

ОПТИМИЗАЦИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УЧАСТНИКОВ КЛАСТЕРА ПО ПОЛУЧЕНИЮ ПИЩЕВОЙ ДИКОРАСТУЩЕЙ ПРОДУКЦИИ В РЕГИОНЕ

Т.С. Бузина, Я.М. Иванов, С.А. Петрова

ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 664038, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный

sofia.registration@mail.ru

Рассмотрены вопросы создания моделей кластеров согласно данным о получении дикорастущей продукции в Иркутской обл. На основе анализа состояния пищевых дикорастущих ресурсов, требований к промышленным кластерам и специализированным организациям описана концептуальная модель кластера по заготовке и переработке пищевой дикорастущей продукции в регионе. Изучены деятельность заготовителей и переработчиков дикоросов и планы их развития. Согласно кластерному анализу с учетом особенностей деятельности предприятий по заготовке и переработке пищевой дикорастущей продукции, минимизации расстояния между переработчиками и заготовителями определены пять кластеров в регионе. При кластеризации проанализировано 28 видов заготавливаемых дикорастущих ресурсов, которые объединены в следующие группы: орех кедровый, ягоды, грибы, папоротник-орляк, черемша и лекарственные травяные средства. Для моделирования взаимодействия участников кластера сформулированы прикладные задачи математического программирования: линейная с интервальными параметрами и параметрическая, в которой в качестве параметров использовано время и фактор в виде урожайности дикорастущего ресурса, влияющий на цену получаемой продукции. Построены модели для оптимизации взаимодействия участников кластера заготовки и переработки дикоросов, которые реализованы для Иркутского кластера с учетом данных о деятельности предприятий в 2018 г. и согласно плану по заготовке и переработке дикоросов в 2021 г. При нахождении оптимальных решений задачи линейного программирования с интервальными оценками использован метод статистических испытаний. В ряде случаев показатели моделей получены в виде экспертных оценок. Результаты моделирования показали преимущество получения продукции в рамках кластера по сравнению с индивидуальной деятельностью заготовителей и переработчиков.

Ключевые слова: кластер, пищевые дикорастущие ресурсы, оптимизация, неопределенность, параметрическое программирование

Ссылка для цитирования: Бузина Т.С., Иванов Я.М., Петрова С.А. Оптимизация взаимодействия участников кластера по получению пищевой дикорастущей продукции в регионе // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2020. Т. 24. № 4. С. 138–149. DOI: 10.18698/2542-1468-2020-4-138-149

Отличительной особенностью Иркутской обл. является наличие больших запасов разнообразных видов природных ресурсов — пищевой дикорастущей продукции и промысловых диких животных [1–4], что обусловлено сильной лесистостью территории [5]. Объемы пищевой дикорастущей продукции в виде грибов, ягод, орехов, папоротника и лекарственных растений в регионе в денежном выражении соизмеримы с объемами производства значительной части сельскохозяйственной продукции. В настоящее время заготовкой пищевой лесной продукции занимается население, индивидуальные предприниматели и переработчики. По сути, рынок этого ценнейшего сырья является полустихийным, а бюджет региона и муниципальных районов недополучает значительную часть денежных средств.

В ноябре 2018 г. принята подпрограмма «Развитие сферы заготовки, переработки и сбыта пищевых лесных ресурсов и лекарственных растений в Иркутской области» на 2019–2024 годы государственной программы Иркутской области «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия» на 2019–2024 годы. Ее целью

является создание благоприятных условий для развития сферы заготовки, переработки и сбыта пищевых лесных ресурсов и лекарственных растений, обеспечивающих их рациональное использование и рост занятости сельского населения Иркутской обл. [6].

При этом создание производств по заготовке, переработке и сбыту пищевых дикорастущих ресурсов целесообразно осуществлять на базе кооперации и интеграции различных категорий товаропроизводителей с формированием разных по уровню, многоотраслевых и узкоспециализированных объединений, что повышает эффективность производственной деятельности и снижет риски сбыта продукции [7].

Кластеризация заготовки, переработки и сбыта пищевой дикорастущей продукции в сложившейся ситуации может быть эффективным направлением развития деятельности предприятий. При этом в пределах кластера можно оптимизировать взаимодействие участников.

Цель работы

Целью данной работы является оптимизация деятельности участников в рамках модели кластера заготовки, переработки и сбыта пищевой

дикорастущей продукции на примере Иркутской обл. Для достижения цели предлагается решить следующие задачи:

1) оценить деятельность организаций, занимающихся заготовкой пищевой дикорастущей продукции, ее переработкой и сбытом для построения моделей кластеров на основе учета вида продукции, наличия перерабатывающих организаций и расстояний между переработчиками и заготовителями;

2) разработать и реализовать математические модели оптимизации получения пищевой дикорастущей продукции в кластерах.

Материалы и методы

На основе анализа данных полевых исследований, отчетов, сведений о заготовках за многолетний период, демографической информации, информации о заготовителях и переработчиках, выбранного иерархического метода кластеризации предложены этапы выделения кластеров заготовки и переработки дикорастущей продукции в Иркутской обл.

Модели кластеров заготовительных предприятий и переработчиков дикорастущей продукции созданы с применением методов кластерного анализа.

Задачи оптимизации получения пищевой дикорастущей продукции в кластерах решались с использованием методов математического программирования в условиях неопределенности. Построены и реализованы модель параметрического программирования и линейная оптимизационная модель с интервальными параметрами применительно к задаче оптимизации заготовки, переработки и реализации дикоросов в рамках выделенных кластеров.

Результаты и их обсуждение

Иркутская обл. обладает большим потенциалом для получения пищевой дикорастущей продукции, особенно в районах, относящихся к несельскохозяйственным: Катанганском, Нижнеудинском, Ольхонском, Бодайбинском, Мамско-Чуйском и др. [1]. В настоящее время на территории региона деятельность по сбору, переработке и реализации дикоросов осуществляют 54 предприятия, которые расположены в 22 муниципальных районах.

На рис. 1 показана модель кластера по заготовке и переработке дикорастущей продукции в регионе.

Для выявления предприятий, на базе которых целесообразно создавать кластеры, и организаций, которые могут быть включены в их состав, можно применять статистическую процедуру кластерного анализа, предназначенную для разделения совокупности объектов на однородные группы (кластеры).

Алгоритм формирования кластеров получения пищевой дикорастущей продукции можно описать следующим образом.

1. По данным о предприятиях, являющихся заготовителями и (или) переработчиками пищевых дикорастущих ресурсов выделяются организации, специализирующиеся на переработке и сбыте различных видов дикорастущей пищевой продукции: ягод, орехов, грибов, черемши, папоротника, лекарственных травяных средств, которые могут выступать в качестве ядра кластера.

2. На втором этапе осуществляется объединение предприятий по видам заготавливаемой продукции: ягодам, грибам, кедровому ореху, папоротнику, черемше, лекарственным травянистым растениям и пр.



