

УДК 004.94: 631.1: 630*0

РАЗВИТИЕ МОДЕЛЕЙ ПЛАНИРОВАНИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

Барсукова Маргарита Николаевна

К.т.н., доцент, доцент, e-mail: margarita1982@bk.ru

Белякова Анна Юрьевна

К.т.н., доцент, доцент, e-mail: belyakova_irk@mail.ru

Бендик Надежда Владимировна

К.т.н., доцент, доцент, e-mail: starkovan@list.ru

Бузина Татьяна Сергеевна

К.т.н., доцент, доцент, e-mail: buzinats@mail.ru

Вашукевич Елена Валериевна

К.т.н., доцент, доцент, e-mail: vashukevich_lena@mail.ru

Иванов Ярослав Михайлович

Д.т.н., профессор, проректор по научной работе, e-mail: iymex@rambler.ru

Иркутский государственный аграрный университет имени А. А. Ежевского, Иркутский район, п Молодежный, 664038

Аннотация. В статье рассмотрены модели, разработанные и реализованные соттудниками кафедры информатики и математического моделирования Иркутского ГАУ на протяжении многих лет, для планирования получения продовольственной продукции на территориях с развитым сельским хозяйством и богатыми пищевыми лесными ресурсами. Выделены три группы моделей. Первые из них позволяют оптимизировать производство сельскохозяйственной продукции. Сюда отнесены: задачи получения оптимальных планов посева, производства растениеводческой, животноводческой продукции и их сочетания, многоэтапные задачи размещения посевов, модели оптимизации получения сельскохозяйственной продукции в условиях рисков и эколого-математические модели. Вторая группа моделей позволяет оптимизировать заготовку пищевой дикорастущей продукции, мяса промысловых диких животных и их сочетание. Третья группа моделей представляет собой синтез первых двух моделей. Здесь описывается производство сельскохозяйственной продукции в сочетании с заготовкой пищевых лесных ресурсов и мяса промысловых диких животных. В статье приведены направления улучшения описанных моделей: детализация процессов производства в виде дополнительных ограничений, учет рисков в зависимости от природно-климатических и экономических особенностей территории. На основе моделей оптимизации заготовки пищевой дикорастущей продукции и мяса промысловых диких животных предлагается строить и реализовывать модели математического программирования для заготовки сочетания этих двух видов ресурсов.

Ключевые слова: сельскохозяйственная продукция, оптимизационная модель, планирование, пищевые лесные ресурсы, классификация.

Цитирование: Барсукова М.Н., Белякова А.Ю., Бендик Н.В., Бузина Т.С., Вашукевич Е.В., Иванько Я.М. Развитие моделей планирования получения продовольственной продукции // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2018. № 3 (11). С. 96–107. DOI:10.25729/2413-0133-2018-3-11

Введение. Эффективное управление сельскохозяйственным предприятием во многом зависит от адекватного планирования и оперативного решения задач при реализации планов. Поскольку планирование осуществляется в условиях значительной изменчивости природно-климатических параметров, эффективными являются методы математического программирования в условиях неопределенности [1, 5, 7, 11 и др.].

При планировании производства продовольственной продукции необходимо учитывать природно-климатические особенности территории. Иркутская область, богата лесными пищевыми ресурсами и отличается развитым сельским хозяйством [13]. Для северной и северо-западной части региона перспективным направлением является создание кластера по заготовке пищевых лесных ресурсов и мяса диких животных. В других частях Иркутской области традиционно развивается сельское хозяйство по следующим основным направлениям: зерновое производство, мясное и молочное [7].

На разных территориях Иркутской области производство продукции осуществляется различными категориями сельскохозяйственных товаропроизводителей. Например, в Усольском и Черемховском районах значительную часть сельскохозяйственной продукции производит СХ ПАО «Белореченское». Во многих муниципальных районах Усть-Ордынского округа производством сельскохозяйственной продукции занимаются крестьянско-фермерские хозяйства. При этом значительная доля молока и мяса приходится на личные подсобные хозяйства. К этому добавим, что крестьянско-фермерские хозяйства наращивают производство сельскохозяйственной продукции. Что касается личных подсобных хозяйств, то здесь тенденция роста производимой продукции не наблюдается. Для повышения эффективности получения продовольственной продукции в регионе необходима оптимизация взаимодействия различных категорий предприятий.

Исходя из отмеченных особенностей природных и экономических условий в регионе, коллективом кафедры информатики и математического моделирования разработаны различные модели оптимизации производства сельскохозяйственной продукции и заготовки лесной дикорастущей продукции для планирования в условиях неопределенности [16].

