad (2)$$

где  $S_i$  - минимальный объем производства растениеводческой продукции.

Ограничения по минимальному объему производства животноводческой продукции имеют вид

$$\sum_{k \in K} (1 - \alpha_k) r_k y_k \geq S_k, \quad (3)$$

где  $S_k$  - минимальный объем производства животноводческой продукции.

Ограничения по увязке производства растениеводческой продукции и потребности в ней животноводства записываются так:

$$S_i \geq \sum_{k \in K} h_{ik} y_k \quad (i \in I), \quad (4)$$

где  $h_{ik}$  - потребность животных вида  $k$  в корме с использованием культуры  $i$ .

Ограничения по наличию трудовых ресурсов имеют вид

$$\sum_{i \in I} b_i x_i + \sum_{i \in I} b'_i x'_i + \sum_{k \in K} b_k y_k \leq B, \quad (5)$$

где  $b_i$ ,  $b'_i$  - затраты трудовых ресурсов на обработку 1 га богарных и орошаемых земель, соответственно;  $b_k$  - затраты трудовых ресурсов для ухода за животными;  $B$  - имеющиеся трудовые ресурсы.

Условия по предельно допустимой концентрации некоторых вредных веществ в почве выглядят так:

$$\sum_{i \in I} \varphi_{ij} x_i + \sum_{i \in I} \varphi'_{ij} x'_i + \sum_{i \in I} v_{ij} x_i + \sum_{i \in I} v'_{ij} x'_i \leq \omega_j \quad (j \in J), \quad (6)$$

где  $\varphi_{ij}$ ,  $\varphi'_{ij}$  - исходная концентрация вредного вещества  $j$  на богарных и орошаемых землях, соответственно;  $v_{ij}$ ,  $v'_{ij}$  - концентрация вредного вещества  $j$ , попавшего на богарные и орошаемые земли;  $\omega_j$  - величина предельно допустимой концентрации вредного вещества  $j$  в почве. Показатели  $\varphi_{ij}$ ,  $\varphi'_{ij}$ ,  $v_{ij}$  и  $v'_{ij}$  являются приведенными к единице площади сельскохозяйственных угодий.

Ограничения на водозабор в реке имеют вид

$$\sum_{i \in I} q_i x'_i \leq T' \xi, \quad (7)$$

где  $q_i$  - оросительная норма культуры  $i$ ;  $T'$  - вегетационный период;  $\xi$  - расход воды реки.

Условие по предельно допустимой концентрации некоторых вредных веществ в реке записываются в виде

$$\psi_j T' \xi + \mu_j \sum_{i \in I} ((q_i + \lambda) x'_i + \lambda x_i) \leq W_j \quad (j \in J), \quad (8)$$

где  $\psi_j$  - исходная концентрация вредного вещества  $j$  в реке;  $\mu_j$  - концентрация вредного вещества  $j$  в единице объема возвратных вод хозяйства;  $\lambda$  - осадки, выпадающие за вегетационный период;  $W_j$  - заданные величины предельно допустимой концентрации вредного вещества  $j$  в реке.

Ограничение на почвенные потери от водной и ветровой эрозии имеет вид:

$$\sum_{i \in I} R U_i D_i V_i C_i P_i x_i + \sum_{i \in I} R U_i D_i V_i C_i P_i x'_i + \sum_{i \in I} M_i T \leq \eta, \quad (9)$$

где  $\eta_i$  - максимальные годовые почвенные потери (т/га);  $R$  - эродирующая способность дождей;  $U_i$  - фактор податливости почв эрозии (т/га);  $D_i$  - фактор длины склона;  $V_i$  - фактор крутизны склона;  $C_i$  - фактор растительности и севооборота;  $P_i$  - фактор эффективности противоэрозионных мероприятий;  $M_i$  - интенсивность выноса почвы, т/га в 1 час,  $T$  - время, в течение которого почва разрушается, ч.

Интенсивность выноса почвы от ветровой эрозии зависит от скорости ветра и типов почв  $M_i = f(v_e)$ . На скорость ветра влияют формы рельефа, а также степень защищенности территории лесными полосами. Расчетная скорость ветра  $v_e$  (м/с) для определения выноса почвы с участков, имеющих выраженный рельеф местности и защищенных лесными полосами, вычисляется по формуле

$$v_e = v_\phi K_{pm} K_{ln}, \quad (10)$$

где  $v_\phi$  - скорость ветра пыльных бурь, регистрируемая метеостанциями и приведенная к скорости ветра в аэродинамической трубе;  $K_{pm}$  - коэффициент изменения скорости ветра с учетом рельефа местности;  $K_{ln}$  - коэффициент защищенности территории.