Рис. 1. Концептуальная модель кластера по заготовке и переработке дикорастущей продукции
 Fig. 1. Conceptual model of a cluster for harvesting and processing wild products

3. На основе выделенных предприятий переработчиков и заготовителей, а также критерия минимизации расстояния между пунктами заготовки и переработки определяются группы предприятий по получению пищевой дикорастущей продукции в двух вариантах: универсальные и по видам промысла. Первые из них характеризуются заготовкой определенного вида дикорастущей продукции, вторые — промыслом разных видов пищевой дикорастущей продукции.

4. Определяются внешние партнеры кластера: предприятия транспортной инфраструктуры, предприятия по производству упаковки и тары, финансовые и научные организации.

5. По итогам анализа рыночной конъюнктуры, выделяются каналы реализации готовой продукции, разрабатывается план информационно-коммуникационного взаимодействия между всеми участниками кластера.

Поскольку Иркутская обл. располагает обширными таежными территориями, исходя из сложившейся ситуации по заготовке и переработке продукции, можно выделить отдельные группы заготовителей и переработчиков, которые могли бы взаимодействовать в рамках взаимовыгодного сотрудничества.

Для проведения кластерного анализа определены объемы заготовки и переработки пищевой дикорастущей продукции в регионе. При этом учитывалось шесть видов ресурсов: ягоды, грибы, кедровый орех, папоротник, черемша и лекарственные травянистые растения.

Определены расстояния между заготовителями и переработчиками пищевой дикорастущей продукции. В качестве меры расстояния использована протяженность дорожной сети. Для каждого предприятия выявлены объемы заготовки и переработки пищевой дикорастущей продукции в настоящее время и в перспективе на ближайшие три года (2019–2021).

Согласно предложенному алгоритму, на первом этапе, по исходным данным, выделено 20 предприятий, занимающихся заготовкой и переработкой дикорастущей продукции, которые можно рассматривать в качестве потенциального ядра кластера получения пищевой дикорастущей продукции.

На втором этапе установлено количество предприятий, разделенных по видам продукции. Так, в кластер по получению и реализации ягод включены 44 предприятия, орехов — 37, грибов — 20, черемши — 19, папоротника — 14, лекарственных травяных средств — 51.

На третьем этапе рассчитаны минимальные расстояния между пунктами заготовки и переработки пищевой дикорастущей продукции и определена группировка заготовителей вокруг

потенциальных центров выделяемых кластеров, что для огромной территории Иркутской обл. имеет большое практическое значение.

По методам, предложенным в работах [8–11], определена структура кластера по заготовке и переработке дикорастущей продукции в регионе, которую можно описать следующим образом.

Центром кластера является предприятие или группа предприятий, выпускающих конечный продукт и экспортирующих его за пределы данной территории. Следует учитывать, что наличие мощности перерабатывающего предприятия, выпускающего на рынок готовую несырьевую продукцию, имеет при формировании кластеров особое значение.

Поставщиками сырья являются заготовители дикорастущей пищевой продукции, к которым относятся: граждане, ведущие личные подсобные хозяйства; крестьянские (фермерские) хозяйства; сельскохозяйственные потребительские кооперативы; индивидуальные предприниматели.

Научные, исследовательские и консалтинговые организации, обслуживающие центр кластера, образуют инновационное ядро кластера. К ним относятся прежде всего вузы: Иркутский ГАУ и ИГУ.

Государственные услуги оказывают внешние партнеры кластера, в качестве которых выступают органы государственной власти различного уровня, банки и разные смежные организации. Господдержка в виде грантов осуществляется Министерством сельского хозяйства Иркутской области. В подпрограмме «Развитие сферы заготовки, переработки и сбыта пищевых лесных ресурсов и лекарственных растений в Иркутской области на 2019–2024 годы» в рамках грантовой поддержки заготовителей и переработчиков пищевых лесных ресурсов и лекарственных растений предусмотрено финансирование в размере 30 млн руб. ежегодно в течение шести лет. Для содействия продвижению продукции, произведенной из пищевых лесных ресурсов и лекарственных растений, на российские и зарубежные рынки, ежегодно дополнительно выделяется 4 млн руб.

Для эффективного взаимодействия участников кластера предлагается привлечение транспортных компаний, занимающихся авиаперевозками, автоперевозками грузов, а также отправкой грузов железнодорожным транспортом. В дальнейшем возможно создание единого транспортного распределительного центра, позволяющего проводить анализ, аккумуляцию и перераспределение потоков товарно-материальных ценностей внутри кластера и региона.

Информационная инфраструктура кластера включает в себя специализированные базы дан-

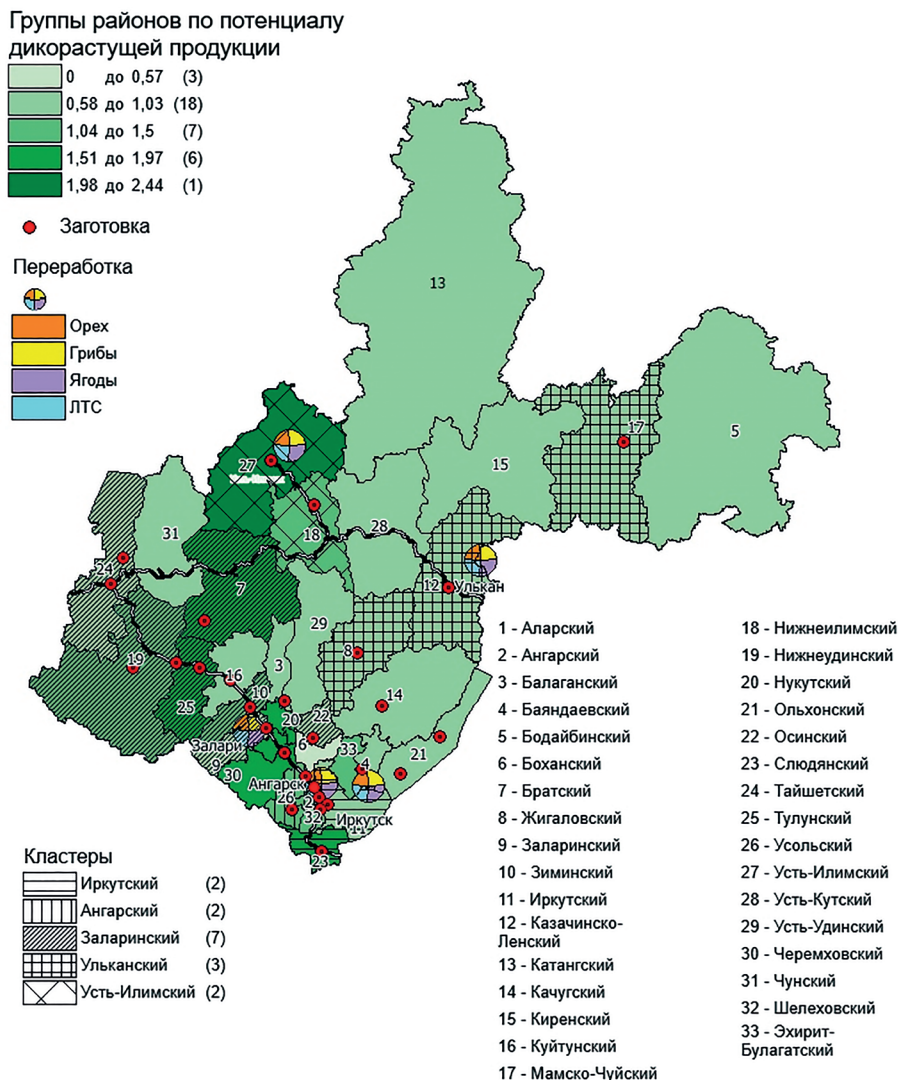


Рис. 2. Карта кластеров получения пищевой дикорастущей продукции в Иркутской обл.
Fig. 2. The map of clusters of obtain of food wild-growing products in Irkutsk region