Таким образом, целью работы является систематизация разработанных моделей оптимизации получения продовольственной продукции в условиях неопределенности и выделение направлений их развития для повышения эффективности управления в сфере обеспечения населения продовольствием.

Методы и материалы. Для разработки и реализации прикладных моделей использована следующая информация:

- 1) производственно-экономические параметры, описывающие ведение сельского хозяйства на разных уровнях (предприятия, группы предприятий, муниципальный район, регион);
- 2) гидрометеорологические параметры;
- 3) сведения о заготовке грибов, ягод, орехов, лекарственных растений;
- 4) данные о заготовке мяса животных;
- 5) сведения о загрязнении почвы и воды;

- б) материалы о техногенных авариях;
- 7) данные об ущербах и др.

Для решения поставленных задач использованы методы математического программирования, теории вероятностей и математической статистики, методы проектирования информационных систем.

Результаты работы и обсуждение. На рисунке 1 показана классификация разработанных моделей для планирования сельскохозяйственной продукции и заготовки пищевой лесной продукции [16]. Выделены следующие укрупненные группы:

- 1) модели планирования производства сельскохозяйственной продукции;
- 2) модели планирования заготовки пищевых лесных ресурсов и мяса диких животных;
- 3) модели сочетания производства сельскохозяйственной продукции и заготовки дикорастущей продукции и мяса диких животных.

Помимо этого модели классифицированы по назначению (рис. 2): для планирования производства растениеводческой и животноводческой продукции, их сочетания; минимизации использования земельных и трудовых ресурсов; оценки экономических потерь и страховых возмещений; минимизации ущерба окружающей среде; оптимизации машинно-тракторного парка; оптимизации взаимодействия участников агропромышленных кластеров и др. [5].

Модели планирования производства сельскохозяйственной продукции.

Детерминированные задачи линейного программирования могут быть использованы только для решения задач планирования на предварительном этапе, поскольку параметры, входящие в модель, характеризуются значительными колебаниями. При этом одни параметры могут быть описаны с помощью интервальных значений, а другие – в виде законов распределения вероятностей. Некоторые параметры планирования могут быть описаны с помощью трендов и авторегрессионных связей.

Исследование различных групп хозяйств (микро, малые, средние, крупные) показало, что увеличение численности сотрудников предприятия или укрупнение хозяйства приводит к более стабильной работе. Реже имеют место факторные зависимости, например, связь урожайности сельскохозяйственной культуры с параметрами тепла и увлажнения [15].

Наличие значимых трендов, авторегрессионных и факторных связей применимо для построения моделей параметрического программирования. Эти модели благодаря аналитическому описанию параметров частично снимают неопределенность. Созданы и апробированы различные варианты задач параметрического программирования: по типу и числу параметров, линейности, степени агрегирования и др. [2, 3 и др.].

Среди моделей параметрического программирования применительно к сельскохозяйственному производству относительно простыми являются задачи планирования с учетом детерминированных параметров - время, предшествующее значение и др. Подобные модели построены для отрасли растениеводства, скотоводства и их сочетания. Модели реализованы для хозяйства СХПАО «Белореченское» Иркутской области.

Результаты ретроспективного прогноза параметров (количество животных, урожайность культур), входящих в оптимизационные модели с упреждением 1 год, показали удовлетворительную сходимость модельных значений с реальными данными.