В программном комплексе используется алгоритмическое обеспечение, описанное в работах [2, 7, 9 - 10].

При использовании детерминированных эколого-математических моделей (1) – (10) результатом моделирования является одно оптимальное решение с учетом усредненных коэффициентов при неизвестных в целевой функции и ограничениях.

В моделях с интервальными показателями между нижней и верхней оценками может меняться коэффициент негативного влияния на окружающую среду (1), а также коэффициенты при неизвестных в левых частях ограничений или правые части неравенств. Результатом применения таких моделей является не одно, а множество решений, среди которых выделены верхние и нижние оценки прибыли, получаемой хозяйством и соответствующие им оптимальные планы.

При реализации моделей с вероятностными оценками определяется распределения значений критерия оптимальности и соответствующие им оптимальные планы.

Особенностями данных моделей является учет ущербов от техногенных и природных факторов на окружающую среду. Ущерб от эрозии и загрязнения земельных ресурсов предлагается учитывать с помощью введения в математическую модель коэффициентов негативного воздействия на природную среду. В статье [7] приведена схема последовательных операций по определению коэффициента негативного влияния природных и техногенных факторов на почву и водную среду.

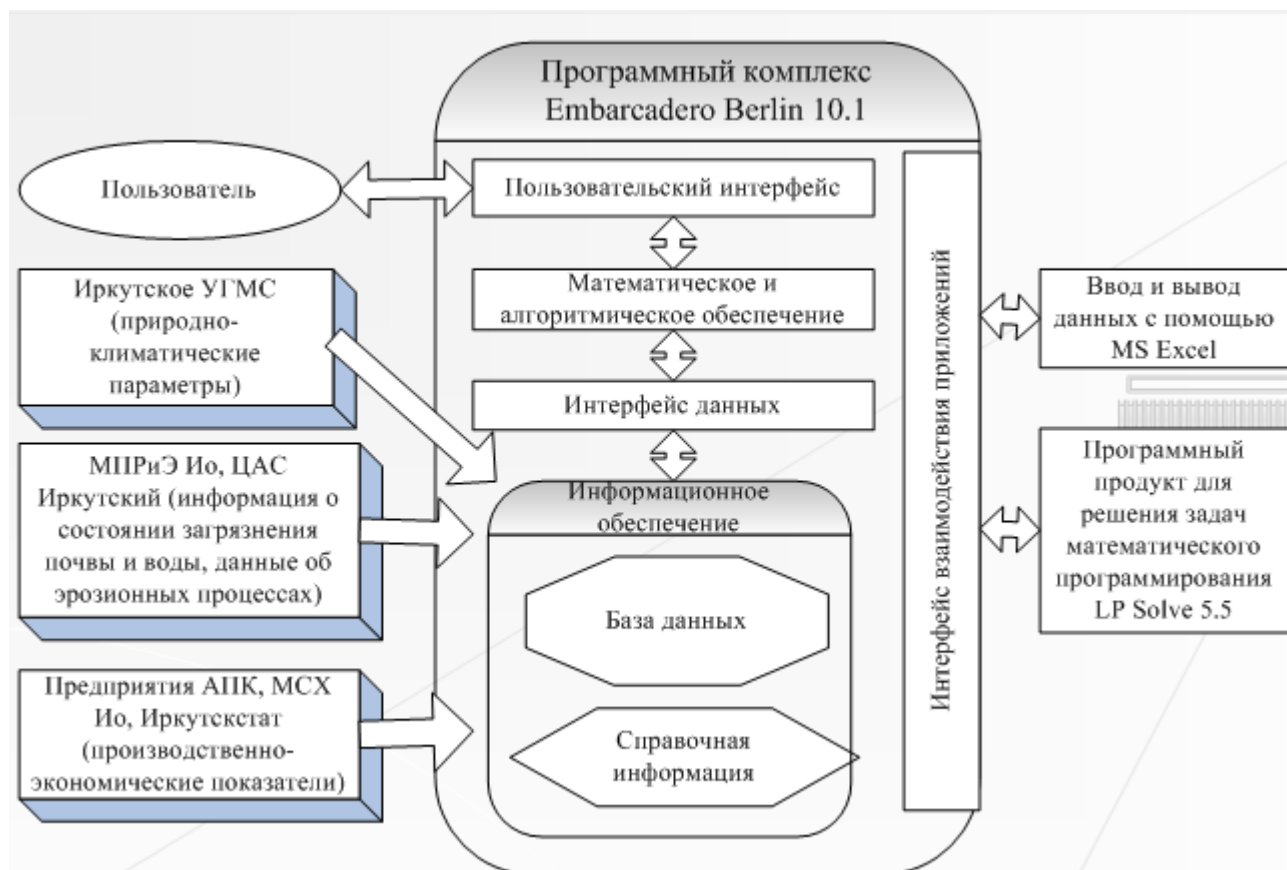
Информационное обеспечение программного комплекса состоит из базы данных и справочника и реализовано в СУБД Microsoft Access 2010. База данных включает в себя информацию об урожайности различных культур, площадях посевов, поголовье животных, а также данные о климатических показателях (скорость ветра и объем осадков) за многолетний