ных по основным рынкам сбыта; интернет-торговлю; информационные системы, осуществляющие поиск сырья, комплектующих и технологий, рекламную и маркетинговую деятельность. Сюда же относится системное администрирование процессов и технологий, а также обслуживание цифровых систем [10].

Основными рынками сбыта пищевой дикорастущей продукции в регионе являются следующие: региональные и федеральные сетевые продуктовые ритейлеры, средние и мелкие продуктовые магазины; крупные и мелкие оптовые продовольственные компании; дополнительные сегменты (кафе, рестораны, кондитерские, пекарни и пр.).

Анализ опросных материалов по данным реализации продукции дикоросов показал, что основная часть продукции дикоросов с учетом процесса переработки реализуется в Иркутской обл. (г. Иркутск, муниципальные районы) – 40–50 %. В соседние

регионы (Бурятия, Забайкальский и Красноярский край) вывозится 20–30 % продукции, в центральные регионы — 10–20 %.

На внешний рынок поступает до 30–50 % продукции заготовки и переработки таких дикорастущих растений, как чага, агарикус, камедь, орех кедровый, папоротник, лесные ягоды, лекарственные травы, что позволяет увеличить доходность предприятий и отрасли.

В настоящее время наблюдается значительный спрос на пищевую дикорастущую продукцию Иркутской обл. в Китае. Помимо этого, интерес к дикорастущей продукции проявляют Корея, Япония и другие юго-восточные азиатские страны. Другими словами, спрос на дикоросы многократно превышает объемы заготовки и переработки ресурсов, получаемых в регионе. К этому следует добавить большие объемы импорта лекарственной продукции, что предполагает стимулирование отечественных заготовителей и переработчиков.

В качестве потенциального участника кластера можно выделить ООО «Дикоросы Прибайкалья» — интернет-магазин дикорастущей пищевой продукции, который находится в городе Усолье-Сибирское Иркутской обл. и реализует кедровый орех, продукцию из лекарственного сырья, ягоды. Кроме того, экспортом переработанной дикорастущей продукции, в частности ягод и лекарственных трав в виде варенья и чаев, занимается ООО «Дикая Сибирь» в городе Иркутске.

По результатам кластеризации создана карта кластеров получения пищевой дикорастущей продукции в Иркутской обл. (рис. 2).

Анализируя количество участников в каждой из выделенных групп с учетом того, что некоторые из них одновременно занимаются заготовкой и переработкой нескольких видов продукции, можно выделить Иркутский, Заларинский, Ангарский, Усть-Илимский и Ульканский кластеры.

Планирование заготовки и переработки пищевой дикорастущей продукции, как и оценка возможностей производства сельскохозяйственной продукции, связано с рисками, которые могут быть обусловлены влиянием на урожай неблагоприятных природных явлений или техногенной деятельности [1, 11]. Для снятия неопределенности при оценке параметров необходимо расширение исследований леса и прогнозирование их изменчивости [12].

Поскольку биопродуктивность ягод, грибов, лекарственных растений, кедрового ореха, папоротника, черемши и других пищевых дикорастущих ресурсов трудно предсказать или описать с помощью законов распределения вероятностей, для определения колебаний этого параметра предложено использовать интервальные оценки [1, 13].

К этому следует добавить колебание затрат на заготовку дикоросов, которые зависят от урожайности ягод, грибов, кедрового ореха и других ресурсов [1, 4, 14–16]. Между тем цены на пищевую дикорастущую продукцию связаны с урожайностью дикоросов. В некоторых случаях наблюдаются значимые тренды роста цен на пищевую дикорастущую продукцию.

Учитывая подобные свойства изменчивости показателей, влияющих, в конечном итоге, на доходы деятельности участников кластеров, предлагаются два варианта моделей оптимизации взаимодействия участников кластеров по получению максимального дохода — линейная модель с интервальными параметрами и модель параметрического программирования с усредненными показателями.

Модель взаимодействия участников кластера с интервальными оценками. Общая математическая модель оптимизации заготовки и переработки пищевой дикорастущей продукции имеет следующий вид.

Целевая функции предполагает получение максимума дохода:

$$f = \sum_{j \in J} \tilde{c}_j x_j + \sum_{j \in J} \alpha_j \tilde{d}_j x_j \rightarrow \max, \quad (1)$$

где \tilde{c}_j — стоимость реализации единицы продукции j , колеблющаяся в интервале $[\underline{\tilde{c}}_j, \overline{\tilde{c}}_j]$;
 \tilde{d}_j — стоимость реализации единицы продукции переработки j , изменяющаяся в интервале $[\underline{\tilde{d}}_j, \overline{\tilde{d}}_j]$;
 x_j — искомые объемы заготавливаемой продукции;
 α_j — коэффициент, характеризующий долю продукции переработки от общего объема заготовки (оценивается экспертами).

Ограничения задачи связаны с площадями, на которых заготавливают дикорастущую продукцию, трудовыми затратами, объемами получения ресурсов, затратами на обеспечение заготовки, количеством реализуемой продукции в непеработанном и переработанном виде:

$$\frac{x_j}{\tilde{y}_j} \leq \tilde{S}_j, \quad (2)$$

$$x_j \leq \tilde{V}_j, \quad (3)$$

$$\tilde{k}_j x_j \leq \tilde{K}_j, \quad (4)$$

$$\sum_{j \in J} l_j \leq L, \quad (5)$$

$$x_j \geq 0, \quad (6)$$

где \tilde{y}_j — биопродуктивность дикорастущих ресурсов для вида продукции j , изменяющаяся в пределах $[\underline{\tilde{y}}_j, \overline{\tilde{y}}_j]$;

\tilde{S}_j — площадь вида продукции j , характеризующаяся нижними и верхними оценками $[\underline{\tilde{S}}_j, \overline{\tilde{S}}_j]$;

\tilde{V}_j — объемы получаемой продукции в интервале нижних и верхних значений $[\underline{\tilde{V}}_j, \overline{\tilde{V}}_j]$;

\tilde{k}_j — затраты труда на получение единицы продукции j в пределах $[\underline{\tilde{k}}_j, \overline{\tilde{k}}_j]$;

\tilde{K}_j — имеющееся количество трудовых ресурсов j с нижними и верхними оценками $[\underline{\tilde{K}}_j, \overline{\tilde{K}}_j]$;

l_j — приведенные затраты на обеспечение получения продукции j ;

L — общие затраты на обеспечение заготовки и переработки продукции.