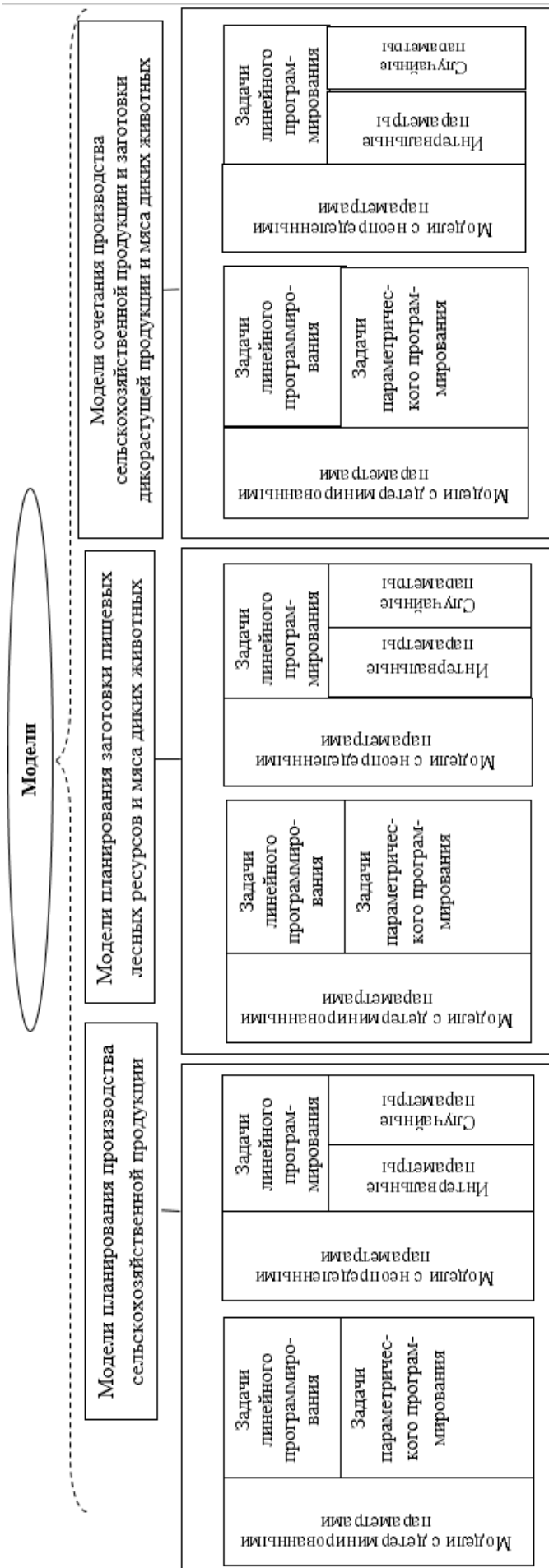


Рис. 1. Классификация моделей планирования получения продовольственной продукции

с использованием различных экстремальных задач

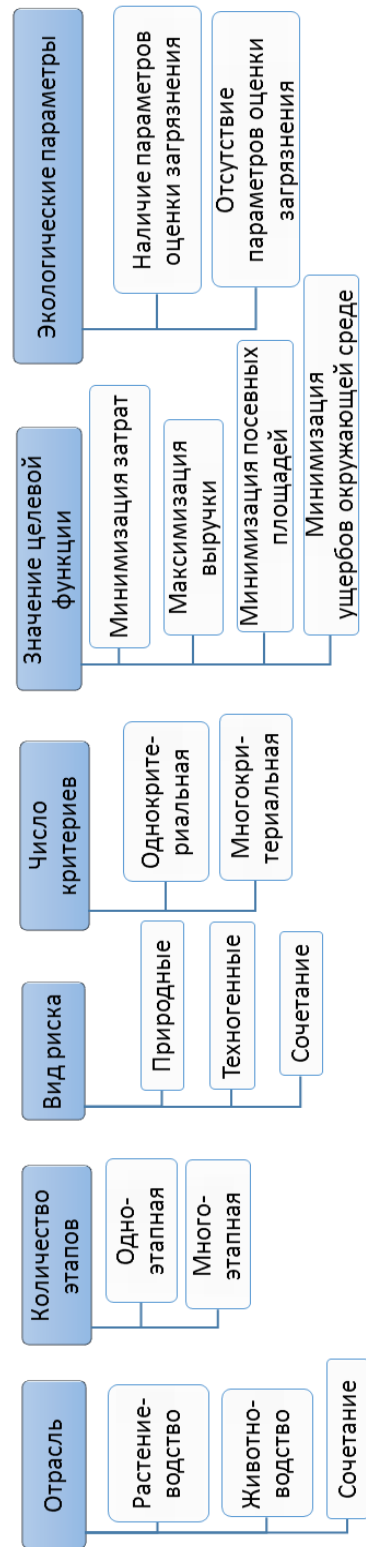


Рис. 2. Классификация моделей планирования получения продовольственной продукции по назначению

Рассмотренные детерминированные модели предпочтительнее для прогнозирования и планирования развития стабильных сельскохозяйственных предприятий.

В реальной ситуации трудно подобрать модели с исключительно детерминированными или постоянными параметрами при неизвестных в ограничениях и целевой функции. Наиболее часто встречаются задачи, в которых один параметр является детерминированным, а другой – неопределенным (интервальным или вероятностным). Такая задача решена для определения оптимальной структуры производства отраслей сельского хозяйства и их сочетания в условиях неопределенности.

