

УДК 656.072:004.65

А.С. Аксененко, М.Е. Корягин, А.А. Прудников

Сибирский государственный университет путей сообщения, Новосибирск,
email: pruu-aa@mail.ru, markkoryagin@yandex.ru

БАЗА ДАННЫХ ДЛЯ АНАЛИЗА ПОДВИЖНОСТИ ЖИТЕЛЕЙ СЕЛЬСКОГО РАЙОНА ПО ДАННЫМ АНКЕТИРОВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ

Ключевые слова: сельскохозяйственный район, транспортный спрос, социологическое исследование, матрица корреспонденций, гравитационная модель.

Рассмотрен вопрос формирования спроса на пассажирские перевозки в сельскохозяйственном районе. Для решения вопроса была построена схема исследования на основе анкетирования населения. Предложены методы построения матрицы корреспонденций перемещений между населенными пунктами. Рассмотрен удаленный от областного центра Кочковский район Новосибирской области. Проведено анкетирование населения всех сельских советов района при 40% опрошенных семей. Построена и заполнена база данных MS Access. Выявлена экспоненциальная зависимость подвижности от расстояния между населенными пунктами. Проанализировано взаимное влияние подвижности пунктов отправления, пунктов назначения, целей поездок и способов передвижения. Восстановлена матрица корреспонденций на основе результатов анкетирования. Построена гравитационная модель, показывающая удовлетворительную точность, что позволяет сократить объемы анкетирования населения в будущем.

A.S. Aksenenko, M.E. Koryagin, A.A. Prudnikov

Siberian Transport University, Novosibirsk, email: pruu-aa@mail.ru, markkoryagin@yandex.ru

DATA BASE FOR ANALYS OF THE POPULATION MOBILITY ON A RURAL AREA BASED ON OPINION POLL DATA

Keywords: rural district, transport demand, sociological research, correspondence matrix, gravity model.

The issue of travel demand generation in the agricultural district is considered. To resolve the issue, a research scheme was constructed based on a population survey. Methods for constructing a matrix of correspondences of movements between rural settlements are proposed. The Kochkovsky district of the Novosibirsk region, remotest from the regional center, is considered. A survey of the population of all rural settlements in the district was conducted with 40% of the families surveyed. MS Access database was constructed and filled in. An exponential dependence of mobility on the distance between settlements was revealed. The joint influence of departure points, destinations, travel purposes and travel modes was analyzed. The correspondence matrix was restored based on the results of the survey. A gravity model has been constructed that shows satisfactory accuracy, which makes it possible to reduce the volume of population surveys in the future.

Развитие человечества связано с урбанизацией. В советское время благодаря коллективизации повысилась производительность труда и высвободилась большое количество трудовых ресурсов для развития страны. Село казалось неисчерпаемым трудовым ресурсом. Однако в настоящее время он практически исчерпан [12].

Для развития России в настоящее время важным является демографическая ситуация. Здесь стоит обратить внимание на снижение рождаемости в городской среде. Чем больше сельского населения, тем выше рождаемость, то есть

сейчас необходимо развернуть миграционные потоки в сельскую местность.

Программы развития сельских территорий не привели к значимым результатам [4, 5]. Жизнь на селе не стала более привлекательной для молодежи, чем городская. Здесь меньше рабочих мест из-за оптимизации государственных структур (например, сокращение в школах и медицинских учреждениях), после чего снижается спрос, и малый бизнес погибает [17], возникает явление депрессивности сельскохозяйственных территорий [16]. Исключением являются пригородные населенные пункты,

но они являются промежуточным звеном между селом и городом.

С другой стороны, ситуация в районных центрах не такая плохая, фактически центры выкачивают часть трудовых ресурсов из ближайших сел [18], то есть чем ближе село к райцентру или крупному городу, тем ситуация лучше.

Цель исследования

Цель исследования проанализировать подвижность населения Кочковского района Новосибирской области. Данные для расчета использовались из открытых источников, но главной основой являлись данные опросов населения района.

