
НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Логистический подход к организации этноэкономических промышленных кластеров (на примере Республики Тыва)

© 2022 г. Б.С. Монгуш, А.И. Богданов, С.А. Чупикова

Б.С. Монгуш,

ФГБУН «Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов Сибирского отделения РАН», Кызыл; e-mail: bbb16@mail.ru

А.И. Богданов,

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», Санкт-Петербург; e-mail: abogd1@rambler.ru

С.А. Чупикова,

ФГБУН «Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов Сибирского отделения РАН», Кызыл; e-mail: s_fom@inbox.ru

Поступила в редакцию 15.12.2021

Аннотация. Исторически сложившейся отраслью экономики Республики Тыва (РТ), определенной на основе географического расположения, природно-климатических условий и многовекового опыта коренного населения, является мясо-шерстное скотоводство. Этноэкономический уклад хозяйствования тувинцев и государственная поддержка населения в виде губернаторских проектов Правительства РТ «Дук», «Кеш» и др. создают предпосылки развития в регионе промышленных кластеров этнической направленности. Для повышения конкурентоспособности и развития промышленности в целом целесообразна организация на территории региона центров промышленных кластеров — предприятий глубокой переработки сырья, производимой традиционными этническими хозяйствами. Целью данной работы является решение задачи нахождения оптимальных географических координат точек расположения производственных объектов сбора и переработки сельскохозяйственного сырья относительно поставщиков, в которых транспортные издержки минимизируются. Предложена реализация математической модели оптимальной организации экономического пространства региона на основе развития системы традиционного производства. Для решения задачи использован аппарат кластерного анализа и логистический подход к формированию производственно-распределительной сети с учетом имеющейся транспортной инфраструктуры. Расчеты приводятся на примере организации и развития кластера легкой промышленности Республики Тыва на основе традиционного хозяйствования региона — животноводства, а именно овцеводства.

Ключевые слова: этноэкономика, переработка сельскохозяйственного сырья, развитие промышленности, математическая модель, оптимизация, этнокластер, транспортно-складская задача.

Классификация JEL: C6, R3.

Для цитирования: Монгуш Б.С., Богданов А.И., Чупикова С.А. (2022). Логистический подход к организации этноэкономических промышленных кластеров (на примере Республики Тыва) // *Экономика и математические методы*. Т. 58. № 2. С. 54–63. DOI: 10.31857/S042473880019186-3

ВВЕДЕНИЕ

Повышению качества жизни населения регионов и конкурентного преимущества традиционной хозяйственной системы с сохранением этнокультурной идентичности способствует этноэкономика, которая является перспективным направлением изучения проблем экономического развития национальных республик с учетом географических, исторических и культурных особенностей этнического сообщества.

Под термином «этноэкономика» понимают науку о взаимодействии культур, традиций, этноса, обычаев, идеологии, религиозных взглядов различных наций и народов с их хозяйственной деятельностью (Клочко, Кобозева, 2017, с. 39). В (Ахметов, Бердникова, Салихова, 2012, с. 83) выделено три главных направления развития этноэкономики:

- 1) индустриально-этническое (промышленная переработка сельскохозяйственного сырья);
- 2) традиционно-этническое (развитие народных промыслов и ремесел, сельского хозяйства);
- 3) рыночно-этническое (развитие этнотуризма).

Республика Тыва (РТ) — один из регионов Российской Федерации, в котором сохранились традиции, самобытная культура коренного населения территории. Основой экономики и традиционной ведущей отраслью материального производства тувинцев является сельское хозяйство и животноводство, а именно скотоводство. Несмотря на процессы интеграции и глобализации мировой экономики, уклад жизни тувинцев, сложившийся с древних времен, в значительной мере определяет предпосылки экономического развития территории. Этноэкономический уклад хозяйствования тувинцев и государственная поддержка населения в виде губернаторских проектов Правительства Республики Тыва («Дук»¹, «Кеш»² и др.) создают предпосылки развития в регионе промышленных кластеров этнической направленности.

Животноводство — основная специализация сельскохозяйственной деятельности РТ. Общее поголовье крупного и мелкого рогатого скота на конец 2019 г. составило более 1,3 млн голов (СЕРТ, 2020, с. 251). В то же время 70,9% продукции сельского хозяйства республики производится в личных подсобных и индивидуальных хозяйствах граждан и лишь 12,7% — в сельскохозяйственных организациях (СЕРТ, 2020, с. 244). Таким образом, переработка продуктов животноводства, в том числе производство молочной и мясной продукции, выделка шкур, катание войлока, первичная обработка шерсти и кожи имеют преимущественно кустарные черты и направлены на удовлетворение и обслуживание внутрихозяйственных потребностей населения.

В рамках этноэкономического развития индустриально-этническое производство может стать одним из отправных точек развития региона. Для повышения конкурентоспособности продукции и оптимальной организации производства на региональном уровне целесообразно сформировать в республике промышленные этнокластеры, состоящие из производителей сырья — традиционных этнических хозяйств, центров сбора сырья и предприятий его глубокой переработки. Отраслями промышленной переработки продукции предприятий сельского хозяйства являются пищевая и легкая промышленность. Сохранившиеся опыт и трудовые традиции тувинского народа создают предпосылки для развития консервной промышленности, переработки мяса и молока, обработки шерсти и выделки шкур.