Для решения задачи (1) – (6) необходимо определить возможные диапазоны изменения интервальных параметров. Эти сведения приведены в табл. 1 согласно анализу теоретических и прикладных работ [1, 17–20].

Т а б л и ц а 1
Диапазоны изменения цен реализации дикоросов (нижняя — верхняя оценки) в задаче математического программирования (1) – (6)
Ranges of selling prices of wild products (lower — upper assessments) in the task of mathematical programming (1) – (6)

Вид реализации дикоросов	Дикорастущая продукция	Цена реализации, тыс. руб./т
Без переработки	Орех кедровый	180...340
	Ягоды	180...230
	Грибы	270...320
	Папоротник-орляк	120...200
	Черемша	110...180
	Лекарственные травяные средства	500...1000
Продукты переработки	Орех кедровый	700...1500
	Ягоды	600...1000
	Грибы сушеные	500...800
	Грибы соленые	840...1560
	Папоротник-орляк	210...390
	Черемша	210...390
	Лекарственные травяные средства	1400...2600

Нижние и верхние оценки параметров определены на основании данных о многолетних колебаниях рыночных цен на дикоросы в Иркутской обл. (см. табл. 1), хозяйственной биопродуктивности этой продукции в Иркутском районе и производственных мощностях предприятий — участников модельного кластера (см. табл. 2).

Основным условием применения задачи линейного программирования с интервальными па-

раметрами (1) – (6) является независимость урожайности разных видов пищевых дикорастущих ресурсов, что подтверждается корреляционным анализом многолетних рядов биопродуктивности дикоросов и экспертными оценками [13].

При реализации модели использован метод Монте-Карло, с помощью которого генерировались независимо случайные числа разных интервальных параметров. Опыт показывает, что для получения адекватных оптимальных решений, соответствующих приведенной задаче, достаточно смоделировать 300 ситуаций. При этом рассмотрены два случая. В первом из них использованы реальные данные о деятельности заготовителей и переработчиков, во втором — запланированные показатели на 2021 год.

В табл. 3 приведены оптимальные планы заготовки и переработки дикорастущей продукции, найденные при решении задачи оптимизации получения дикорастущей продукции с интервальными параметрами (1) – (6) для двух случаев — по фактическим и плановым данным. Согласно результатам моделирования (см. табл. 3) планируемые объемы заготовки и переработки пищевой лесной продукции превышают фактические в 2,6–4,5 раза. Наименьшее увеличение производств предполагается для переработки ягод, а наибольшее — для продукта переработки дикоросов под названием «Грибы сушеные».

В табл. 4 приведены значения целевой функции при фактической (первый случай) и плановой (второй случай) заготовке и переработке пищевой дикорастущей продукции.

Первый случай. Согласно табл. 4 для объемов, рассчитанных для фактической заготовки и переработки дикорастущей продукции участниками

Т а б л и ц а 2
Диапазоны изменения интервальных параметров, используемых в левых и правых частях ограничений (нижняя — верхняя оценки) задачи математического программирования (1) – (6)

Ranges of interval parameters used in lefts and rights sides of the constraints (lower - upper assessments) of the problem of mathematical programming (1) – (6)

Вид дикорастущей продукции	Показатель			
	Урожайность, т/га	Трудозатраты на заготовку единицы дикорастущей продукции, чел.-дн./т	Фактические объемы заготовки дикоросов, т	Плановые мощности объемов заготовки дикоросов, т
Орех кедровый	0,067...0,125	0,018...0,026	45...100	190...354
Ягоды	0,115...0,240	0,008...0,01	90...160	188...348
Грибы	0,010...0,250	0,036...0,056	10...20	53...98
Папоротник-орляк	0,2...0,4	0,033...0,05	12...25	62...114
Черемша	0,450...0,650	0,033...0,056	12...25	33...61
Лекарственные травяные средства	0,030...0,060	0,0014...0,0018	61...110	138...256

Т а б л и ц а 3

Оптимальные планы, полученные при решении задачи математического программирования с интервальными параметрами для Иркутского кластера по заготовке и переработке дикорастущей продукции

Optimal plans obtained when solving the mathematical programming problem with interval parameters for the Irkutsk cluster for harvesting and processing of wild products

Вид реализуемой продукции	Дикорастущая продукция	Неизвестное	Фактические объемы			Плановые объемы		
			max	min	med	max	min	med
Заготовленная, т	Орех кедровый	x_1	73	38	58	220	155	178
	Ягоды	x_2	156	92	125	313	190	327
	Грибы	x_3	10	19	18	73	68	69
	Папоротник-орляк	x_4	24	15	19	91	80	80
	Черемша	x_5	16	23	14	47	36	43
	Лекарственные травяные растения	x_6	100	74	86	253	161	239
Переработанная, т	Орех кедровый	x_7	25	13	20	77	54	62
	Ягоды	x_8	74	44	59	149	90	155
	Грибы сушеные	x_9	1	2	2	9	9	9
	Грибы соленые	x_{10}	5	9	8	33	31	31
	Папоротник-орляк	x_{11}	7	5	6	27	24	24
	Черемша	x_{12}	8	11	7	23	18	21
	Лекарственные травяные растения	x_{13}	20	15	17	51	32	48

Т а б л и ц а 4

Значения целевой функции, полученные при решении задачи математического программирования с интервальными параметрами для Иркутского кластера по заготовке и переработке дикорастущей продукции

The values of the objective function obtained as a result of solving of the mathematical programming problem with interval parameters for Irkutsk cluster on harvesting and processing of wild-growing products

Показатель	Фактические объемы			Плановые объемы		
	max	min	med	max	min	med
Значение целевой функции, млн руб.	326,378	170,786	230,023	800,944	452,575	624,105
в т. ч. выручка заготовителей, млн руб.	162,029	86,872	118,522	439,541	247,238	305,717
в т. ч. выручка переработчиков, млн руб.	164,349	83,913	111,501	361,403	205,337	318,388

Иркутского модельного кластера (см. табл. 3), доходы заготовителей и переработчиков от получения пищевой дикорастущей продукции составили более 80 млн руб. Общий доход от получения сырьевых и переработанных дикорастущих ресурсов изменяется в зависимости от внешних условий среды от 170,8 до 326,4 млн руб. Медианная оценка выручки составила 230 млн руб.