Математическое моделирование распределения транспортных потоков состоит в построении матрицы пассажирских корреспонденций.

Материал и методы исследования

Существует множество способов исследования мобильности населения. Классический подход в моделировании спроса на перемещения – это четырехшаговая модель, состоящая из шагов: генерация поездок, распределение поездок, выбор способа передвижения и выбор маршрута передвижения [19]. В данной работе рассматривается второй шаг – это распределение поездок между пунктами отправления и пунктами назначения, другими словами построение матрицы пассажирских корреспонденций.

Наиболее известными являются гравитационная и энтропийная [9, 11, 19] математические модели построения матрицы корреспонденций. Основным отличием является то, что энтропийная модель является более гибкой и позволяет учитывать дополнительные ограничения, но без этих ограничений модели совпадают. Исходными данными для гравитационной модели являются спрос на передвижения (например, трудовые), предложения для передвижения (например, наличие рабочих мест) и сопротивления транспортной системы (например, время передвижения). Таким образом, интенсивность передвижения между пунктами:

$$\lambda_{i,j} = A_i B_j O_i D_j f(c_{i,j}), \quad (1)$$

где $c_{i,j}$ – обобщенная цена передвижения (сопротивление транспортной системы), f – убывающая выпуклая функции, O_i – спрос пассажиров в пункте i , D_j – предложение в пункте j , A_i , B_j – неотрицательные константы, которые определяются численно [19].

Для модели должны быть выполнены ограничения.

$$O_i = \sum_j \lambda_{i,j}. \quad (2)$$

$$D_j = \sum_i \lambda_{i,j}. \quad (3)$$

Обычно главным элементом транспортного сопротивления является время передвижения и один из вариантов функции сопротивления [19]:

$$f(t_{i,j}) = \exp(-0,065 \cdot t_{i,j}), \quad (4)$$

где $t_{i,j}$ – время передвижения между пунктами i и j .

Получить информацию о транспортном спросе и транспортном предложении бывает проблематично. Современным выходом является получение информации от перевозчиков о количестве проданных билетов, а также информация о передвижении абонентов сетей сотовой связи, главной проблемой которых является точность и частота определения координат абонента. Такая информация исключительно полезна и при соответствующей обработке может позволить получить данные высокой точности, однако для этого требуется доступ к подобной информации [9]. Поэтому для оценки потребности в передвижениях наиболее часто проводят анкетирование населения. Классическим является ручное проведение анкетирования населения. Также используется телефонный опрос и анкетирование через интернет.

Анкетирование через интернет является наиболее простым способом, поскольку результаты исследования автоматически заполняют базу данных. Таким методом нельзя проводить серьезные опросы, так как респонденты невнимательны и быстро устают, поэтому большое количество вопросов задавать нельзя. Телефонный опрос также неэффективен из-за того, что респондент не имеет визуальной

информации, поэтому на каждый ответ уходит больше времени, что также приводит к снижению внимательности. Ручной опрос населения более точен, при желании можно получить пояснение в непонятных вопросах, а остальные ответы респонденты отвечают быстро.

Сравним анкеты и результаты анкетирования, опубликованные в различных источниках. В [3] проводилось ручное анкетирование пассажиров поездов: 37 вопросов из 5 частей респондентов. Здесь важно то, что у пассажиров есть свободное время и точность результатов анкетирования высокая. В статьях [6, 20] проведен ручной опрос 3 тысяч кемеровчан, анкета состояла из 2 частей и отражала информацию о семье и всех внутригородских передвижениях за предшествующую неделю.

В [14] проводили телефонный опрос 1562 жителей Новосибирской области, анкета состояла из 7 блоков, где основной была часть о поездках за неделю.

С помощью GoogleForms [10] анкетировалось 35 жителей Нижнего Новгорода по вопросу удовлетворенности работой общественного транспорта. В [1] разработали анкету GoogleForms для пассажиров общественного транспорта состоящую из 8 блоков и провели опрос 2228 респондентов [13]. В [8] представлена система онлайн анкетирования авиапассажиров, которая состоит из 5 модулей.