В формировании стоимости конечного продукта немаловажную роль играет географическое расположение промышленных предприятий и складов предприятий относительно своих потребителей и поставщиков, которое в значительной степени влияет на транспортные и общие издержки. К основным факторам, влияющим на выбор места размещения производственных объектов, относятся: близость к трудовым ресурсам; близость к сырьевым ресурсам; близость к потребителям конечной продукции.

Кроме перечисленных факторов, необходимо учитывать наличие и состояние земельных ресурсов, транспортной инфраструктуры, электрических сетей и коммуникаций; фискальную политику государства; социально-экономические показатели рассматриваемой территории и т.д. Принимая во внимание все факторы в совокупности, можно разработать правильное решение — оптимально разместить производственные мощности и склады на рассматриваемой территории. Задаче комплексной оптимизации предшествует определение метода нахождения оптимального расположения объекта, учитывающего такие основные факторы, как расстояния между объектом, поставщиками и потребителями; объемы перевозимых грузов; транспортные тарифы и время доставки грузов от поставщиков на склад и со склада — потребителям.

Методологии моделирования оптимального размещения производства посвящены работы (Хачатуров, 1967; Алейников, 1966; Гранберг, 1970; Алибеков, 1975; и др.). С развитием логистики как науки получили широкое распространение модификации задачи оптимального размещения производства: транспортно-складская, производственно-транспортная, производственно-транспортно-складская задачи, которые относятся к интегрированным моделям логистической системы предприятия и состоят из нескольких подмоделей (Бочкарев, 2009; Модели и методы..., 2012).

В настоящей работе представлена авторская математическая модель оптимальной организации экономического пространства региона, охватывающая производства с традиционным хозяйствованием. Разработанная модель относится к классу интегрированных логистических транспортно-складских задач. Для решения задачи применяется аппарат кластерного анализа. В качестве алгоритма проведения кластерного анализа выбран алгоритм с оптимизацией критерия. Расчеты приводятся на примере организации и развития кластера легкой промышленности Республики Тыва на основе традиционного хозяйствования региона — животноводства.

¹ «Обработка овечьей и козьей шерсти» (пер. с тувинского).

² «Выделка шкур» (пер. с тувинского).

МЕТОДЫ

В управлении бизнес-процессами большое значение имеют интегрированные математические модели (транспортно-складская модель и производственно-транспортно-складская модель), которые позволяют реализовать принцип глобальной оптимизации. Анализ опубликованных исследований показывает, что для интегрированных моделей, как правило, дается математическая постановка в виде задачи смешанного целочисленного линейного программирования (с целочисленными и булевыми переменными), что может усложнить поиск решения из-за вычислительных проблем. Это и обуславливает актуальность разработки новых альтернативных интегрированных математических моделей оптимизации бизнес-процессов на основе развития классических постановок задач размещения в непрерывном пространстве.

Вопросам построения интегрированных моделей логистических систем посвящены работы исследователей А.А. Бочкарева, В.С. Лукинского (Модели и методы..., 2012), В.И. Сергеева (Сергеев, 2019; Логистика..., 2014), В.В. Дыбской (Дыбская и др., 2014), Дж. Шапиро (Shapiro, 2006) и др. Модели транспортно-складских задач, которые относятся к этому классу моделей, состоят из двух частей — транспортной задачи и задачи определения географических координат расположения складов (или производственных мощностей), в которых оптимизируются транспортные издержки.

Задача определения координат расположения складов (производственных мощностей) на территории рассматриваемой местности (региона, макрорегиона, страны и т.д.) является одной из фундаментальных задач логистики как науки. Исходными данными поставленной задачи служат координаты поставщиков (x_i, y_i) , объемы поставляемой (Q_i) и потребляемой (P_j) продукции, а также информация о транспортной инфраструктуре рассматриваемой местности. Решение задачи в непрерывной постановке заключается в определении точной географической локализации склада с координатами (x, y) , в которых оптимизируются логистические расходы, представляющие собой сумму произведений расстояния от поставщиков до склада на удельный вес (объем) транспортируемого груза (Монгуш, 2019).

Для регионального размещения производственных объектов и оптимальной организации экономических промышленных этнокластеров авторы предлагают воспользоваться разработанной ими постановкой и подходом к решению транспортно-складской задачи (Богданов, Монгуш, 2018) и производственно-транспортно-складской задачи (Богданов, Монгуш, 2019).

С математической точки зрения транспортно-складская задача практически идентична производственно-транспортной задаче, и обе они являются частным случаем задачи размещения.

При нахождении координат расположения нескольких производственных объектов или складов представляется естественным определить скопления поставщиков сырья и потребителей продукции предприятия (кластеры) и назначить центры обслуживания этих кластеров, что будет способствовать уменьшению стоимости перевозок и, соответственно, увеличению прибыли предприятия. В качестве поставщиков сырья рассматриваются сельскохозяйственные организации, индивидуальные предприниматели и крестьянские хозяйства, объединенные по признаку принадлежности к конкретному муниципальному образованию (району).