Второй случай. Для плановых объемов заготовки и переработки дикоросов на 2021 г. объемы заготовки, переработки и реализации продукции можно увеличить в 2–7 раз (по разным видам дикорастущей продукции). В зависимости от урожайности дикорастущих культур и цены ре-

ализации нижние и верхние оценки целевой функции составляют 452,6 и 800,9 млн руб. соответственно, а медианное значение — 624,1 млн руб. (см. табл. 4). При этом для переработчиков и заготовителей медиана суммы выручки близка по значению и составляет чуть более 300 млн руб.

Добавим к этому, что задача (1) – (6) решена для случая, когда коэффициент, характеризующий долю продукции переработки от общего объема заготовки (α_j), соответствовал 0,50.

Модель параметрического программирования взаимодействия участников кластера. В некоторых ситуациях удается показатели модели, описывающие оптимизацию взаимодействия

Т а б л и ц а 5

Результаты решения задачи параметрического программирования для Иркутского кластера по заготовке и переработке объемов дикорастущей продукции

The results of solving the parametric programming problem as applied to the Irkutsk cluster on the harvesting and processing volumes of wild products

Вид реализуемой продукции	Дикорастущая продукция	Неизвестное	Фактические мощности объемов	Плановые мощности объемов
Заготовленная, т	Орех кедровый	x_1	51	272
	Ягоды	x_2	117	268
	Грибы	x_3	12	75
	Папоротник-орляк	x_4	16	88
	Черемша	x_5	16	47
	Лекарственные травяные растения	x_6	78	197
Переработанная, т	Орех кедровый	x_7	18	95
	Ягоды	x_8	56	127
	Грибы сушеные	x_9	2	9
	Грибы соленые	x_{10}	5	34
	Папоротник-орляк	x_{11}	5	26
	Черемша	x_{12}	8	23
Лекарственные травяные растения	x_{13}	16	39	
Значение целевой функции, млн руб.			220,997	701,931
В т.ч. выручка заготовителей, млн руб.			95,543	304,989
В т.ч. выручка переработчиков, млн руб.			125,454	396,942

участников кластера, определять с помощью регрессионных и функциональных зависимостей. Тогда можно рассмотреть частный случай задачи математического программирования - задачу параметрического программирования [13, 21–23 и др.].

Применительно к оптимизации взаимодействия участников кластера заготовки и переработки дикоросов целевая функция задачи параметрического программирования записывается в следующем виде

$$f = \sum_{j \in J} c_j(t_j)x_j + \sum_{j \in J} \alpha_j d_j(t_j)x_j \rightarrow \max, \quad (7)$$

где $c_j(t_j)$ — стоимость единицы продукции j , которая связана аналитическим выражением с параметром t_j ;

$d_j(t_j)$ — стоимость реализации единицы продукции j , которая зависит от параметра t_j .

При этом t_j изменяется в интервале $[\beta_j, \gamma_j]$

При рассмотрении детерминированной задачи с усредненными показателями (y_j, k_j, K_j, V_j, S_j) неравенства (2) – (4) преобразуются в:

$$\frac{x_j}{y_j} \leq S_j, \quad (8)$$

$$x_j \leq V_j, \quad (9)$$

$$k_j x_j \leq K_j. \quad (10)$$

В сформулированной задаче ограничения (5) и (6) остаются теми же, что и в модели (1) – (6).

В задаче (5) – (10) для определения показателей $c_j(t_j)$ и $d_j(t_j)$ в качестве параметра t_j применимы время и урожайность пищевых дикорастущих культур (y_j):

$$c_j(t_j) = a_{0j} + a_{1j}t_j + a_{2j}t_j^2 + \dots + a_{mj}t_j^m, \quad (11)$$

$$d_j(t_j) = b_{0j} + b_{1j}t_j + b_{2j}t_j^2 + \dots + b_{mj}t_j^m. \quad (12)$$

Выражения (10) и (11) представляют собой обобщенные формулы. В частных случаях можно использовать линейные зависимости в виде первых двух слагаемых. Значения t_j изменяются в интервале $[\beta_j, \gamma_j]$.

При решении задачи параметрической оптимизации для определения коэффициентов при неизвестных в выражении (7) использовано уравнение регрессии согласно данным о рыночных ценах и биопродуктивности кедровых орехов за 15 лет на территории России [24] и функциональная зависимость стоимости ягоды и их биопродуктивности на основе экспертных оценок:

$$c_1(t_1) = 0,715t_1^2 + 1,3t_1 + 28,85, \quad (13)$$

$$c_2(y_2) = -0,1y_2 + 250, \quad (14)$$

где c_1 и c_2 — стоимость кедровых орехов и ягод соответственно, реализуемых без переработки;

t_1 — номер года (данные 2001–2015 гг.);

y_2 — урожайность ягод, изменяющаяся от 100 до 700 кг/га.

Уравнение (13) с точностью в виде коэффициента детерминации $R^2 = 0,61$ является значимым согласно критерию Фишера.

Задача (5) – (12) — детерминированная. Результаты ее решения с учетом выражений (13) и (14) приведены в табл. 5.

Полученные результаты основаны на прогнозном значении цены на кедровый орех и усредненной урожайности ягод.

Согласно табл. 5 выручка составила 95,5 и 125,4 млн руб. для заготовителей и переработчиков дикоросов соответственно по фактическим данным и 305,0 и 396,9 млн руб. — по плановым значениям (2021 г.). При этом общий доход от заготовки и переработки дикорастущей продукции в модельном Иркутском кластере может быть увеличен более чем в 3 раза.

Полученные результаты (табл. 3–5) показывают перспективу развития Иркутского кластера, который, в лучшем случае, за 3 года может увеличить доход от продажи дикорастущей продукции приблизительно в 3 раза за счет увеличения объемов заготавливаемой и реализуемой продукции. Причем работа участников в рамках кластера более эффективна по сравнению с независимой деятельностью каждого переработчика и заготовителя, что подтверждает анализ суммарных индивидуальных доходов и доходов кластера.

Выводы

Заготовка и переработка дикорастущей продукции являются высокодоходной и перспективной деятельностью в богатой пищевыми дикорастущими ресурсами Иркутской обл. На основе анализа деятельности заготовителей и переработчиков дикоросов, расстояния между ними, направленности получения продукции на территории региона выделено пять кластеров. Разработаны модели оптимизации взаимодействия участников в рамках кластера заготовки и переработки пищевых дикорастущих ресурсов в двух вариантах — задача линейного программирования с интервальными параметрами и задача параметрического программирования с усредненными показателями. Математические модели реализованы для Иркутского кластера заготовки и переработки дикоросов. Технология моделирования взаимодействия участников в кластере в условиях неопределенности с использованием метода статистических испытаний может быть использована для планирования деятельности заготовителей и переработчиков дикоросов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, грант № 19-07-00322