Для обработки информации удобнее всего использовать базы данных. Для моделирования выбора способа передвижения в городах создавалась база данных [20], в междугородном сообщении [7]. База данных NoSQL [8] применялась для хранения и обработки анкет авиапассажиров.

В настоящей работе применяется ручной способ анкетирования населения района с последующим занесением информации в Базу данных MSAccess.

Результаты и обсуждение

Кочковский район расположен на юге Новосибирской области на расстоянии около 200 км от областного центра. Это небольшой сельский район с территорией около 2,5 тыс. км² и на-

селением около 12 тыс. человек. Основной дорогой, вдоль которой расположен район, является трасса К-17р Новосибирск – Павловка.

Район состоит из сельских советов: Быструхинский; Ермаковский; Жуланский; Кочковский; Красносибирский; Новоцелинный; Решетовский; Новорешетовский; Троицкий; Черновский.

С 2002 г. по 2021 год численность населения Кочковского района уменьшилась на 28%.

Для исследования подвижности населения предложена следующая схема (рис. 1) выработанная на основе [1, 7, 15, 20].



Рис. 1. Схема исследования подвижности населения

При создании анкеты воспользовались подходом в [20]. На двух листах представлены вопросы о поездках членов семьи. На первом листе требовалось указать информацию о семье:

- место проживания;
- количество членов семьи;
- количество несовершеннолетних;
- суммарный месячный доход семьи;
- количество автомобилей в семье;
- время пешего передвижения до автобусной остановки.



Рис. 2. Доля обследованных семей в населенных пунктах района

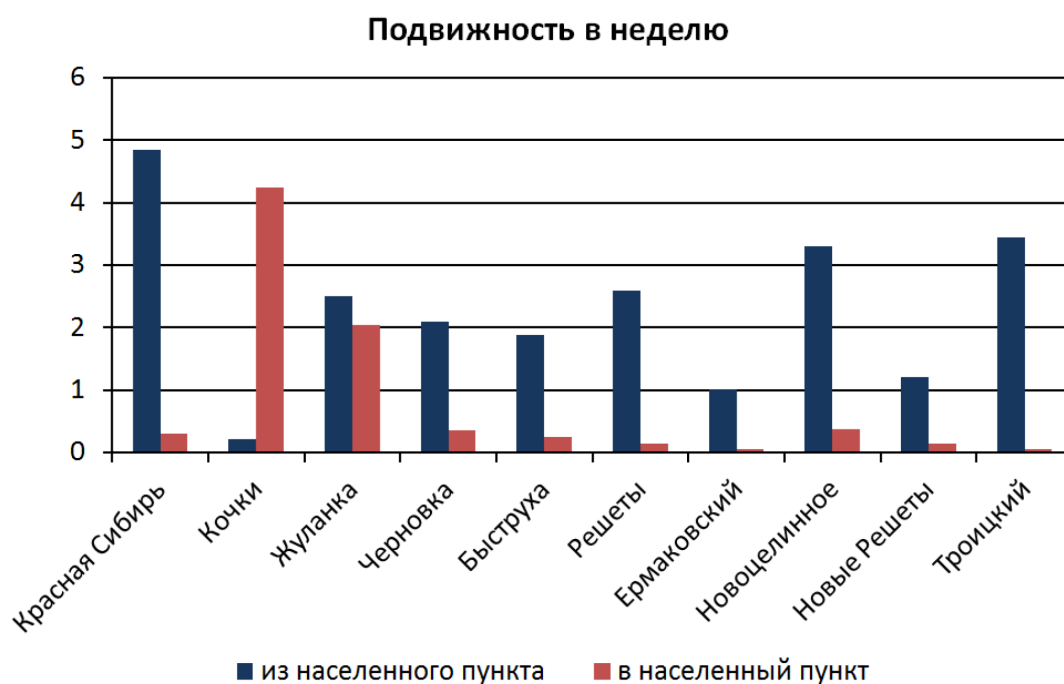


Рис. 3. Передвижение населения из населенных пунктов и в них

На втором листе необходимо было заполнить информацию о члене семьи и его поездках:

- возраст;
- пол;
- род вашей деятельности;

- число регулярных поездок в неделю (способ передвижения, населенный пункт, улица, цель поездки, число поездок в неделю, обычное время приезда);

- число регулярных поездок в год;

- важность характеристик способов передвижения (цена, время в пути, удобство расписания, уровень безопасности, уровень комфорта);

- оценка способов передвижения (цена, время в пути, удобство расписания, уровень безопасности, уровень комфорта).

Анкетирование населения района проводилось в мае 2023 года [2]. Количество респондентов составило 2067 из 1182 семей с общим количеством жителей 5709 человек (не все члены семьи прошли анкетирование из-за отсутствия поездок), это около половины жителей района.

База данных состоит из таблиц: Семья (1182 записей), Член семьи (2067 записей), Способ передвижения (6 записей), Цель поездки (6 записей), Род деятельности (7 записей), Доход (6 записей), Время передвижения (6 записей), Населенный пункт (29 записей), Районы (6 записей), Поездки в неделю (2047 записей), Поездки в год (1637 записей), Оценка способа передвижения (записей), Узел_пункт (29 записей), Пешие передвижения (29 записей), Остановочный пункт (28 записей), Матрица

расстояний (462 записей), Маршруты автобусные (11 записей), Маршрут движения (77 записей), Автомобили_перегоны (29 записей).

Количество анкет по сельским советам распределилось неравномерно (рис. 2).

Переходим к анализу информации, которая получена с помощью запросов в базе данных Access. Самый низкий охват в 13% в Кочках, а самый высокий 62% в Троицком, что является достаточно высоким показателем.

Следующий запрос показывает информацию необходимую для построения гравитационной модели – это количество поездок из каждого населенного пункта и в каждый населенный пункт (рис. 3).

Отметим что самая высокая подвижность населения в Красной Сибири. При этом большая часть поездок направлена в районный центр Кочки. Выделим населенные пункты с низкой подвижностью – это Кочки и Ермаковский.

Рассмотрим влияние расстояния до районного центра на подвижность населения (рис. 4).