Рассмотрим математическую постановку задачи. Введем обозначения: V_i — объем вывозимого сырья от поставщика i ($i = 1, \dots, n$); G_k — множество поставщиков для производства k ($k = 1, \dots, m$); q_k — объем производства продукции на производстве k ; p — цена выпускаемой продукции; AVC — средние переменные издержки на производство единицы выпускаемой продукции; FC_k — постоянные издержки производства k .

Тогда прибыль от реализации продукции (без учета затрат на транспортировку) для производства k составит

$$\Pi_k = (p - AVC)q_k - FC_k, \quad (1)$$

где

$$q_k = \alpha \sum_{i \in G_k} V_i, \quad (2)$$

α — коэффициент, учитывающий нормы расхода сырья на единицу конечного продукта.

Затраты на транспортировку сырья для производства k составят

$$Z_k = C \sum_{i \in G_k} \rho_{ik} V_i, \quad (3)$$

где ρ_{ik} — расстояние от поставщика i до производства k ; C — стоимость перевозки единицы веса на единицу расстояния.

Сформулируем критерий оптимизации:

$$\Pi = \sum_{k=1}^m (\Pi_k - Z_k) \rightarrow \max \quad (4)$$

и преобразуем его к виду

$$\Pi = \sum_{k=1}^m \Pi_k - \sum_{k=1}^m Z_k. \quad (5)$$

Далее

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^m \Pi_k &= \sum_{k=1}^m (P - AVC)q_k - \sum_{k=1}^m FC_k = (P - AVC) \sum_{k=1}^m q_k - \sum_{k=1}^m FC_k = \\ &= (p - AVC)\alpha \sum_{k=1}^m \sum_{i \in G_k} V_i - \sum_{k=1}^m FC_k = A - mFC, \end{aligned}$$

где $A = (p - AVC)\alpha \sum_{k=1}^m \sum_{i \in G_k} V_i = \text{const}$, а постоянные затраты всех производств будем считать одинаковыми. Таким образом, критерий оптимизации примет вид

$$\Pi = A - mFC - \sum_{k=1}^m Z_k \rightarrow \max, \quad (6)$$

или

$$Q = \sum_{k=1}^m Z_k + mFC \rightarrow \min. \quad (7)$$

В задаче ищется оптимальное разделение поставщиков на группы обслуживания производств G_k ($k = 1, \dots, m$) и координаты места расположения предприятий.

В задаче кластеризации объектов (производителей или потребителей продукции предприятия), как правило, мерой расстояния между объектами является физическое расстояние между ними, определяемое по формуле Евклидова расстояния $\rho_{ik} = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}$, где x_i, y_i — координаты поставщика i ; x, y — координаты размещения производства. Примем допущение, что соотношение расстояния поездки по дорогам и по прямой — одинаково для всех пар пунктов.

При каждом задаваемом числе производственных объектов m задача сводится к оптимизации разделения всех поставщиков сырья на группы обслуживания объектов G_k ($k = 1, \dots, m$) и отысканию точек их месторасположения.

При некотором текущем разбиении поставщиков на группы обслуживания производственных объектов задача нахождения их оптимального расположения может решаться независимо для всех зон обслуживания, исходя из минимизации суммарных затрат (7).

Рассмотрим задачу минимизации затрат при доставке сырья в производственные объекты (координаты (x, y)) из ряда пунктов с координатами (x_i, y_i) ($i \in G_k$). Задача сводится к минимизации функции $Z_k = C \sum_{i \in G_k} V_i \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}$ по переменным x и y . А это достигается решением системы уравнений

$$\begin{cases} \frac{dZ_k}{dx} = \sum_{i \in G_k} \left\{ V_i (x - x_i) / \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \right\} = 0; \\ \frac{dZ_k}{dy} = \sum_{i \in G_k} \left\{ V_i (y - y_i) / \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \right\} = 0. \end{cases}$$

Для численного решения систем нелинейных уравнений обычно применяются итерационные методы: метод простой итерации, метод Зейделя, метод Ньютона. Для решения данной системы двух нелинейных уравнений используем метод Ньютона. Этот алгоритм для системы двух уравнений с двумя неизвестными применительно к задаче нахождения оптимального места расположения склада приведен в (Баисов, Никитина, Богданов, 2017).

При нахождении координат расположения нескольких производственных объектов под разделением потребителей на зоны обслуживания заданного m числа объектов понимают отыскание такого набора подмножеств $G_1, \dots, G_m$ натурального ряда чисел $1, \dots, n$, что $\bigcup_{j=1}^m G_j = \{1, \dots, n\}$, а $G_j \cap G_q = \emptyset$ при $j \neq q$. Минимизация критерия качества кластеризации (как по разделению поставщиков сырья на группы обслуживания производственного объекта, так и по выбору места расположения производственных объектов) отвечает требованиям такого разбиения поставщиков, когда в одной

группе оказываются наиболее близкие между собой поставщики сырья. В качестве координат производственных объектов выбираются такие, которые минимизируют суммарные затраты на перевозки в зоне их обслуживания.