период по муниципальным районам Иркутской области. В справочник входят данные о предельно-допустимых концентрациях вредных веществ в почве и воде, их фоновое содержание, а также материалы о рельефе и почве на различных территориях региона.

Типы показателей описаны в разделе «Методы и состав информации». Источниками данных являются местные министерства природных ресурсов и экологии (МПриЭ) и сельского хозяйства (МСХ), центр агрохимической службы, Иркутское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Иркутское УГМС), предприятия агропромышленного комплекса (АПК) региона, Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Иркутской области. База данных может периодически дополняться из формализованных таблиц. Большое значение для оценки эрозии почвы имеют картографические материалы.

**Реализация программного комплекса для эколого-математического моделирования производства продовольственной продукции.** На основании математического, алгоритмического и информационного обеспечения разработан программный комплекс для эколого-математического моделирования производства продовольственной продукции, схема функционирования которого показана на рис. 1.

Программный комплекс решает прикладные задачи с использованием информационного обеспечения.



**Рис. 1.** Схема функционирования программного комплекса для эколого-математического моделирования производства продовольственной продукции

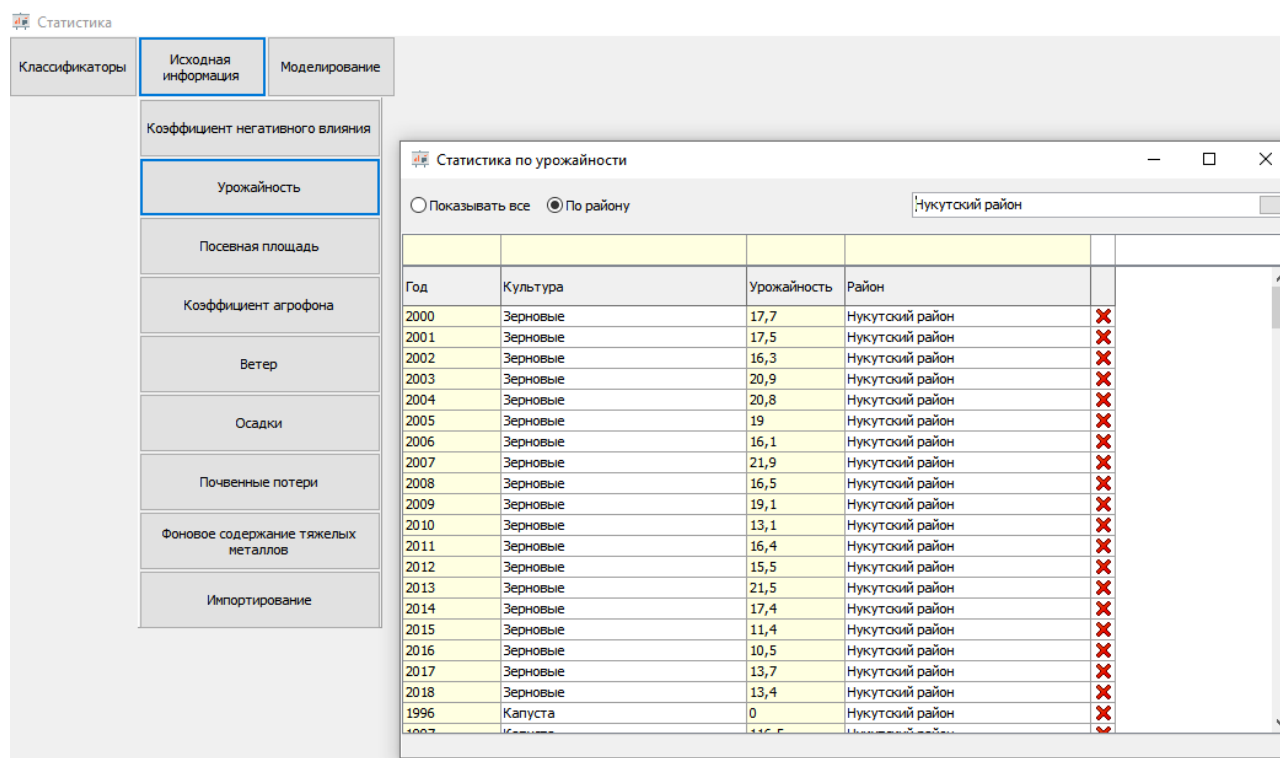
Реализация интерфейса программного комплекса и методов математической статистики осуществлялась при помощи интегрированной среды разработки Embarcadero