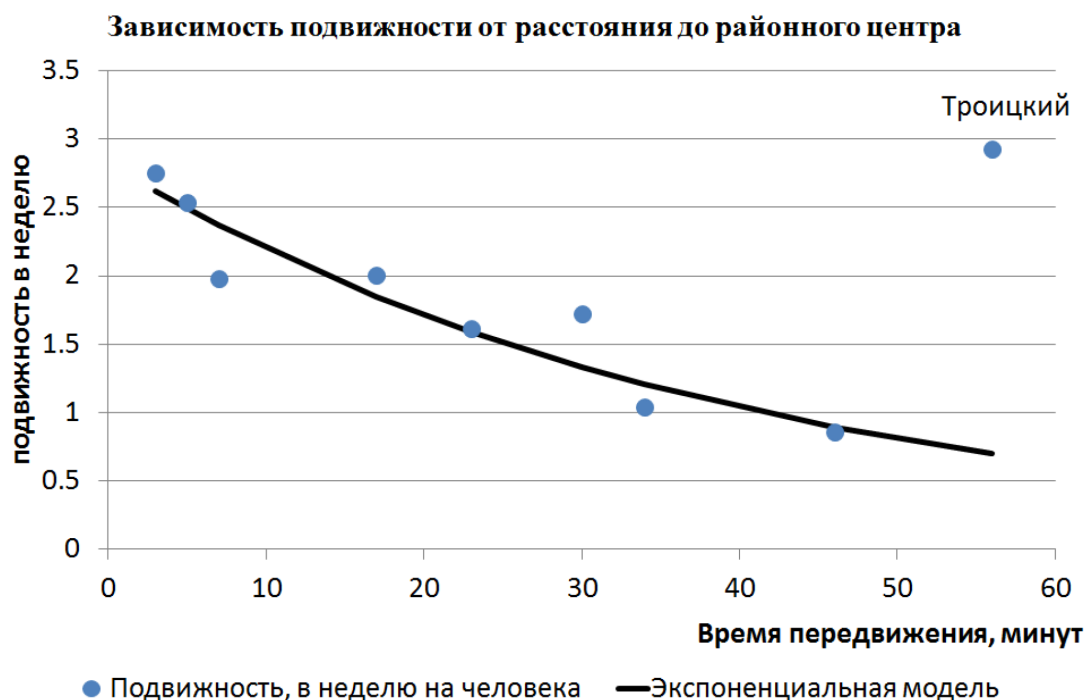


Рис. 4. Влияние расстояния до районного центра на подвижность населения

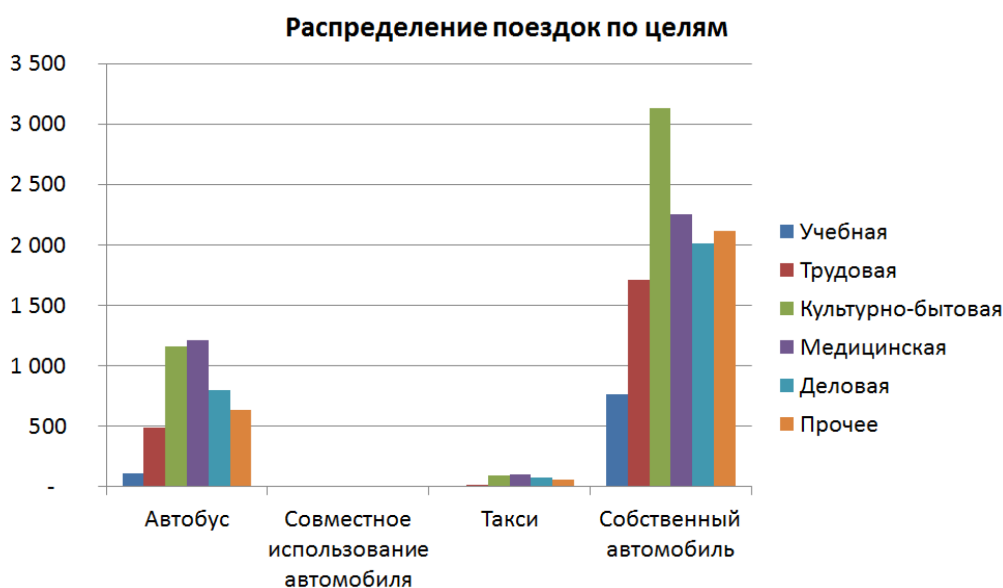


Рис. 5. Распределение поездок по целям и способам передвижения

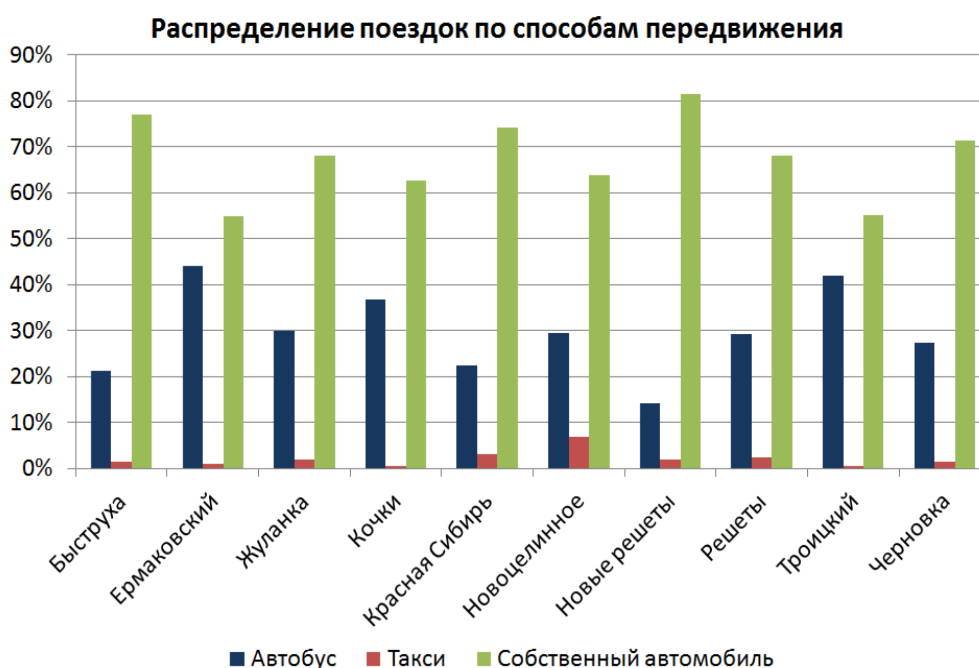


Рис. 6. Распределение поездок по способам передвижения и пунктам отправления

За исключением удаленного населенного пункта Троицкого, подвижность снижается с ростом расстояния. При этом зависимость близка к экспоненциальной формуле [19].

Также важно разобраться с целями и способами передвижения жителей (рис. 5).

Основным способом передвижения является личный автомобиль, передвижение на общественном транспорте значительно уступает. При этом на автобусе преимущественно передвигаются в медицинских целях, а на автомобиле по магазинам.



Рис. 7. Распределение поездок по целям передвижения и пунктам назначения

Таблица 1

Количество передвижении между населенными пунктами в неделю

	КС	К	Ж	Ч	Б	Р	Е	НЦ	НР	Т	НСК
КС	0	556	399	29	0	0	0	0	0	0	78
К	5	325	0	6	2	4	0	14	4	0	40
Ж	7	346	164	11	9	0	0	29	0	0	36
Ч	5	461	7	298	26	13	0	0	0	0	52
Б	0	284	1	0	309	3	0	0	0	0	45
Р	0	507	52	16	0	100	0	4	0	0	78
Е	0	78	0	0	0	0	0	0	15	0	0
НЦ	22	457	40	0	2	12	0	0	0	4	11
НР	2	189	0	0	4	0	4	0	128	0	20