Считая известными координаты производственных объектов, нетрудно провести разделение $G_1, \dots, G_m$, минимизирующее критерий качества кластеризации, при фиксированных координатах объектов, а именно $G_i = \{j : \rho_{ij} \leq \rho_{iq} \quad \forall q = 1, \dots, m\}$ (Проценко, Проценко, 2012).

Для одновременного нахождения оптимального разделения $G_1, \dots, G_m$ и оптимального набора координат производственных объектов предлагается итерационный алгоритм, последовательно осуществляющий выбор оптимальных (по отношению к разделению, полученному на предыдущем шаге) координат объектов, а затем оптимального разбиения для полученных на предыдущем шаге координат объектов.

Предложенный алгоритм по существу является некоторой модификацией алгоритмов кластерного анализа с оптимизацией критерия, в качестве которого вместо обычной суммы внутриклассовых дисперсий или суммы попарных внутриклассовых расстояний используется показатель минимизации затрат.

Как и все алгоритмы кластерного анализа с оптимизацией критерия, используемый алгоритм не гарантирует сходимости именно к глобальному экстремуму. Чтобы снизить вероятность сходимости к локальному минимуму, можно действовать двумя способами: 1) многократно генерировать случайным образом начальное разделение объектов на кластеры; 2) в качестве начального разделения принять результат, полученный классическим алгоритмом кластерного анализа агломеративного типа, который скорее всего будет близок к оптимальному.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Этноэкономические кластеры легкой промышленности Республики Тыва

Деловая активность Республики Тыва, как правило, сконцентрирована преимущественно в столице региона — г. Кызыл, где расположено около 54% предприятий республики. Здесь же осуществляется прием сельскохозяйственного сырья для дальнейшей переработки на предприятиях республики и других регионов. Для фермеров отдаленных районов (например, Овюрского, Сут-Хольского, Бай-Тайгинского, Монгун-Тайгинского и др.) перевозка в г. Кызыл сопряжена с дополнительными высокими расходами на транспортировку. Эти расходы не всегда оправданы. Поэтому владельцам небольших хозяйств невыгодно возить в столицу свою продукцию. Зачастую они избавляются от шкур и шерсти, если сами их не перерабатывают. Поэтому организация пунктов сбора сельскохозяйственного сырья в районных центрах может снизить стоимость сырья для производства конечного продукта.

Формирование и развитие этнокластеров легкой промышленности в Республике Тыва связаны с переработкой продукции ведущей отрасли экономики республики — сельского хозяйства (производства шерсти и шкур). Так как в республике не развита дорожная инфраструктура и транспортные услуги, мы предлагаем организовать *пункты первичного сбора и переработки шерсти и шкуры* в административных центрах каждого муниципального образования Тывы (районных центрах). Эти центры связаны развитой дорожной сетью регионального и федерального значения с более крупными административными центрами и городами. Для кластеризации муниципальных образований РТ и формирования этноэкономических транспортно-логистических кластеров в таблице приведены географические координаты районных центров Тывы, которые могут служить центрами сбора сельскохозяйственного сырья у организаций, крестьянских хозяйств, населения, а также производства шерсти в этих районах.

Для решения оптимизационной задачи с помощью компьютерной программы EXCEL и языка программирования VBA проведены расчеты по кластеризации муниципальных районов РТ.

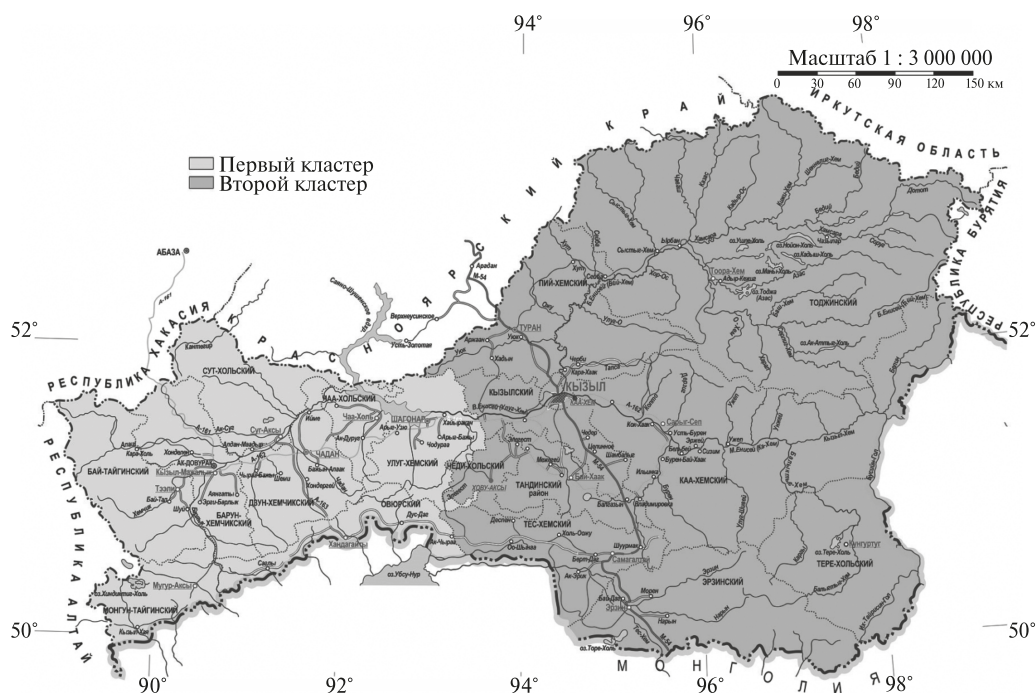
Если планируется создать только один пункт приема и переработки, то его целесообразно разместить в точке с координатами (92,65; 51,05). При этом суммарный пробег машин составит 2281,91 т×км, а затраты на транспортировку (при характерном для РТ тарифе $C = 25$ руб./т×км) — 57,05 тыс. руб. Общие затраты с учетом $FC = 18$ тыс. руб. составят 75,05 тыс. руб.