При моделировании факторов как случайных величин с помощью метода статистических испытаний предложено описание температуры и осадков в виде нормального закона распределения. Модели параметрического программирования нашли применение для хозяйств, муниципальных образований и агроландшафтных районов Иркутской области для улучшения управления производством сельскохозяйственной продукции.

В работе [11] сформулированы многоэтапные задачи математического программирования с детерминированными и неопределенными параметрами. В этих моделях дополнительные условия связаны с предшественниками сельскохозяйственных культур, существенно влияющих на результаты деятельности предприятия в последующие годы. Первый этап задачи связан с определением оптимальных планов посева с учетом разных предшественников, а затем решается задача оптимизации полученных параметров для планирования размещения сельскохозяйственных культур на следующий год. Подобное моделирование позволяет определять множества оптимальных планов, соответствующих некоторым вероятностям или экстремальным и промежуточным оценкам. Решения предназначены для лица, принимающего решение.

Развитие этих моделей связано с детализацией процессов производства сельскохозяйственной продукции: рассмотрением неоднородности полей, учет особенностей каждого поля, использование исторических сведений о влиянии экстремальных климатических явлений на результаты деятельности тех или иных территорий предприятия.

Во всех рассматриваемых задачах необходимо учитывать природные и техногенные риски в зависимости от особенностей территории и внешних условий. Для оценки оптимальных объемов производства продовольственной продукции с учетом рисков предложены различные виды моделей [8, 9].

В этих моделях особое внимание уделено редким явлениям и редкому сочетанию климатических событий, которые в наибольшей степени влияют на производственную деятельность агропромышленного комплекса: засухи, сильные ливни, заморозки, ранний снег, ураганы и другие явления.

Очевидно, что решение задач оптимизации деятельности сельскохозяйственного товаропроизводителя следует осуществлять в двух направлениях – с учетом и без учета влияния редких явлений и редкого сочетания климатических событий разного происхождения.

Отметим тот немаловажный факт, что возможности ресурсов и объемов производства продовольственной продукции являются ограниченными, поэтому при моделировании производственно-экономических параметров необходимо использовать математические выражения с нижними и верхними ограничениями. Отсюда, возникает проблема

определения их экстремальных значений. В работах [9, 10] предложены различные способы оценки верхних и нижних значений: наблюдаемые значения за многолетний период с учетом и без учета архивных данных; физический потенциал; экспертная оценка; планируемая величина.

Для уменьшения нагрузки на окружающую среду в результате деятельности сельскохозяйственных товаропроизводителей и промышленных объектов предложены эколого-математические модели оптимизации производства продукции [4, 8]. В этих моделях планированием производства предусматривает минимизацию воздействия на окружающую среду, что с точки зрения устойчивого развития сельских территорий имеет большое значение, как для решения задач товаропроизводителя, так и для сохранения экосистем.

В работах [4, 8] рассмотрены эколого-математические модели, позволяющие определять наилучшие параметры производства растениеводческой и животноводческой продукции при богарном (неорошаемом), орошаемом земледелии и их сочетании. В этих моделях учитывается загрязнение почвы, речных вод; рассматривается влияние на плодородие почвы водной и ветровой эрозии. Понятно, что многие параметры подобных моделей являются интервальными или случайными, что предполагает получения множества оптимальных планов, связанных с вероятностями или экстремальными и медианными оценками результатов моделирования.

Для улучшения моделей необходимо использование дополнительных параметров, характеризующих риски от влияния климатических и техногенных событий. Кроме того, в дальнейших исследованиях нуждаются значения коэффициентов, характеризующих воздействие на окружающую среду загрязнителей, которые использованы в моделях минимизации ущерба окружающей среде при богарном и орошаемом земледелии [9].

Модели планирования заготовки пищевых лесных ресурсов и мяса диких животных. В Иркутской области сосредоточены большие запасы пищевой дикорастущей продукции. К ее распространенным видам относятся: брусника, черника, малина, черная смородина, голубика, облепиха, черемуха, грузди, опята, белый гриб, маслята, подберезовики и другие. Однако сбор дикорастущей пищевой продукции в регионе ограничивается бездорожьем и значительным удалением от населенных пунктов. Тем не менее, благодаря наличию значительных запасов пищевой дикорастущей продукции в регионе можно увеличить объемы производства экономически выгодной и экологически безопасной продовольственной продукции, способствовать решению проблемы занятости населения, улучшить здоровья людей и в перспективе экспортировать пищевые лесные продукты в другие страны.