Т	6	498	19	27	0	20	0	2	0	6	12

Также выбор способа передвижения может отличаться в населенных пунктах (рис. 6).

Отметим, что в Новоцелинном самая высокая доля использования такси. А в Ермаковском, Троицком и Кочках доля общественного транспорта составляет около 40%.

Региональный центр Новосибирск находится в 178 км от районного цен-

тра Кочки, но часть населения все равно предпочитает передвигаться в сибирский мегаполис, поэтому на следующем графике добавим этот город (рис. 7).

Отметим 3 центра притяжения: Кочки, Жуланка и Новосибирск. При этом больше всего в Кочки едут за медицинскими услугами, а в Жуланку и Новосибирск в культурно-бытовых целях.

Таблица 2

Восстановленная матрица корреспонденций, полученная по результатам анкетирования

	КС	К	Ж	Ч	Б	Р	Е	НЦ	НР	Т	НСК	итого
КС	0	2287	1642	119	0	0	0	0	0	0	321	4369
К	54	3530	0	65	22	43	0	152	43	0	435	815
Ж	45	2210	1048	70	57	0	0	185	0	0	230	2798
Ч	23	2078	32	1343	117	59	0	0	0	0	234	2542
Б	0	1375	5	0	1496	15	0	0	0	0	218	1612
Р	0	3242	333	102	0	640	0	26	0	0	499	4202
Е	0	224	0	0	0	0	0	0	43	0	0	267
НЦ	127	2632	230	0	12	69	0	0	0	23	63	3156
НР	7	623	0	0	13	0	13	0	422	0	66	722
Т	14	1137	43	62	0	46	0	5	0	14	27	1333
итого	269	15809	2284	419	221	231	13	367	86	23	2093	21816