Для двух пунктов приема и переработки необходимо разделить все районные центры на две группы обслуживания (два кластера). Первоначальное разделение было получено с помощью классического алгоритма кластерного анализа агломеративного типа (имеющаяся в свободном доступе в Интернете программа реализует принцип «дальнего соседа»). В первый кластер попали девять объектов с номерами 1, 2, 3, 6, 7, 9, 14, 15, 19, во второй — десять объектов с номерами 4, 5, 8, 10, 11, 12, 13, 16, 17, 18 (рис. 1).

Таблица. Географические координаты районных центров Республики Тыва* и производство шерсти (Социально-экономические показатели..., 2021)

№ п/п	Муниципальный район (кожуун)	Районный центр	Координаты районных центров		Производ- ство шерсти в год, т
			X	Y	
Муниципальные районы					
1	Бай-Тайгинский	с. Тээли	90,2090	51,0149	152
2	Барун-Хемчикский	с. Кызыл-Мажалык	90,5704	51,1431	80
3	Дзун-Хемчикский	г. Чадан	91,5659	51,2845	117
4	Каа-Хемский	с. Сарыг — Сеп	95,5564	51,4943	21
5	Кызылский	п. Каа-Хем	94,5742	51,6995	127
6	Монгун-Тайгинский	с. Мугур — Аксы	90,4445	50,3786	76
7	Овюрский	с. Хандагайты	92,0685	50,7310	131
8	Пий-Хемский	г. Туран	93,9161	52,1473	34
9	Сут-Холский	с. Суг — Аксы	91,2891	51,4111	108
10	Тандинский	с. Бай-Хаак	94,4630	51,1661	35
11	Тере-Холский	с. Кунгуртут	97,5214	50,5953	3
12	Тес-Хемский	с. Самагалтай	95,0081	50,6123	75
13	Тоджинский	с. Тоора — Хем	96,1273	52,4668	1
14	Улуг-Хемский	г. Шагонар	92,9111	51,5104	63
15	Чаа-Холский	с. Чаа — Хол	92,3636	51,5242	32
16	Чеди-Холский	с. Хову — Аксы	93,6763	51,1275	40
17	Эрзинский	с. Эрзин	95,1625	50,2589	168
Городские округа					
18	г. Кызыл		94,4454	51,7239	2
19	г. Ак-Довурак		90,5926	51,1741	11
ИТОГО					1276

* Переведены из системы градусы/секунды/минуты.