Berlin 10.1. Алгоритмическое обеспечение представляет собой разработанные алгоритмы решения эколого-математических задач с использованием имитационного моделирования. Для реализации моделей планирования производства продовольственной продукции применен программный продукт LP Solve 5.5. Результаты статистической обработки данных, решений задач математического программирования и сведения из базы данных можно сохранять в виде таблиц в приложении MS Excel. Кроме того, с помощью программной среды реализованы различные методы оценки статистических параметров, критерии соответствия аналитических законов распределения вероятностей эмпирическим функциям и др.

Интерфейс программного комплекса состоит из трех пунктов меню: «Классификаторы», «Исходная информация» и «Моделирование».

Для работы с сущностями базы данных используется меню «Классификаторы»: Муниципальные образования, Сельскохозяйственные культуры, Животноводство, Загрязнение, Эрозия, Тяжелые металлы.

С помощью меню «Исходная информация» осуществляется дополнение, обновление и удаление сведений в базе данных; просмотр, загрузка их для произведения расчетов (рис. 2). Кроме того, пункт «Импортирование» позволяет перемещать данные из формализованных таблиц приложения MS Excel в базу данных посредством пользовательского интерфейса программного комплекса.



**Рис. 2.** Окна содержимого базы данных показателей многолетних наблюдений и выбора данных для выполнения расчетов

В меню «Моделирование» можно активизировать два пункта: «Статистические показатели» и «Оптимизация».

С помощью пункта «Статистические показатели» (рис. 3) осуществляется статистическая обработка данных с использованием метода моментов, приближенно максимального правдоподобия, и модифицированного метода моментов, а также подбор закона распределения вероятностей [8].

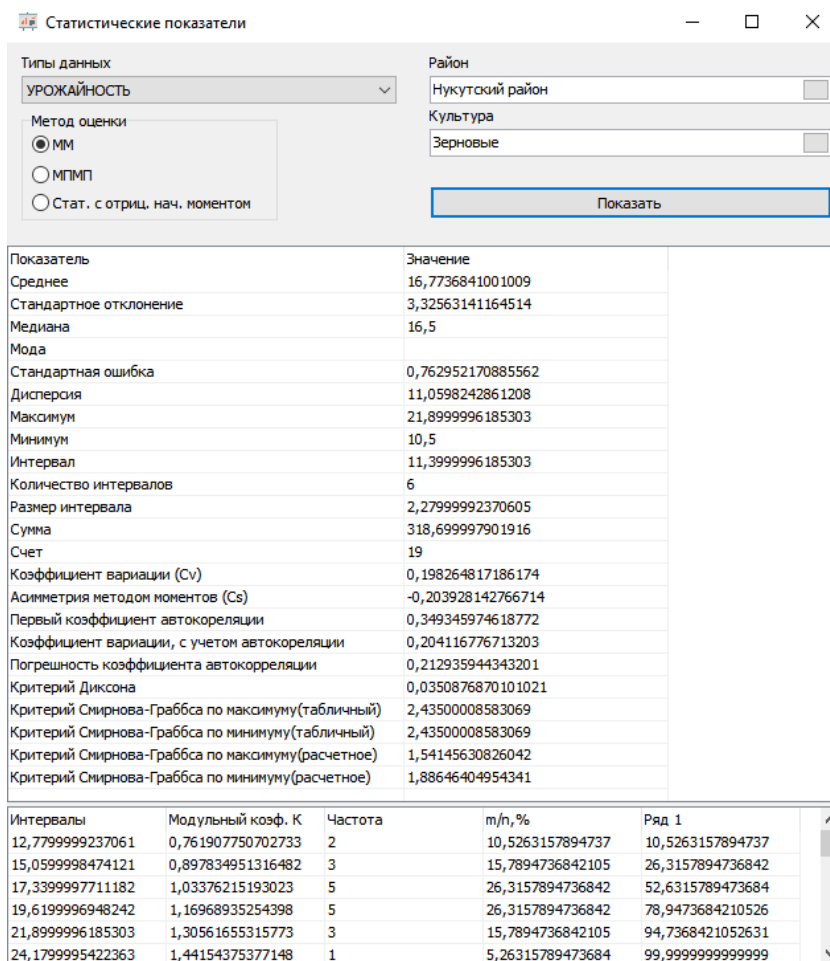


Рис. 3. Окно выбора данных и расчета статистических показателей для многолетних рядов разных показателей