В работах [10, 17] разработаны модели оптимизации заготовки пищевой лесной продукции на основе оценки статистических свойств многолетних рядов биопродуктивности и заготовки ресурсов, позволяющие планировать получение продовольственной продукции на территориях с высоким объемом дикоросов. Помимо этого, разработаны модели оптимизации заготовки мяса диких животных, позволяющих планировать экономическую деятельность органам управления [5, 6].

Общая модель оптимизации заготовок грибов и плодово-ягодных дикорастущих культур с интервальными параметрами приведена в работе [6]. Целевая функция ориентирована на оптимизацию доходов заготовителей дикоросов при выполнении условий,

которые связаны с урожайностью ягодоносных растений и грибов; трудозатратами на заготовку одним заготовителем дикорастущей продукции.

Для оптимизации заготовки мяса диких животных предложено использовать оптимизационную модель с интервальными параметрами. Она применена для оптимизации заготовки мяса диких животных для общедоступных охотугодий Жигаловского района. Полученные решения показали большие возможности по использованию заготовки мяса промысловых диких животных в указанном районе. Уровень доходов заготовителей при незначительных затратах может составлять 5-6 млн рублей только по одному району.

Поскольку изменчивость численности некоторых диких животных может быть описана значимыми трендами, то для получения оптимальных планов заготовки мяса диких животных применима задача параметрического программирования.

В этой задаче применительно к моделированию заготовки мяса диких животных в Жигаловском районе целевая функция представляет собой детерминированную величину, которая определяет максимальную стоимость заготавливаемых видов животных.

Подобные задачи имеют практическое значение для разных территорий Иркутской области и других регионов страны. Заготовка дикого экологически чистого мяса дополняет производство сельскохозяйственной продукции. Следует учесть, что при правильном управлении процессами заготовки мяса диких животных и дикоросов в районах с преобладанием лесных массивов увеличиваются доходы населения.

Для улучшения приведенных моделей необходимо расширить ограничения задач и рассматривать территории как неоднородные по численности животных и наличию пищевой дикорастущей продукции. Кроме того, для многих территорий актуальной является задача оптимизации сочетания заготовки промысловых диких животных и пищевой лесной дикорастущей продукции. К этому добавим, что биопродуктивность дикоросов представляет собой, как правило, интервальные параметры. Если же предположить, что заготовки пищевой продукции леса, представляющие собой случайные величины [13], сильно коррелируют с урожаем дикорастущих ресурсов, то биопродуктивность можно рассматривать в виде случайной величины, подчиняющейся асимметричным законам распределения, в частности, функции Пирсона III типа. Тогда задача оптимизации заготовки дикорастущей продукции представляет собой задачу стохастического программирования, в которой оптимальные планы связаны с некоторой вероятностью.

Модели сочетания производства сельскохозяйственной продукции и заготовки дикорастущей продукции и мяса диких животных. При низкой урожайности культур сельскохозяйственные угодья не способны полностью обеспечить население региона необходимой продукцией, поэтому в качестве дополнительного источника можно использовать природные богатства. Таким образом, построена и реализована упрощенная модель оптимизации земель для обеспечения населения продуктами питания с учетом таежной продукции: орех кедровника, грибов, дикорастущих ягод [10,16].

Поскольку территория региона богата лесными пищевыми ресурсами, некоторые предприятия могут сочетать производство сельскохозяйственной продукции и заготовку пищевых дикорастущих ресурсов. В работе [5] приведена модель оптимизации сельскохозяйственных угодий и лесных массивов для получения продовольственной продукции. Подобная задача характеризуется большим числом неопределенных параметров, часть из которых являются интервальными, а другие – случайными.

Незначительный опыт построения и решения задач оптимизации получения продовольственной продукции показывает их теоретическое и практическое значение для территорий с развитым сельским хозяйством и богатыми пищевыми лесными ресурсами. Эти оптимизационные модели ориентированы на расширенное управление производством продовольственной продукции, кластеризацию региона, планирование развития сельского хозяйства и заготовки дикорастущей продукции. Модели для оптимизации получения продовольственной продукции можно отобразить в виде многокритериальной задачи математического программирования с неопределенными параметрами, а так же различными значениями целевой функции.

Заключение. В работе обобщены и проанализированы модели оптимизации получения продовольственной продукции, определены направления улучшения моделей. Выделены две группы моделей, позволяющие оптимизировать производство сельскохозяйственной продукции и заготовку пищевой дикорастущей продукции и мяса промысловых диких животных. В дополнение к ним рассмотрены математические модели сочетания заготовки лесных ресурсов и производства сельскохозяйственной продукции.