**Рис. 1.** Первоначальное разбиение на кластеры

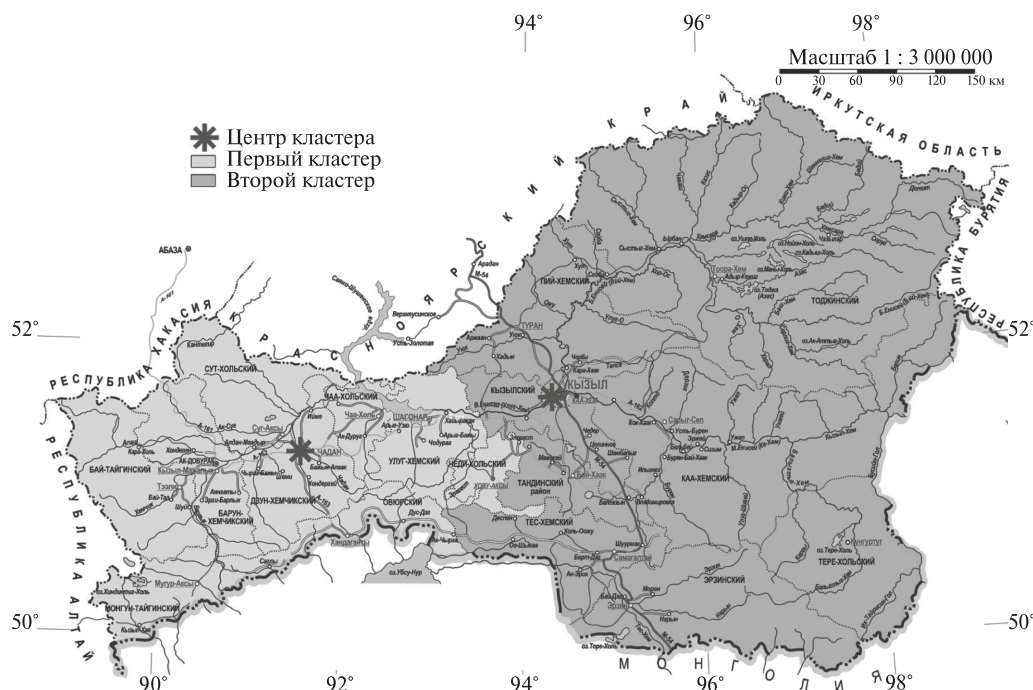


Рис. 2. Этноэкономические кластеры Республики Тыва

После первого шага итерационного алгоритма получаем оптимальное решение, в котором объект № 15 перенесен из первого кластера во второй. Оптимальные координаты расположения для первого предприятия (91,34; 51,10), для второго — (94,18; 50,98). При этом суммарный пробег машин составил 1464,74 т × км, а затраты на транспортировку — 36,62 тыс. руб. Общие затраты с учетом постоянных издержек двух предприятий $2FC = 36$ тыс. руб. составят 72,62 тыс. руб.

При разделении на три кластера — с оптимальными координатами (91,05; 51,01), (92,42; 51,42), (94,98; 50,72) — суммарный пробег машин еще больше снизился и составляет 917,76 т × км, а затраты на транспортировку — 22,94 тыс. руб. Однако общие затраты с учетом постоянных издержек трех предприятий $3FC$ возрастают и составят 76,94 тыс. руб.

Таким образом, оптимальным оказался вариант с двумя производствами (кластерами).

В результате анализа получено следующее деление районов (кожуунов) республики на два кластера поставщиков сырья для производства готовой продукции и рассчитаны координаты центров кластеров — географические координаты оптимального расположения производственных объектов (фабрики, комбината, цеха) глубокой переработки сырья сельхозпроизводителей (рис. 2):

— **I кластер** состоит из семи кожуунов (Бай-Тайгинский, Барун-Хемчикский, Дзун-Хемчикский, Монгун-Тайгинский, Овюрский, Сут-Холский и г. Ак-Довурак) с центром в точке с координатами (91,34; 51,10), округленными до координат г. Чадаан. В данный кластер вошли западные районы республики с наиболее развитым сельским хозяйством. Объем производства предприятий сельского хозяйства полученного макрорайона, а именно животноводства, составил в 2019 г. 51,2% общего объема региона (Социально-экономические показатели..., 2020, с. 88);

— **II кластер** состоит из десяти кожуунов (Каа-Хемский, Кызылский, Пий-Хемский, Тандинский, Тере-Холский, Тес-Хемский, Тоджинский, Чаа-Холский, Чеди-Холский, Эрзинский и г. Кызыл). Центр кластера приходится на точку с координатами (94,18; 50,98). Так как производство трудно организовать где-то в лесу, вдали от электрических, транспортных и прочих коммуникаций, мы окружили координаты до точки расположения ближайшего населенного пункта — г. Кызыл. Суммарное поголовье овец и коз в полученном кластере составляет 432 873 головы, что составляет 36% их общего числа (Социально-экономические показатели..., 2020, с. 82). Данный макрорайон объединил наиболее развитые промышленные районы республики.

Решение задачи кластеризации разделило районы Республики Тыва на этнокластеры, образованные по критерию близости к полученным центрам кластеров. Важно, что у всех районных центров имеется транспортное сообщение с полученными в результате расчетов точками центров кластеров.

При организации производства в трех и более точках в результате расчетов получено разделение предприятий на зоны обслуживания, которое несколько снижает транспортные затраты, но увеличивает при этом затраты на эксплуатацию производственных помещений и общие затраты. Таким образом, в результате расчетов рассмотренный вариант с двумя кластерами является оптимальным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Самобытная культура тувинцев, сохранившаяся до сегодняшнего дня, может стать одним из потенциальных точек роста экономики Республики Тыва. Однако формирование случайных очагов обрабатывающего производства, основанных на традиционных технологиях, в современных реалиях может в основном удовлетворить внутренние потребности хозяйств, подвержено высокому риску, и не всегда полученная продукция является конкурентоспособной. Учитывая традиционные виды хозяйствования коренного населения, географические особенности территории, целесообразно применение кластерного подхода и оптимизационных моделей к организации промышленного производства с применением современных технологий переработки продукции сельхозпроизводителей. Данный подход стимулирует дальнейшее развитие сельского хозяйства республики, развитие этнокластеров перерабатывающих производств, производства конкурентоспособной продукции с высокой добавленной стоимостью, а также сохранение уникальной культуры и традиций тувинского народа.