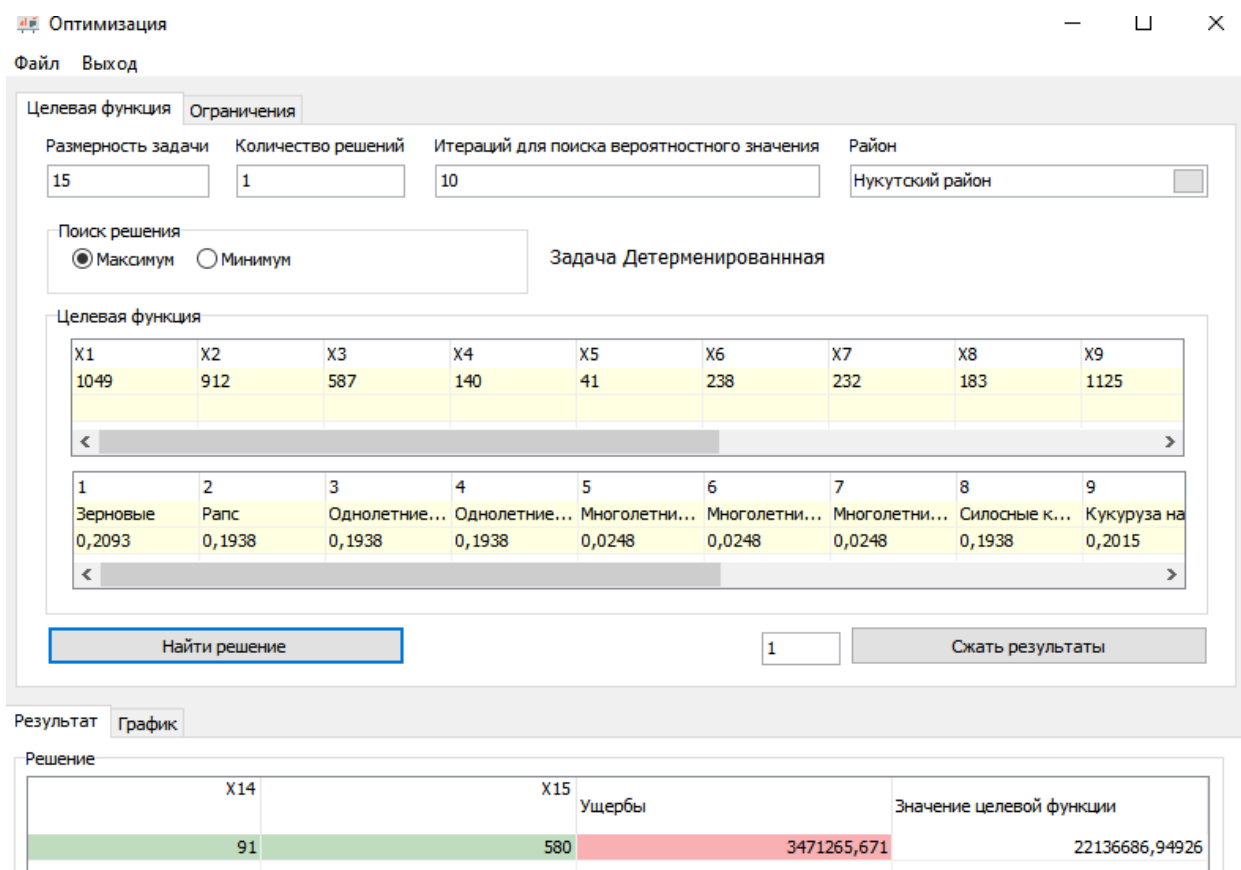
Согласно пункту «Оптимизация» решаются задачи математического программирования для получения оптимальных планов производства продовольственной продукции с учетом негативного влияния на окружающую среду по оценкам показателей, полученных с помощью меню «Статистические показатели».