Приведенные три группы оптимизационных моделей описывают планирование получения продовольственной продукции в зависимости от особенностей природно-климатических и экономических условий территорий Иркутской области.

Предложены направления развития моделей каждой группы и построения новых моделей на основе опыта создания и реализации описанных прикладных задач математического программирования с неопределенными параметрами .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ащепков Л.Т., Давыдов Д.В. Универсальные решения интервальных задач оптимизации и управления. М.: Наука. 2006. 152 с.
2. Барсукова М.Н., Иванько Я.М. Классификация прикладных моделей параметрического программирования для оптимизации производства сельскохозяйственной продукции // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии: материалы международной научно-практической конференции. Иркутск: Изд-во ИрГСХА. 2013. С. 56–64.
3. Барсукова М.Н. , Иванько Я.М. Приложения параметрического программирования для решения задач оптимизации получения продовольственной продукции // Вестник ИрГТУ. 2017. Т.21. № 4. С. 57–66.
4. Бендик Н.В. , Иванько Я.М., Ковалева Е.А. Эколого-математические модели оптимизации производства сельскохозяйственной продукции // Вестник ИрГТУ. 2016. №4 (111). С. 66–74.
5. Болтвина Е.К., Дицевич Б.Н., Иванько Я.М. Модели оптимизации заготовки мяса диких животных с интервальными параметрами // Вестник КрасГАУ. Вып. 5. 2015. С. 156–161.
6. Болтвина Е.К., Иванько Я.М. Модели оптимизации заготовки дикорастущей продукции с интервальными параметрами // Вестник ИрГТУ. 2016. № 6 (113). С. 73–81.
7. Государственная программа Иркутской области «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия» на 2014-2020 годы. Утверждена постановлением Правительства Иркутской области от 9 декабря 2013 года N 568-пп.

8. Иваньо Я.М., Хогоева Е.А. Региональные экономико-математические модели аграрного производства с интервальными природными и производственно-экологическими параметрами // Известия ИГЭА. 2013. №6 (92). С. 138–143.
9. 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.
10. Иваньо Я.М., Тулунова Е.С. Моделирование использования земельных ресурсов для обеспечения населения районов Иркутской области растениеводческой продукцией по нормам питания // Социально-экономические проблемы развития АПК в России и за рубежом: Материалы всероссийской научно-практической конференции (7-8 декабря 2017 г.). Иркутск: Изд-во Иркутского ГАУ. 2017. С. 156–163.
11. Иваньо Я.М., Чернигова Д.Р. Моделирование изменчивости площади сельскохозяйственных угодий в различных категориях предприятий Иркутской области // Вестник Алтайского ГАУ. 2017. № 8(154). С. 71–75.
12. Иваньо Я.М. Некоторые методологические аспекты моделирования получения продовольственной продукции в условиях рисков // Вестник ИрГХА. 2016. № 75. С. 119–125.
13. Иваньо Я.М., Полковская М.Н. Особенности изменчивости биопродуктивности продовольственных культур в задачах оптимизации размещения посевов // Материалы III международной научно-методической конференции «Климат, экология, сельское хозяйство Евразии», посвященной 80-летию образования ИрГСХА. Иркутск: Изд-во ИрГСХА. 2014. Ч.2. С. 46–56.
14. Левин В.И. Интервальный подход к оптимизации в условиях неопределенности // Системы управления, связи и безопасности. 2015. № 4. С. 123–141.
15. Полковская М.Н., Иваньо Я.М. Оптимизация структуры посевов с учетом изменчивости климатических параметров и биопродуктивности культур. Монография. Иркутск: Изд-во Иркутский ГАУ. 2016. 150 с.
16. Потенциальные запасы дикорастущих ресурсов Иркутской области: Монография /Я.М. Иваньо [и др.]; под ред. Я.М. Иваньо. Иркутск: Изд-во Иркутский ГАУ. 2018. 156 с.
17. Решение задач управления аграрным производством в условиях неполной информации. Монография /Я.М. Иваньо [и др.]; под редакцией Я.М. Иваньо. Иркутск: Изд-во ИрГСХА. 2012. 200 с.