С помощью предложенной математической модели получено подтверждение целесообразности решения Правительства Республики Тыва организовать промышленные объекты в городах Кызыл и Чадаан и образовать кластеры с центрами в соответствующих городах, которые являются точками пересечения автомобильных дорог нескольких районов. Это свидетельствует о полезности разработанной модели и выбранного авторами алгоритма решения производственно-транспортной задачи.

В качестве дальнейшего развития работы предполагается разработать полностью дискретную модель с булевыми переменными и матрицей реальных расстояний между пунктами по существующей системе дорог и сравнить результаты, полученные разными моделями на задачах не очень высокой размерности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Алейников Б.И. (1966). Задача оптимального размещения производства продукции одного типа // *Экономика и математические методы*. Вып. 2. Т. 2. С. 272–282. [Alejnikov B.I. (1966). The problem of optimal allocation of production of one type of product. *Economics and Mathematical Methods*, 2, 2, 272–282 (in Russian).]
- Алибеков Б.И. (1975). О задаче на размещение с ограниченными мощностями // *Экономика и математические методы*. Т. 11. Вып. 3. С. 534–541. [Alibekov B.I. (1975). About the placement problem with limited capacity. *Economics and Mathematical Methods*, 11, 3, 534–541 (in Russian).]
- Ахметов В.Я., Бердникова Г.И., Салихова З.М. (2012). Этноэкономика и ее роль в устойчивом развитии сельских территорий России // *Экономика сельского хозяйства России*. № 2. С. 78–86. [Ahmetov V.YA., Berdnikova G.I., Salihova Z.M. (2012). Ethnoeconomics and its role in the sustainable development of rural areas of Russia. *Economics of Agriculture of Russia*, 2, 78–86 (in Russian).]
- Баисов И.М., Никитина Л.Н., Богданов А.И. (2017). Оптимизация места размещения склада торгового предприятия // *Вестник СПбГУТД. Серия 1. Естественные и технические науки*. № 2. С. 91–93. [Baisov I.M., Nikitina L.N., Bogdanov A.I. (2017). Optimizing the location of the trading company's warehouse. *Vestnik of St. Petersburg State University of Technology and Design. Series 1. Natural and Technical Science*, 2, 91–93 (in Russian).]
- Богданов А.И., Монгуш Б.С. (2018). Оптимизация места расположения складов с помощью кластерного анализа // *Вестник СПбГУТД. Серия 1. Естественные и технические науки*. № 4. С. 19–23. [Bogdanov A.I., Mongush B.S. (2018). Optimizing warehouse locations with cluster analysis. *Vestnik of St. Petersburg State University of Technology and Design. Series 1. Natural and Technical Science*, 4, 19–23 (in Russian).]
- Богданов А.И., Монгуш Б.С. (2019). Математические модели оптимизации производственно-транспортно-складских процессов // *Вестник СПбГУТД. Серия 1. Естественные и технические науки*. № 1. С. 16–20.