Таблица 3

Матрица корреспонденций, полученная по гравитационной модели

	КС	К	Ж	Ч	Б	Р	Е	НЦ	НР	Т	НСК
КС		3399	421	17	34	20	1	63	13	1	206
К	58		442	18	35	21	0	66	8	1	216
Ж	38	2327		11	54	13	0	60	5	0	328
Ч	33	2003	233		19	101	2	35	8	15	114
Б	11	656	189	3		4	0	17	1	0	741
Р	54	3332	387	144	31		3	58	13	5	189
Е	5	182	21	8	2	9		3	30	0	10
НЦ	40	2461	422	12	34	14	0		5	1	206
НР	16	585	68	5	5	6	5	10		0	33
Т	14	863	100	202	8	44	1	55	3		49

По данным анкетирования составим матрицу передвижений между населенными пунктами (табл. 1). Для сокращения записи используем аббревиатуры названия населенных пунктов.

Восстановление истинной матрицы корреспонденций осуществляется за счет корректировки исходных данных с учетом того что были опрошены не все семьи в населенных пунктах:

$$\lambda_{i,j}^* = \frac{\lambda_{i,j}}{p_i},$$

где $\lambda_{i,j}$ – количество передвижений из населенного пункта i в пункт j по данным опроса, p_i – доля анкетированных

семей в населенном пункте i , $\Lambda = \{\lambda_{i,j}^*\}$ матрица корреспонденций (табл. 2).

Для проведения расчетов исключим передвижения внутри населенного пункта. Это связано с тем, что большая часть этих передвижения осуществляется пешим способом, и респонденты не упоминали эти передвижения.

В результате построения (1-4) гравитационной модели получим следующие значения матрицы корреспонденций.

Наибольшее несоответствие модель дает в парах Красная Сибирь-Кочки, Красная Сибирь– Жуланка. Также странными являются поездки Троицк-Ново-целинное и обратно. Оценить насколько точно получены результаты довольно

сложно исходя из двух факторов: правильности ответов респондентов, удаления из рассмотрения перемещений внутри населенных пунктов. Также может повысить точность распределение поездок по целям (то есть для каждой цели поездок формировать собственную матрицу корреспонденций).

Выводы

Основной задачей исследования было выявление закономерностей при передвижении сельских жителей. Для этого было проведено массовое анкетирование население самого маленького сельского района Новосибирской области. Разработанная для опроса анкета состояла из двух частей. В первой части были вопросы о семье, а во второй по членам семьи и их поездкам. В анкетировании приняло участие около 40% семей Кочковского района.

Для анализа полученной информации была разработана база данных Access, содержащая 19 таблиц. В результате запросов к таблицам базы данных получены следующие результаты:

- охват населения составил от 13% до 62% в населенных пунктах района;
- больше всего поездок осуществляется в районный центр Кочки и в соседнее село Жуланка;
- наибольшее количество поездок осуществляют жители Красной Сибири, Новоцелинного и Троицкого;
- чем ближе районный центр, тем больше подвижность населения, зависимость хорошо описывается экспоненциальной формулой;
- на автобусе преимущественно передвигаются в медицинских целях, а на автомобиле в культурно-бытовых.

Следующим этапом исследования было построение матрицы корреспонденций. Для этого сначала была восстановлена матрица корреспонденций по данным анкетирования населения. Затем проведена проверка гравитационной модели распределения поездок между населенными пунктами. Модель показывает достаточно хорошее совпадение с результатами анкетирования, что позволит сократить объемы выборки при дальнейших исследованиях подвижности населения сельских территорий.