**Пример применения программного комплекса.** На рис. 4 приведен фрагмент реализованной эколого-математической модели для СХЗАО «Приморский» Нукутского района с усредненными показателями для сочетания богарного и орошаемого земледелия. В качестве неизвестных в задаче оптимизации производства аграрной продукции использованы площади десяти сельскохозяйственных культур. К ним относятся: зерновые ( $x_1$ ), рапс ( $x_2$ ), однолетние травы на сено ( $x_3$ ) и зеленый корм ( $x_4$ ), многолетние травы на сено ( $x_5$ ), зеленый корм ( $x_6$ ) и семена ( $x_7$ ), силосные культуры ( $x_8$ ), кормовая кукуруза ( $x_9$ ) и кукуруза, подверженной орошению ( $x_{10}$ ). Кроме того, в моделях использованы пять переменных



отрасли животноводства: поголовье коров основного стада ( $x_{11}$ ), поголовье коров на откорме ( $x_{12}$ ), количество лошадей основного стада ( $x_{13}$ ), количество лошадей на откорме ( $x_{14}$ ) и количество пчелосемей ( $x_{15}$ ).

Моделирование производства аграрной продукции с усредненными показателями с помощью программного комплекса позволило получить следующий оптимальный план:  $x_1 = 10781,4$  га,  $x_2 = 500$  га,  $x_3 = 2662,6$  га,  $x_4 = 8924,4$  га,  $x_5 = 50$  га,  $x_6 = 100$  га,  $x_7 = 500$  га,  $x_8 = 1263,9$  га,  $x_9 = 502,2$  га,  $x_{10} = 320$  га,  $x_{11} = 4898$  голов,  $x_{12} = 1000$  голов,  $x_{13} = 96$  голов,  $x_{14} = 91$  голов,  $x_{15} = 580$  семей.



**Рис. 4.** Окно определения оптимального решения задачи эколого-математического моделирования продовольственной продукции с учетом ущербов от негативного влияния на окружающую среду

При этом получена максимальная прибыль от производства аграрной продукции, равная 22 136,7 тыс. руб., а ущербы окружающей среде составили 3 471,3 тыс. руб.

Для использования программного комплекса необходим компьютер, на котором установлено указанное программное обеспечение.

**Заключение.** В статье описана разработка программного комплекса эколого-математического моделирования производства продовольственной продукции, включая математическое и информационное обеспечение.

Программный комплекс эколого-математического моделирования аграрного производства позволяет оптимизировать структуру производства, учитывая при этом ущербы окружающей среде. Если в качестве целевой функции использовать минимум

ущербов, то можно получить оптимальный план производства, при этом сводя к минимуму ущерба от техногенного и природного воздействия. Программный комплекс предназначен для управленческого персонала разных категорий предприятий – сельскохозяйственные организации, крестьянские (фермерские) хозяйства.

Рассмотрены разработанные варианты моделей с учетом неопределенности параметра, техногенных и природных воздействий на окружающую среду, отрасли аграрного производства и содержания критерия оптимальности, а также алгоритмы их реализации.

Приведен пример реализации с помощью программного комплекса эколого-математической модели оптимизации производства сельскохозяйственной продукции для предприятия Нукутского района.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов : пер. с англ. М.: Мир, 1976. 356 с. [T. W. Anderson. Statistical analysis of time series]. Wiley, New York. 1971. 378 p.
2. Бендик Н.В., Иваньо Я.М., Ковалева Е.А. Эколого-математические модели оптимизации производства сельскохозяйственной продукции // Вестник Иркутского Государственного Технического Университета. 2016. № 4. С. 66-74.
3. Волков С. Н. Землеустройство. Т. 2. Землеустроительное проектирование. Внутрихозяйственное землеустройство. М.: Колос. 2001. 648 с.
4. Гагарина Л. Г. Разработка и эксплуатация автоматизированных информационных систем. М.: ФОРУМ : ИНФРА-М. 2013. 384 с.
5. Гриневич Г. А., Петелина Н. А., Гриневич А. Г. Композитное моделирование гидрографов. М.: Наука. 1972. 182 с.
6. ГОСТ 17.4.4.03-86: Метод определения потенциальной опасности эрозии под воздействием дождей. Режим доступа: <http://tehnorma.ru/normativbase/21/21112/index.htm>. (дата обращения 05.03.2020).
7. Иваньо Я.М., Ковалева Е.А. Коэффициенты негативного влияния на окружающую среду в эколого-математическом моделировании аграрного производства // Научные достижения производству : материалы науч.-практ. конф. молодых ученых с междунар. участием. Иркутск: Изд-во ИрГАУ. 2020. С. 153-160.
8. Иваньо Я.М., Петрова С.А. Оптимизационные модели аграрного производства в решении задач оценки природных и техногенных рисков. Монография / Иркутск: Изд-во Иркутского ГАУ. 2015. 180 с.
9. Иваньо Я.М., Хогоева Е.А. Региональные экономико-математические модели аграрного производства с интервальными природными и производственно-экологическими параметрами // Известия Иркутской государственной экономической академии. 2013. Выпуск № 6 (92). С. 138-143.
10. Иваньо Я.М., Хогоева Е.А. Региональные модели аграрного производства с учетом техногенных загрязнений // Труды XVIII Байкальской Всероссийской конференции «Информационные и математические технологии в науке и управлении». Часть II. Иркутск: ИСЭМ СО РАН. 2013. С. 219-224.