UDK 004.94: 631.1: 630*0

DEVELOPMENT OF MODELS OF PLANNING FOOD PRODUCTION

Margarita N. Barsukova

Ph. D., assistant Professor, associate Professor, e-mail: margarita1982@bk.ru

Anna Yu. Belyakova

Ph. D., docent, docent, e-mail: belyakova_irk@mail.ru

Nadezhda V. Bendik

Ph. D., docent, docent, e-mail: starkovan@list.ru

Tatiana S. Buzina

Ph. D., docent, docent, e-mail: buzinats@mail.ru

Elena V. Vashukevich

Ph. D., docent, docent, e-mail: vashukevich_lena@mail.ru

Yaroslav M. Ivan'ov

Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-rector on scientific work, e-mail: iymex@rambler.ru

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

Irkutsk region, Irkutsk district, s. Molodezhny, 664038, Russian Federation

Abstract. In the work, models with different characteristics, developed and implemented by the team of the authors of the chair of informatics and mathematical modeling of the Irkutsk State Agrarian University for many years, were considered in order to plan the receipt of food products in areas with developed agriculture and rich food forest resources. Three groups of models are distinguished. The first of them allow optimizing the production of agricultural products. This includes the tasks of obtaining optimal plans for sowing, the production of crop, livestock products and their combination, multi-stage tasks for locating crops, models for optimizing the receipt of agricultural products under risk conditions, and ecological and mathematical models. The second group of models allows optimizing the harvesting of food wild-growing products, commercial wild game meat and their combination. The third group of models is a synthesis of the first two models. It describes the production of agricultural products in conjunction with the procurement of food forest resources and commercial wild game meat. The article describes the directions of improvement of the described models: detailed production processes in the form of additional restrictions, risk taking into account the natural, climatic, and economic features of the territory. Based on models for optimizing the harvesting of food-borne wild products and commercial wild game meat, it is proposed to build and implement models of mathematical programming for the preparation of a combination of these two types of resources.

Keywords: agricultural products, optimization model, planning, food forest resources, classification.

References

1. Ashchepkov L.T., Davydov D.V. Universal'nye resheniya interval'nyh zadach optimizatsii i upravleniya [Universal solutions of interval optimization and control problems]. Moscow. Nauka = Science. 2006. 152 p. (in Russian)

2. Barsukova M.N., Ivan'o Ya.M. Klassifikaciya prikladnyh modelej parametricheskogo programmirovaniya dlya optimizacii proizvodstva sel'skohozyajstvennoj produkcii [Classification of applied parametric programming models for agricultural production optimization] // *Klimat, ehkologiya, sel'skoe hozyajstvo Evrazii: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii.* = Climate, ecology, agriculture of Eurasia: proceedings of the international scientific-practical conference. Irkutsk. Izd-vo IrGSKHA = Publishing house of ISAA. 2013. Pp. 56–64. (in Russian)
3. Barsukova M. N., Ivan'o Ya.M. Prilozheniya parametricheskogo programmirovaniya dlya resheniya zadach optimizacii polucheniya prodovol'stvennoj produkcii [Application of parametric programming to solve optimization problems to obtain food products] // *Vestnik IrGTU = Journal of ISTU.* 2017. Vol. 21. № 4. Pp. 57-66. (in Russian)
4. Bendik N.V., Ivan'o Ya.M., Kovaleva E.A. Ekologo-matematicheskie modeli optimizacii proizvodstva sel'skohozyajstvennoj produkcii [Ecological and mathematical models of agricultural production optimization] // *Vestnik IrGTU = Journal of ISTU.* 2016. №4 (111). Pp. 66-74. (in Russian)
5. Boltvina E.K., Dicevich B.N., Ivan'o Ya.M. Modeli optimizacii zagotovki myasa dikih zhivotnyh s interval'nymi parametrami [Models of optimization of harvesting of meat of wild animals with interval parameters] // *Vestnik KrasGAU = The Bulletin of KrasGAU.* 2015. Vol. 5. Pp. 156-161 (in Russian)
6. Boltvina E.K., Ivan'o Ya.M. Modeli optimizacii zagotovki dikorastushchej produkcii s interval'nymi parametrami [Models for optimizing the harvesting of wild products with interval parameters] // *Vestnik IrGTU = Journal of ISTU.* 2016. № 6 (113). Pp. 73–81. (in Russian)
7. Gosudarstvennaya programma Irkutskoj oblasti razvitie selskogo hozyajstva i regulirovanie rynkov selskohozyajstvennoj produkcii syrya i prodovol'stviya na 2014 - 2020 gody [State program of the Irkutsk region "Development of agriculture and regulation of markets for agricultural products, raw materials and food" for 2014-2020]. Approved by the resolution of the Government of the Irkutsk region of December 9, 2013 N 568-pp. (in Russian)
8. Ivan'o Ya.M. Regional'nye ehkonomiko-matematicheskie modeli agrarnogo proizvodstva s interval'nymi prirodnyimi i proizvodstvenno-ehkologicheskimi parametrami [Regional economic and mathematical models of agricultural production with interval natural and production and ecological parameters] // *Izvestiya IGEHA = Izvestiya of ISEA.* 2013. №6 (92). Pp. 138–143. (in Russian)
9. Ivan'o Ya.M., S.A. Petrova Optimizacionnye modeli agrarnogo proizvodstva v reshenii zadach ocenki prirodnyh i tekhnogennyh riskov. Monografiya [Optimization models of agricultural production in solving problems of natural and man-made risks assessment]. Irkutsk. Izd-vo Irkutskogo GAU = Publishing house of IrSAU. 2015. 180 p. (in Russian)
10. Ivan'o Ya.M., Tulunova E.S. Modelirovanie ispolzovaniya zemelnyh resursov dlya obespecheniya naseleniya rajonov irkutskoj oblasti rastenievodcheskoj produkciej po normam pitaniya [Modeling the use of land resources to provide the population of areas of the Irkutsk region with crop production according to the norms of nutrition] // *Socialno-ehkonomicheskie problemy razvitiya APK v Rossii i za rubezhom: Materialy vsrossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii (7-8 dekabrya 2017 g.) = Socio-economic problems of the development of the agro-industrial complex in Russia and abroad: Materials of the All-Russian*