Список литературы

- [1] Потенциальные запасы дикорастущих ресурсов Иркутской области / под ред. Я.М. Иваньо. Иркутск: Иркутский ГАУ, 2018. 156 с.
- [2] Об утверждении лесного плана Иркутской области. Постановление Губернатора Иркутской области от 9 февраля 2009 г. № 23-П : по состоянию на 12 декабря 2017 г. URL: <https://base.garant.ru/21696329/> (дата обращения 23.10.2019)
- [3] Кружков Н.А., Вашукевич Ю.Е. История Иркутского треста коопзверопромхозов: (охотничье-промысловое хозяйство потребительской кооперации Иркутской области второй половины XX века. Иркутск: Иркутский ГАУ, 2015. 283 с.
- [4] Вашукевич, Ю.Е., Ганзевич А.А., Илли А.И. К вопросу о стратегии развития охотничьего хозяйства Российской Федерации на период до 2030 года // Вестник ИрГСХА, 2013. № 57-3. С. 125–132.
- [5] Вашук Л.Н., Швиденко А.З. Динамика лесных пространств Иркутской области. Иркутск: Иркутская областная типография № 1, 2006. 392 с.
- [6] Об утверждении государственной программы Иркутской области «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия» на 2019–2024 годы. Постановление правительства Иркутской области № 772-пт от 26 октября 2018 г. URL: <http://docs.cntd.ru/document/550247316> (дата обращения 23.10.2019)
- [7] О промышленных кластерах и специализированных организациях промышленных кластеров (вместе с «Требованиями к промышленным кластерам и специализированным организациям промышленных кластеров в целях применения к ним мер стимулирования деятельности в сфере промышленности», «Правилами подтверждения соответствия промышленного кластера и специализированной организации промышленного кластера требованиям к промышленным кластерам и специализированным организациям промышленных кластеров в целях применения к ним мер стимулирования деятельности в сфере промышленности»). Постановление Правительства РФ от 31.07.2015 N 779: по состоянию на 02 августа 2018 г. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_183798/ (дата обращения 23.10.2019)
- [8] Барсукова М.Н., Бузина Т.С., Иваньо Я.М., Федурин Н.И. Кластеризация производителей и заготовителей продовольственной продукции в Иркутской области // Материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием «Проблемы и перспективы устойчивого развития агропромышленного комплекса» посвященной памяти А.А. Ежовского, Иркутск 15–16 ноября 2018 г. Иркутск: Иркутский ГАУ, 2018. С. 92–101.
- [9] Бузина Т.С. Моделирование агропромышленных кластеров с определением оптимального взаимодействия его участников для стратегического планирования производства продукции в условиях изменчивости цены и спроса // Вестник ИрГСХА, 2016. № 75. С. 112–118.
- [10] Мороз С.Н. Оценка потребностей и возможности компаний и обзор наиболее успешного опыта по многоцелевому использованию лесных ресурсов на региональном уровне в Сибири / под ред. Н.М. Шмакова, Н.В. Трофимовой, В.А. Сипкина, WWF России. М.: [б.и.], 2016. 59 с.

- [11] Лебединская Ю.С. Принципиальная структура экономического кластера для развития региона // *Международ. журн. прикладных и фундаментальных исследований*, 2014. № 5–2. С. 139–142. <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=5354> (дата обращения 23.10.2019)
- [12] Glotko A.V., Sycheva I.N., Dunets A.N., Kolupaev A.A., Makarov A.N., Anikienko N.N. Development of the regional agriculture through the cluster approach in Russian Federation // *International J. Mechanical Engineering and Technology (IJMET)*, 2018, t. 9, no. 11, pp. 1156–1168.
- [13] Шалаев В.С. Новая книга о международном союзе лесных исследовательских организаций // *ИВУЗ Лесной журнал*, 2019. № 1 (367). С. 171–172.
- [14] Ivanyo Ya.M., Petrova S.A. Optimization models for the procurement of food wild-growing products with expert assessments // *Collection of theses by materials of VI Int. Workshop: «Critical Infrastructures in the Digital World» (IWCI-2019), Baykalsk, 17–24 march 2019. Irkutsk: ESI SB RAS, 2019, p. 58.*
- [15] Бакайтис В.И., Цапалова И.Э., Кутафьева Н.П., Позняковский В.М. Экспертиза грибов. Качество и безопасность. Серия: Экспертиза пищевых продуктов и продовольственного сырья / под ред. В.М. Позняковского. Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2007. 256 с. URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785379001902.html> (дата обращения 25.10.2019).
- [16] Цапалова И.Э., Губина М.Д., Голуб О.В., Позняковский В.М. Экспертиза дикорастущих плодов, ягод и травянистых растений. Качество и безопасность. Сер. Экспертиза пищевых продуктов и продовольственного сырья / под ред. В.М. Позняковского. Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2005. 211 с.
- [17] Музыка В.А., Музыка С.М. Метеозависимость в развитии микоризных макромицетов и прогнозирование ежегодных урожаев съедобных грибов на примере Северного Приаянья // *Вестник ИрГСХА*, 2015. № 67. С. 72–78.
- [18] Кедровый промысел в Прибайкалье / под ред. В.М. Шунькова. Иркутск: Иркутский сельскохозяйственный институт, 1969. 119 с.
- [19] Васильков Б.П. Методы учета съедобных грибов в лесах СССР. Л.: Наука, 1968. 67 с.
- [20] Чупров А.И. Эффективность труда на сборе дикорастущих ягод // *Лесное хозяйство*, 1982. № 9. С. 20–23.
- [21] Иванько Я.М., Музыка С.М., Дицевич Б.Н., Лузан А.А., Петрова С.А., Столопова Ю.А. Зонирование потенциальных запасов дикорастущих ресурсов Иркутской области по приоритетам заготовки / отчет о НИР. Иркутск: Иркутский ГАУ, 2018. 180 с.
- [22] Барсукова М.Н., Иванько Я.М., Петрова С.А. О задачах и рисках трансформации цифровых технологий в сельском хозяйстве Иркутской области // *Цифровые технологии и системы в сельском хозяйстве. Материалы междунар. науч.-практ. конф., п. Молодежный, 08–10 октября 2019 г. Иркутск: Иркутский ГАУ, 2019. С. 10–22.*
- [23] Барсукова М.Н., Иванько Я.М. Приложения параметрического программирования для решения задач оптимизации получения продовольственной продукции // *Вестник ИрГТУ*, 2017. № 4. С. 57–66.
- [24] Горелик В.А., Кондратьева В.А. Параметрическое программирование и несобственные задачи линейной оптимизации // *II Моделирование, оптимизация и декомпозиция сложных динамических процессов. М.: ВЦ РАН, 1999. С. 57–82.*
- [25] Петров В.Н. Экономико-правовое регулирование заготовки дикоросов в России // *ЛесПромИнформ*, 2016. № 4 (118). URL: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=4412> (дата обращения 23.10.2019).

Сведения об авторах

Бузина Татьяна Сергеевна — канд. техн. наук, доцент кафедры информатики и математического моделирования, Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, buzinats@mail.ru.

Иванько Ярослав Михайлович — д-р техн. наук, профессор, проректор по научной работе, Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, iasa_econ@rambler.ru.