11. Кириллюк В.С. Меры риска в задачах стохастической оптимизации для получения робастных решений // Стохастическое программирование и его приложения. Иркутск: Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН. 2012. С. 104 – 124.
12. Кнопов П.С. Метод эмпирических средних в задачах стохастической оптимизации и оценивания // Стохастическое программирование и его приложения. Иркутск: Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН. 2012. С. 125 – 149.
13. Кузьменко В.Н. Решение двухэтапных задач стохастического программирования большой размерности PNK-методом // Стохастическое программирование и его приложения. Иркутск: Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН. 2012. С. 150 – 159.
14. Липаев В. В. Программная инженерия. Методологические основы : учеб. М.: ТЕИС. 2006. 608 с.
15. Смирнова Г. Н., Сорокин А. А., Тельнов Ю. Ф. Проектирование экономических информационных систем / под общ. ред. Ю. Ф. Тельнова. М.: Финансы и статистика. 2003. 512 с.
16. Статистическое моделирование и прогнозирование : под. ред. А. Г. Гранберга. М.: Финансы и статистика. 1990. 383 с.
17. Хастингс, Н., Пикок Дж. Справочник по статистическим распределениям. М.: Статистика. 1980. 95 с.
18. Юзбасиев М. М, Манелл А. М. Статистический анализ тенденций и колеблемости. М.: Финансы и статистика. 1998. 207 с.

---

UDK 519.688

## SOFTWARE COMPLEX FOR ECOLOGICAL AND MATHEMATICAL MODELING OF AGRICULTURAL PRODUCTION

**Eugenia A. Kovaleva**

Post-graduate student of the Department of Informatics and Mathematical Modeling,  
e-mail: [zhenia-93com@ya.ru](mailto:zhenia-93com@ya.ru)

**Yaroslav M. Ivanyo**

Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-Rector for Research  
e-mail: [pnr@igsha.ru](mailto:pnr@igsha.ru)

Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky,  
664038, Irkutsk district, n Molodezhny, 1/1

**Abstract.** The software package “Ecological and mathematical modeling of food production” with special mathematical and algorithmic support is described. A particular ecological and mathematical model of optimizing agricultural production on rainfed and irrigated lands with averaged indicators is presented. Algorithmic support is briefly described. The software package contains a database of time series of industrial, economic, climatic and agricultural pollution and degradation indicators. Information support also includes the “Directory”, which contains regulatory data on soil and water pollution. The user interface is considered. The user interface is considered. Using a

software package, an ecological-mathematical model for optimizing agricultural production for one of the enterprises in the Irkutsk region was implemented.

**Key words:** software package, ecological and mathematical model, optimization, agricultural production.

### References

1. Anderson T. Statisticheskij analiz vremennyh ryadov [Statistical analysis of time series]: translation from English. Moscow. Mir = World. 1976. 356 p. (in Russian).
2. Bendik N.V., Ivan'o Ya.M., Kovaleva E.A. Ekologo-matematicheskie modeli optimizacii proizvodstva sel'skohozyajstvennoj produkcii [Ecological and mathematical models of optimization of agricultural production] // Vestnik Irkutskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta = Bulletin Of Irkutsk State Technical University. 2016. № 4. Pp. 66-74. (in Russian).
3. Volkov S. N. Zemleustrojstvo. T. 2. Zemleustroitel'noe proektirovanie. Vnutrihozyajstvennoe zemleustrojstvo [Land management. T. 2. Land management design. On-farm land management]. Moscow. Kolos = Spike. 2001. 648 p. (in Russian).
4. Gagarina L. G. Razrabotka i ekspluatatsiya avtomatizirovannyh informacionnyh system [Development and operation of automated information systems]. Moscow. Forum : Infra-M = Forum : Infra-M. 2013. 384 p. (in Russian).
5. Grinevich G. A., Petelina N. A., Grinevich A. G. Kompozitnoe modelirovanie gidrografov [Composite modeling of hydrographs]. Moscow. Nauka = Science. 1972. 182 p. (in Russian).
6. GOST 17.4.4.03-86: Metod opredeleniya potencial'noj opasnosti erozii pod vozdejstviem dozhdaj [Method for determining the potential hazard of erosion from rainfall]. Available at: <http://tehnorma.ru/normativbase/21/21112/index.htm>. (accessed: 05.03.2020). (in Russian).
7. Ivanyo Ya., Kovaleva E. Koeffitsienty negativnogo vliyaniya na okruzhayushchuyu sredu v ekologo-matematicheskom modelirovanii agrarnogo proizvodstva [Coefficients of negative influence on the environment in ecological and mathematical modeling of agricultural production] // Nauchnye dostizheniya proizvodstvu : materialy nauch.-prakt. konf. molodyh uchenyh s mezhdunar. uchastiem = Scientific achievements of Russia: materials of scientific and practical Conf. of young scientists from international conferences. participation. Irkutsk. Izd-vo IrGAU = Publishing House Of IrGAU. 2020. Pp. 153-160. (in Russian).
8. Ivanyo Ya., Petrova S. Optimizacionnye modeli agrarnogo proizvodstva v reshenii zadach ochenki prirodnyh i tekhnogennyh riskov [Optimization models of agricultural production in solving problems of assessing natural and man-made risks]. Monograph / Izd-vo IrGAU = Publishing House Of IrGAU. 2015. 180 p. (in Russian).
9. Ivan'o Ya.M., Hogojeva E.A. Regional'nye ekonomiko-matematicheskie modeli agrarnogo proizvodstva s interval'nymi prirodnyimi i proizvodstvenno-ekologicheskimi parametrami [Regional economic and mathematical models of agricultural production with interval natural and production and environmental parameters] // Izvestiya Irkutskoj