- [Bogdanov A.I., Mongush B.S. (2019). Mathematical models for optimizing production and transport-warehouse processes. *Vestnik of St. Petersburg State University of Technology and Design. Series 1. Natural and Technical Science*, 1, 16–20 (in Russian).]
- Бочкарев А.А.** (2009). Теория и методология процессного подхода к моделированию и интегрированному планированию цепи поставок: автореф. ... дис.д.э.н. СПб. 39 с. [Bochkarev A.A. (2009). Theory and methodology of the process approach to modeling and integrated supply chain planning. (Doct. Sc. dissert.). Saint Petersburg. 39 p. (in Russian).]
- Гранберг А.Г.** (1970). Многоотраслевая модель оптимального развития и размещения производства в планово-экономических расчетах // *Экономика и математические методы*. Т. 6. Вып. 3. С. 393–406. [Granberg A.G. (1970). Multisectoral model of optimal development and allocation of production in planning and economic calculations. *Economics and Mathematical Methods*, 6, 3, 393–406 (in Russian).]
- Дыбская В.В., Зайцев Е.И., Сергеев В.И., Стерлигова А.Н.** (2014). Логистика. Интеграция и оптимизация логистических бизнес-процессов в цепях поставок. Учебник МВА. В.И. Сергеев (ред.). М.: Эксмо. [Dybskaja V.V., Zaitsev E.I., Sergeev V.I., Sterligova A.N. (2014). Logistics. Integration and optimization of logistics business processes in supply chains. V.I. Sergeev (Ed.). Moscow: Eksmo (in Russian).]
- Ключко Е.Н., Кобозева Е.М.** (2017). Этноэкономика региона: потенциал, функции, барьеры развития // *Бизнес. Образование. Право*. № 4. С. 38–42. [Klochko E.N., Kobozeva E.M. (2017). Ethnoeconomics of the region: potential, functions, barriers to development. *Business. Education. Law*, 4, 38–42 (in Russian).]
- Модели и методы теории логистики (2012). Лукинский В.С. (ред.). Санкт-Петербург: Питер. [Models and methods of logistics theory (2012). V.S. Lukinskii (Ed.). Saint Petersburg: Piter (in Russian).]
- Монгуш Б.С.** (2019). Проблемы решения интегрированных транспортно-складских задач. В сб.: Региональная экономика: технологии, экономика, экология и инфраструктура: материалы III Международной научно-практической конференции (23–25 октября 2019 г.). Кызыл: ТувИКОПР СО РАН. С. 369–372. [Mongush B.S. (2019). Problems of solving integrated transport and warehousing tasks. In: *Regional Economy: Technology, Economics, Ecology and Infrastructure: Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference (23–25 oct. 2019)*. Kyzyl: Tuvinian Institute for Exploration of Natural Resources of Siberian Branch of the Russian Academy of Science, 369–372 (in Russian).]
- Проценко О.Д., Проценко И.О.** (2012). Логистика и управление цепями поставок — взгляд в будущее: макроэкономический аспект. М.: Дело. [Procenko O.D., Procenko I.O. (2012). *Logistics and Supply Chain Management — a look into the future: a macroeconomic perspective*. Moscow: Delo (in Russian).]
- Сергеев В.И.** (2019). Логистика и управление цепями поставок: профессия XXI века. Аналитический обзор. Москва: Издательский дом Высшей школы экономики. [Sergeev V.I. (2019). *Logistics and supply chain management: XXI century profession. Analytical review*. Moscow: NRU HSE (in Russian).]
- СЕРТ (2020). Статистический ежегодник Республики Тыва. 2020 г. Статистический сборник. Кызыл: Красноярскстат. [Statistical Yearbook of the Tyva Republic. 2020 (2020). Statistical collection. Kyzyl: Krasnoyarskstat. (in Russian).]
- Социально-экономические показатели городских округов и муниципальных образований Республики Тыва. 2020 г. (2020). Статистический сборник. Кызыл: Красноярскстат. [Socio-economic indicators of urban districts and municipalities of the Tyva Republic. 2020 (2020). Statistical collection. Kyzyl: Krasnoyarskstat. (in Russian).]
- Социально-экономические показатели городских округов и муниципальных образований Республики Тыва. 2021 г. (2021). Статистический сборник. Кызыл: Красноярскстат. [Socio-economic indicators of urban districts and municipalities of the Tyva Republic. 2021 (2021). Statistical collection. Kyzyl: Krasnoyarskstat. (in Russian).]
- Хачатуров В.Р.** (1967). Алгоритмы и программы решения задач размещения предприятий с неограниченными объемами производства // *Экономика и математические методы*. Т. 3. Вып. 2. С. 240–251. [Khachaturov V.R. (1967). Algorithms and programs for solving problems of enterprise location with unlimited production volumes. *Economics and Mathematical Methods*, 3, 2, 240–251 (in Russian).]
- Shapiro J.F.** (2006). *Modeling the supply chain*. Boston: Cengage Learning.

Logistics approach to organizing ethno-economic industrial clusters (case of the Tuva Republic)

© 2022 B.S. Mongush, A.I. Bogdanov, S.A. Chupikova

B.S. Mongush,

*Tuvian Institute for Exploration of Natural Resources, the Siberian Branch of RAS, Kyzyl, Russia;
e-mail: bbb16@mail.ru*

A.I. Bogdanov,

*St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, St. Petersburg, Russia; e-mail:
abogd1@rambler.ru*

S.A. Chupikova,

*Tuvian Institute for Exploration of Natural Resources, the Siberian Branch of RAS, Kyzyl, Russia;
e-mail: s_fom@inbox.ru*

Received 15.12.2021

Abstract. One of the main branches of economy in the Tuva Republic is cattle breeding which has developed historically on the basis of Tuva's geographical position, climate and environmental conditions and centuries-old experience of Tuvian population. Ethno-economic custom of Tuvian people together with the governmental support lay the ground for the development of such regional industrial clusters as the "DUK" project (processing of sheep wool and goat hair) and the "KESH" project (currying of animal skins). In order to increase marketability and promote industrial development on the whole, it seems reasonable to organize groups of manufacturing clusters in the region, which would unite factories dealing with processing of raw materials supplied by the traditional ethnic households. The aim of this work is to define optimal geographical coordinates for manufacturing facilities taking into account the location of raw material suppliers, to the effect of minimizing transportation costs. The authors suggest a mathematic model of optimal economic space layout on the basis of the development of traditional industrial system. Cluster analysis apparatus was used as well as logistic approach to formation of production and distribution network taking into account the existing transport infrastructure. Calculations were made using the example of organization and development of Tuvian light industry cluster based on traditional branch of economy for this region, sheep breeding.

Keywords: ethno-economics; agro-processing; industrial development; mathematical model; optimization; ethno-cluster; the shortest path problem; Tuva Republic.

JEL Classification: C6, R3.

For reference: **Mongush B.S., Bogdanov A.I., Chupikova S.A.** (2022). Logistics approach to organizing ethno-economic industrial clusters (case of the Tuva Republic). *Economics and Mathematical Methods*, 58, 2, 54–63. DOI: 10.31857/S042473880019186-3