Петрова Софья Андреевна — канд. техн. наук, доцент кафедры информатики и математического моделирования, Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, sofia.registration@mail.ru.

Поступила в редакцию 29.10.2019.

Принята к публикации 23.03.2020.

OPTIMIZATION OF THE INTERACTION OF CLUSTER MEMBERS TO OBTAIN WILD FOOD PRODUCTS IN THE REGION

T.S. Buzina, Ya.M. Ivanyo, S.A. Petrova

Irkutsk State Agricultural University, 664038, Irkutsk reg., Irkutsk district, p. Molodezhny

sofia.registration@mail.ru

The paper deals with the issues of creating cluster models according to the data on obtaining wild-growing products in the Irkutsk region. Based on the analysis of the state of wild food resources and requirements for industrial clusters and specialized organizations, a conceptual model of the cluster for the harvesting and processing of wild food in the region is described. Harvesters and processors of wild plants and their development plans are considered. According to the cluster analysis, taking into account the peculiarities of enterprises engaged in the procurement and processing of wild-growing food products, minimizing the distance between processors and procurers, five clusters were identified in the region. During clustering, 28 species of harvested wild resources were analyzed, which are grouped into the following groups: pine nut, berries, mushrooms, bracken, wild garlic, herbal medicines. To model the interaction of cluster members, the following mathematical programming problems are formulated: linear with interval parameters and parametric, in which time and a factor in the form of the yield of a wild resource affecting the price of the resulting product are used as parameters. Models have been built to optimize the interaction of cluster participants in the harvesting and processing of wild plants. The developed models were implemented for the Irkutsk cluster taking into account data on the activities of enterprises in 2018 and on the basis of plans for the harvesting and processing of wild plants in 2021. The Monte Carlo method was used to find the optimal solutions to the linear programming problem with interval estimates. In some cases, the indicators of the models obtained in the form of expert assessments. The simulation results showed the advantage of obtaining products within the cluster compared with the individual activities of procurers and processors.

Keywords: cluster, wild food resources, optimization, uncertainty, parametric programming

Suggested citation: Buzina T.S., Ivanyo Ya.M., Petrova S.A. *Optimizatsiya vzaimodeystviya uchastnikov klastera po polucheniyu pishchevoy dikorastushchey produktsii v regione* [Optimization of the interaction of cluster members to obtain wild food products in the region]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2020, vol. 24, no. 4, pp. 138–149. DOI: 10.18698/2542-1468-2020-4-138-149

References

- [1] Ivanyo Ya.M., Ditsevich B.N., Luzan A.A., Muzyka S.M., Petrova S.A., Stolopova Yu.V. *Potentsial'nye zapasy dikorastushchikh resursov Irkutskoy oblasti* [Potential reserves of wild resources of the Irkutsk region]. Irkutsk: ISAU, 2018, 156 p.
- [2] *Ob utverzhdenii lesnogo plana Irkutskoy oblasti* [On approval of the forest plan of the Irkutsk region]. Available at: <https://base.garant.ru/21696329/> (accessed 23.10.2019).
- [3] Vashukevich Yu.E., Kruzhekov N.A. *Istoriya Irkutskogo tresta koopzveropromkhozov: (okhotnich'e-promyslovoe khozyaystvo potrebitel'skoy kooperatsii Irkutskoy oblasti vtoroy poloviny XX veka)* [The history of the Irkutsk trust zveropromyshlennyye cooperative farms: (hunting-trade farm of consumer cooperation of the Irkutsk region of the second half of XX century)]. Irkutsk: ISAU, 2015, 283 p.
- [4] Vashukevich Yu.E., Ganzevich A.A., Illi A.I. *K voprosu o strategii razvitiya okhotnich'ego khozyaystva Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda* [To the question of the development strategy of the hunting economy of Russian Federation for the period until 2030]. *Vestnik IrGSKhA* [Bulletin of Irkutsk state agricultural academy], 2013, no. 57–3, pp. 125–132.
- [5] Vashchuk L.N., Shvidenko A.Z. *Dinamika lesnykh prostranstv Irkutskoy oblasti* [Dynamics of forest spaces of Irkutsk region]. Irkutsk: Irkutsk Regional Printing House No. 1, 2006, 392 p.
- [6] *Ob utverzhdenii gosudarstvennoy programmy Irkutskoy oblasti «Razvitie sel'skogo khozyaystva i regulirovanie rynkov sel'skokhozyaystvennoy produktsii, syr'ya i prodovol'stviya» na 2019–2024 gody* [On approval of the state program of the Irkutsk region «Development of agriculture and regulation of agricultural products, raw materials and food markets» for 2019–2024]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/550247316> (accessed 23.10.2019).
- [7] *O promyshlennykh klasterakh i spetsializirovannykh organizatsiyakh promyshlennykh klasterov (vmeste s «Trebovaniyami k promyshlennym klasteram i spetsializirovannym organizatsiyam promyshlennykh klasterov v tselyakh primeneniya k nim mer stimulirovaniya deyatel'nosti v sfere promyshlennosti», «Pravilami podtverzhdeniya sootvetstviya promyshlennogo klastera i spetsializirovannoy organizatsii promyshlennogo klastera trebovaniyam k promyshlennym klasteram i spetsializirovannym organizatsiyam promyshlennykh klasterov v tselyakh primeneniya k nim mer stimulirovaniya deyatel'nosti v sfere promyshlennosti»)* [About industrial clusters and specialized organizations of industrial clusters (together with «Requirements for industrial clusters and specialized organizations of industrial clusters in order to apply to them measures stimulate working in industry», «The rules for confirming the conformity of the industrial cluster and the specialized organization of the industrial cluster with the requirements for industrial clusters and specialized organizations of industrial clusters in order to apply to them measures stimulate working in industry»)]. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_183798/ (accessed 23.10.2019).
- [8] Barsukova M.N., Buzina T.S., Ivan'ov Ya.M., Fedurina N.I. *Klasterizatsiya proizvoditeley i zagotoviteley prodovol'stvennoy produktsii v Irkutskoy oblasti* [Clustering of producers and harvesters of food products in the Irkutsk region]. *Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Problemy i perspektivy ustoychivogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa» posvyashchennoy pamyati A.A. Ezhevskogo*, 15–16 noyabrya 2018. [Proc. The All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation «Problems and Prospects for the Development of the Agro-Industrial Complex» dedicated to the memory of A.A. Ezhevsky, November 15–16, 2018]. Irkutsk: ISAU, 2018, pp. 92–101.