- gosudarstvennoj ekonomicheskoy akademii = Proceedings of the Irkutsk state Academy of Economics. 2013. Vypusk № 6 (92). Pp. 138-143. (in Russian).
10. Ivan'o Ya.M., Hogueva E.A. Regional'nye modeli agrarnogo proizvodstva s uchetom tekhnogennyh zagryaznenij [Regional models of agricultural production taking into account technogenic pollution] // Trudy XVIII Bajkal'skoj Vserossijskoj konferencii «Informacionnye i matematicheskie tekhnologii v nauke i upravlenii». T. II = XVIII Baikal International Conference "Information and mathematical technologies in science and management: proceeding". T. 2. Irkutsk. MESI SO RAN. 2013. Pp. 219-224. (in Russian).
  11. Kirilyuk V.S. Mery riska v zadachah stohasticheskoy optimizacii dlya polucheniya robastnyh reshenij [Risk measures in stochastic optimization problems for obtaining robust solutions] // Stohasticheskoe programmirovaniye i ego prilozheniya = Stochastic programming and its applications Irkutsk. MESI SO RAN. 2012. Pp. 104 – 124. (in Russian).
  12. Knopov P.S. Metod empiricheskikh srednih v zadachah stohasticheskoy optimizacii i ocenivaniya [The method of empirical averages in stochastic optimization and estimation problems] // Stohasticheskoe programmirovaniye i ego prilozheniya = Stochastic programming and its applications Irkutsk. MESI SO RAN. 2012. Pp. 125 – 149. (in Russian).
  13. Kuz'menko V.N. Reshenie dvuhetapnyh zadach stohasticheskogo programmirovaniya bol'shoj razmernosti PNK-metodom [Solving two-stage large-dimensional stochastic programming problems using the PNK method] // Stohasticheskoe programmirovaniye i ego prilozheniya = Stochastic programming and its applications Irkutsk. MESI SO RAN. 2012. Pp. 150 – 159. (in Russian).
  14. Lipaev V. V. Programmnaya inzheneriya. Metodologicheskie osnovy [Software engineering. Methodological basis]. Moscow. Teis = Theis. 2006. 608 p. (in Russian).
  15. Smirnova G. N., Sorokin A. A., Tel'nov Yu. F. Proektirovaniye ekonomicheskikh informacionnyh system [Design of economic information systems] / pod. red. YU. F. Tel'nova. Moscow. Finansy i statistika = Finance and statistics. 2003. 512 p. (in Russian).
  16. Statisticheskoe modelirovaniye i prognozirovaniye [Statistical modeling and forecasting]: pod. red. A. G. Granberga. Moscow. Finansy i statistika = Finance and statistics. 1990. 383 p. (in Russian).
  17. Hastings, N.. Pikok Dzh. Spravochnik po statisticheskim raspredeleniyam [Handbook of statistical distributions]. Moscow. Statistika = Statistics. 1980. 95 p. (in Russian).
  18. Yuzbasiev M. M, Manell A. M. Statisticheskij analiz tendencij i koleblemosti [Statistical analysis of trends and fluctuations]. Moscow. Finansy i statistika = Finance and statistics. 1998. 207 p. (in Russian).