Библиографический список

1. Аземша С.А., Морозов В.М. Разработка предложений по анкетированию пассажиров городского пассажирского транспорта регулярного сообщения // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2022. Т. 19. № 3 (85). С. 344-357.
2. Аксёненко А.С., Корягин М.Е., Прудников А.А. Анализ подвижности жителей сельского района (по данным анкетирования населения) // Вестник БГУ. Экономика и менеджмент. 2023. № 4. С. 3-12.
3. Бугаева Е.В., Белая К.И. Применение маркетинговых исследований в анкетировании пассажиров железнодорожного транспорта // Рынок транспортных услуг (проблемы повышения эффективности). 2015. № 8. С. 219-227.
4. Зелинская М.В., Коваленко Л.В. Качество жизни населения как индикатор устойчивого развития сельских территорий Краснодарского края // Управленческий учет. 2023. № 7. С. 326-332.
5. Коробова О.П. Устойчивое развитие сельских территорий как гарант национальной безопасности России // Academia. Архитектура и строительство. 2019. № 1. С. 86-92.
6. Корягин М.Е., Нестерова А.А. Влияние наличия автомобилей в семье на выбор способа передвижения // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2011. № 1 (48). С. 104-108.
7. Корягин М.Е., Чистяков А.С. База данных для описания рынка междугородних пассажирских перевозок // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2021. № 1 (56). С. 38-45.
8. Култышкина Д.А., Скрипальщиков И.И., Надейкина Л.А. Система опроса авиапассажиров с использованием технологий работы с большими данными // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». 2022. Т. 1. С. 216-218.
9. Лебедева О. А. Сравнительный анализ существующих методик разработки матриц корреспонденций // Современные технологии и научно-технический прогресс. 2021. № 8. С. 181-182.

10. Мальцева С.М., Гуреева Е.П., Мартысевич В.В., Смирнова А.С. Исследование уровня удовлетворенности общественным транспортом жителей Нижнего Новгорода // Актуальные проблемы современного транспорта. 2020. № 1. С. 100-108.
11. Мартыненко А. В., Шевцов А. А. Оценка матрицы пассажирских корреспонденций с использованием метода наименьших квадратов для калибровки гравитационной модели // Вестник УрГУПС. 2021. № 4 (52). С. 4-13.
12. Мкртчян Н.В. Миграция молодежи в региональные центры России в конце XX–начале XXI века // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2015. № 6. С. 19-32.
13. Морозов В.М., Аземша С.А. Анализ результатов опроса пользователей различных видов общественного транспорта. Техника и технологии строительства // Техника и технологии строительства. 2022. Т. 4. № 32. С. 8-14.
14. Мосиенко Н.Л., Иванова В.В., Дьячкова П.А. Пространственная мобильность жителей Новосибирской области (по материалам массового опроса жителей области в 2018 г.) // Всероссийский экономический журнал ЭКО. 2020. № 4 (550). С. 146-165.
15. Тетцоева Е.М. Оценка показателей качества международных автобусных перевозок с использованием процедуры анкетирования пассажиров // Качество. Инновации. Образование. 2011. № 8. С. 46-50.
16. Фокин В.Я. Ликвидация селообразующих предприятий как фактор депрессивности сельских монопрофильных территорий Пермского края // Регион: Экономика и Социология. 2015. № 4 (88). С. 108-129.
17. Фомкина А.А. Трансформация местных систем расселения слабоурбанизированных территорий Центральной России (на примере Тверской области): дис. ... канд. геог. наук. Москва, 2016. 149 с.
18. Харитонов А.В. Организационно-экономический механизм устойчивого развития сельских территорий на основе сельских агломераций: дис. ... докт. экон. наук. Новосибирск, 2021. 397 с.
19. Швецов В.И. Математическое моделирование транспортных потоков // Автоматика и телемеханика. 2003. № 11. С. 3-46.
20. Штоцкая А.А. Совершенствование методов оценки транспортного спроса городского населения: дис. ... канд. тех. наук, Иркутск, 2017. 163 с.