- [9] Buzina T.S. *Modelirovaniye agropromyshlennykh klasterov s opredeleniyem optimal'nogo vzaimodeystviya yego uchastnikov dlya strategicheskogo planirovaniya proizvodstva produktsii v usloviyakh izmenchivosti tsen i sprosa* [Modeling of agroindustrial clusters with determination of its participants for strategic planning of production in conditions of price and demand variability]. *Vestnik IrGSKhA* [Bulletin of Irkutsk state agricultural academy], 2016, no. 75, pp. 112–118.
- [10] Moroz S.N. *Otsenka potrebnostey i vozmozhnostey kompaniy i obzor naiboleye uspehnogo opyta po mnogotselevomu ispol'zovaniyu lesnykh resursov na regional'nom urovne v Sibiri* [Assessing the needs and capabilities of companies and reviewing the most successful experience in the multi-purpose use of forest of resources at regional level in Siberia]. Eds. N.M. Shmatkova, N.V. Trofimovoy, V.A. Sipkina, WWF Rossii. Moscow, 2016, 59 p.
- [11] Lebedinskaya Yu.S. *Printsipial'naya struktura ekonomicheskogo klastera dlya razvitiya regiona* [The basic structure of economic cluster for development of region]. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [international journal of applied and basic research], 2014, no. 5–2, pp. 139–142. Available at: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=5354/4412> (accessed 23.10.2019).
- [12] Glotko A.V., Sycheva I.N., Dunets A.N., Kolupaev, A.A. Makarov A.N., Anikienko N.N. Development of the regional agriculture through the cluster approach in Russian Federation. *International J. Mechanical Engineering and Technology (IJMET)*, 2018, t. 9, no. 11, pp. 1156–1168.
- [13] Shalaev V.S. *Novaya kniga o mezhdunarodnom soyuze lesnykh issledovatel'skikh organizatsiy* [A new book on the international union of forest research organizations]. *IVUZ Lesnoy zhurnal* [IVUZ Forest Journal], 2019, no. 1 (367), pp. 171–172.
- [14] Ivanyo Ya.M., Petrova S.A. Optimization models for the procurement of food wild-growing products with expert assessments. Collection of theses by materials of VI International Workshop: «Critical Infrastructures in the Digital World» (IWCI-2019), Baykalsk, 17–24 march 2019. Irkutsk: ESI SB RAS, 2019, p. 58.
- [15] Bakaytis V.I., Tsapalova I.E., Kutaf'yeva N.P., Poznyakovskiy V.M. *Ekspertiza gribov. Kachestvo i bezopasnost' (Seriya: Ekspertiza pishchevykh produktov i prodovol'stvennogo syr'ya)* [Examination of mushrooms. quality and safety (Series: Examination of food products and food raw materials)]. Ed. V.M. Poznyakovskiy. Novosibirsk: Sibirskoye universitetskoye izdatel'stvo, 2007, 256 p. Available at: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785379001902.html> (accessed 25.10.2019).
- [16] Tsapalova I.E., Gubina M.D., Golub O.V., Poznyakovskiy V.M. *Ekspertiza dikorastushchikh plodov, yagod i travyanistykh rasteniy. Kachestvo i bezopasnost' (Seriya: Ekspertiza pishchevykh produktov i prodovol'stvennogo syr'ya)* [Examination of wild fruits, berries and herbaceous plants. Quality and safety (Series: Examination of food products and food raw materials)]. Ed. V.M. Poznyakovskiy. Novosibirsk: Sibirskoye universitetskoye izdatel'stvo, 2005, 211 p.
- [17] Muzyka V.A., Muzyka S.M. *Meteorozavisimost' v razvitiy mikoriznykh makromitsetov i prognozirovaniye yezhegodnykh urozhayev s'yedobnykh gribov na primere Severnogo Prisan'ya* [Meteorological dependence in development of mycorrhizal macromycetes and predicting annual yield of edible mushrooms on example of Northern Sayan region]. *Vestnik IrGSKhA* [Bulletin of Irkutsk state agricultural academy], 2015, no. 67, pp. 72–78.
- [18] *Kedrovyy promysel v Pribaykal'ye* [Cedar mining in Baikal region]. Ed. V.M. Shun'kov. Irkutsk: Irkutskiy sel'skokhozyaystvennyy institut, 1969, 119 p.
- [19] Vasil'kov B.P. *Metody ucheta s'yedobnykh gribov v lesakh SSSR* [Methods of accounting for edible mushrooms in the forests of USSR]. Leningrad: Nauka, 1968, 67 p.
- [20] Chuprov A.I. *Effektivnost' truda na sbore dikorastushchikh yagod* [Labor efficiency on picking wild berries]. *Lesnoye khozyaystvo* [Forestry], 1982, no. 9, pp. 20–23.
- [21] Ivan'o Ya.M., Muzyka S.M., Ditsevich B.N., Luzan A.A., Petrova S.A., Stolopova YU.A. *Zonirovaniye potentsial'nykh zapasov dikorastushchikh resursov Irkutskoy oblasti po prioritetam zagotovki* [Zoning of potential reserves of wild resources of Irkutsk region according to harvesting priorities]. Irkutsk: ISAU, 2018, 180 p.
- [22] Barsukova M.N., Ivan'o Ya.M., Petrova S.A. *O zadachakh i riskakh transformatsii tsifrovyykh tekhnologiy v sel'skom khozyaystve irkutskoy oblasti* [On the tasks and risks of the transformation of digital technologies in agriculture in the Irkutsk region]. *Tsifrovye tekhnologii i sistemy v sel'skom khozyaystve* [Materials of international scientific-practical conference], p. Molodezhny, October 08–10, 2019. Irkutsk: ISAU, 2019, pp. 10–22.
- [23] Barsukova M.N., Ivan'o Ya.M. *Prilozheniya parametricheskogo programmirovaniya dlya resheniya zadach optimizatsii polucheniya prodovol'stvennoy produktsii* [Applications of parametric programming to solve the problems of food production optimization]. *Vestnik IrGTU* [Proceedings of Irkutsk state technical university], 2017, no. 4, pp. 57–66.
- [24] Gorelik V.A., Kondrat'yeva V.A. *Parametricheskoye programmirovaniye i nesobstvennyye zadachi lineynoy optimizatsii* [Parametric programming and non own linear optimization problems]. *II Modelirovaniye, optimizatsiya i dekompozitsiya slozhnykh dinamicheskikh protsessov* [II Modeling, optimization and decomposition of complex dynamic processes]. Moscow: VTs RAN, 1999, pp. 57–82.
- [25] Petrov V.N. *Ekonomiko-pravovoye regulirovaniye zagotovki dikorosov v Rossii* [Economic and legal regulation of harvesting of wild plants in Russia]. *LesPromInform*, 2016, no. 4 (118). Available at: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=4412> (accessed 23.10.2019).

Authors' information

Buzina Tat'yana Sergeevna — Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor of the Department of Informatics and Mathematical Modeling, Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky, buzinats@mail.ru

Ivan'o Yaroslav Mikhaylovich — Dr. Sci. (Tech.), Professor, Vice-rector for scientific work, Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky, iasa_econ@rambler.ru

Petrova Sof'ya Andreevna — Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor of the Department of Informatics and Mathematical Modeling, Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky, sofia.registration@mail.ru

Received 29.10.2019.

Accepted for publication 23.03.2020.