- scientific-practical conference (December 7-8, 2017). Irkutsk. Izd-vo Irkutского GAU = Publishing house of IrSAU. 2017. Pp. 156–163. (in Russian)
11. Ivan'o Ya.M., Chernigova D.R. Modelirovanie izmenchivosti ploshchadi selskohozyajstvennyh ugodij v razlichnyh kategoriyah predpriyatij Irkutskoj oblasti [Modeling the variability of agricultural land in various categories of enterprises in the Irkutsk region] // Vestnik Altaiskogo GAU = Journal of ASAU. 2017. № 8(154). Pp. 71–75. (in Russian)
 12. Ivan'o Ya.M. Nekotorye metodologicheskie aspekty modelirovaniya polucheniya prodovol'stvennoj produkcii v usloviyah riskov [Some methodological aspects of modeling of food production in the context of risks] // Vestnik IrGSHA = Journal of ISAA. 2016. № 75. Pp. 119–125. (In Russian)
 13. Ivan'o Ya.M., Polkovskaya M.N. Osobennosti izmenchivosti bioproduktivnosti prodovol'stvennyh kultur v zadachah optimizacii razmeshcheniya posevov [Features of the variability of the bioproductivity of food crops in the problems of optimizing the location of crops] // Klimat, ehkologiya, sel'skoe hozyajstvo Evrazii: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. = Climate, ecology, agriculture of Eurasia: proceedings of the international scientific-practical conference. Irkutsk. Izd-vo IrGSKHA = Publishing house of ISAA. 2014. Pp. 46–56. (in Russian)
 14. Levin V.I. Interval'nyj podhod k optimizacii v usloviyah neopredelennosti [Interval approach to optimization under uncertainty] // Sistemy upravleniya, svyazi i bezopasnosti = Control, communications and security systems. 2015. № 4. Pp. 123–141. (in Russian)
 15. Polkovskaya M.N., Ivan'o Ya.M. Optimizaciya struktury posevov s uchetom izmenchivosti klimaticheskih parametrov i bioproduktivnosti kul'tur. Monografiya [Optimization of structure of crops, taking into account the variability of climatic parameters and bio-productivity crops]. Irkutsk. Izd-vo Irkutskij GAU = Publishing house of IrSAU. 2016. 150 p. (in Russian)
 16. Potencialnye zapasy dikorastushchih resursov Irkutskoj oblasti: Monografiya [Potential reserves of wild resources of the Irkutsk region] / Ya.M. Ivan'o [i dr.]. Irkutsk. Izd-vo Irkutskiy GAU = Publishing house of IrSAU. 2018. 156 p. (in Russian)
 17. Reshenie zadach upravleniya agrarnym proizvodstvom v usloviyah nepolnoj informacii. Monografiya [Solving problems of management of agricultural production in conditions of incomplete information] / Ya.M. Ivan'o [i dr.]. Irkutsk. Izd-vo IrGSKHA = Publishing house of ISAA. 2012. 200 p. (in Russian)