УДК 519.66:517.44 EDN: XKYDVT

Шиков Н. Н., Мова Е. В., Шиков Р. Н.
Донбасский государственный технический университет
**E-mail: shikovnik2010@mail.ru*

ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАКАЗОВ В СЕРВИСНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Предложена и апробирована динамическая модель распределения заказов в сервисной организации с учетом ограниченного спроса на услуги, в основу которой положена теория кооперативных игр, где критерием оптимальности выбран вектор Шепли (средний вклад в благосостояние различных коалиций специалистов), гарантирующий бесконфликтность и единственность управленческого решения.

***Ключевые слова:** ограниченный спрос, динамическая модель, вектор Шепли, заказ на услуги, ремонтный ресурс, уступки коалиций, характеристическая функция.*

Проблема и её связь с научными и практическими задачами. Современный этап экономического развития страны проходит в рамках жестких санкций на импорт бытовой техники со стороны западных контрагентов. Это потребовало смены бытующей парадигмы «спрос будет удовлетворен за счет импорта» и переориентации продуцентов и покупателей на товары отечественных производителей. Для преодоления переходного периода возрождения отечественного производства бытовой техники, полностью удовлетворяющей спрос, возникла необходимость в продлении срока службы эксплуатируемой бытовой техники за счет расширения комплекса услуг по ее ремонту.

Данные Росстата за прошедший год свидетельствует о том, что спрос на ремонт крупной бытовой техники вырос на 110 % в сравнении с аналогичным периодом 2022 года. Аналогично наблюдается рост спроса и на ремонт мелкой бытовой техники: за год он увеличился на 31 %. Несмотря на возросший спрос на ремонтные услуги, региональные сервисные организации испытывают значительные колебания в объемах выполняемых ремонтных работ (сезонный коэффициент вариации в течение года достигает 30 %), что затрудняет планирование загруженности специалистов по ремонту бытовой техники (СРБТ) и достижение стабильной финансовой политики сервисных организаций. Кроме того, эти недостатки усугубляются достаточно жесткой конкуренцией со стороны незарегистрированных ремонтных мастерских, подпольно осуществляющих сервисные услуги.

Случайный характер заказов на услуги сервисной организации требует адекватной координации кадровой политики с позиций оптимального использования трудовых ресурсов. Особое внимание приобретает проблема гармонизации рабочих программ сервисного центра с кадровым обеспечением их выполнения. Необоснованная политика распределения заказов среди специалистов-ремонтников создает диспропорцию в их доходности и в уровне мотивации и, как следствие, значительно возрастает текучесть кадров, снижается профессиональное мастерство специалистов, ощутимо падение конкурентных преимуществ и финансовой стабильности сервисной организации.

Таким образом, актуальной задачей для сервисных центров является разработка адаптирующейся к изменениям спроса на услуги организацию распределения заказов среди СРБТ.

Во многом организацию оказания услуг в сервисных организациях можно отнести к решению задачи справедливого распределения заказов среди специалистов-ремонтников с учетом индивидуального временного ресурса, а также профессионального мастерства, которое, как правило, редуцируется в повышенный уровень производительности труда и качественный ремонт бытовой техники. Решение задачи усложняется тем, что поступающие заказы имеют непредсказуемый, многоэтапный и вариативный по величине характер и по той или иной причине в совокупности не удовлетворяют потенциальному предложению (избыток человеческого ресурса). Модели такого класса отличаются сложной структурой ввиду случайного и многошагового характера заказов, а также многофакторной зависимостью распределения ремонтных работ среди СРБТ за фиксированный интервал времени, определяемый в основном периодом сдельной оплаты труда. Процессы со свойствами неопределенности с достаточной точностью могут быть предсказаны на основе методов прогнозирования, однако результаты, как правило, малоэффективны при оперативном управлении деятельностью сервисных организаций.

Обобщая задачу индивидуальной загруженности сотрудников сервисной организации работами по ремонту бытовой техники, можно утверждать, что проблема справедливого распределения заказов направлена на разрешение конфликта претензий со стороны исполнителей сервисных услуг, особенно при снижающейся тенденции заказов на услуги.

Постановка задачи. ***Целью*** данной статьи является обоснование и апробация модели распределения поступающих в сервисную организацию заказов среди специалистов, алгоритмическое содержание которой позволит разрешить негативное проявление конфликтных ситуаций, стабилизировать экономическое и конкурентное положение организации в условиях значительного сезонного колебания спроса на услуги сервисной организации.

Цель достигается путем решения следующих ***задач***:

– рассмотреть методологические и практические вопросы разработки и реализации моделей оперативного управления распределения заказов;

– обосновать модель распределения заказов, отражающую многошаговую процедуру поступления заказов и их распределение;

– провести апробацию модели.

Методика исследования. В соответствии с предлагаемой контекстной моделью многошагового процесса (рис. 1) проведен анализ распределения заказов, который включает в себя все представленные ключевые требования к бесконфликтности процесса.

Изложение материала. Если заказы на ремонт рассматривать как ресурс загруженности сервисного центра, то формализованные задачи распределения ресурсов исследуются достаточно длительное время. Так авторы предлагают различные способы распределения ресурсов (правила пропорциональности, уступок, Талмуда). Анализ трех классических приемов был представлен в исследованиях К. Херреро и А. Виллара [1]. В статье Р. Аумана и М. Машлер [2] решена и проанализирована задача раздела ресурса на основе различных подходов. Каждое семейство способов объединяет большое количество рекомендаций по применению, отображая их структуру и особенности применения, тем самым не позволяет получить однозначного решения для рассматриваемой интерпретации задачи.

При моделировании процессов оптимального распределения поступающих ресурсов (временных затрат на ремонтные работы) и получения единственного решения многие исследователи рекомендуют для использования модели кооперативных игр [3]. Примеры многошаговых кооперативных моделей в экономике при распределении финансовых и информационных ресурсов предложены в работах [4–6]. Разработка таких моделей объединяет ряд проблем:

– все коалиции пытаются увеличить свою долю распределяемых ресурсов, поэтому в таких задачах, как правило, имеем дело с многокритериальной задачей;

– количество непустых коалиций равно $2n-1$, поэтому с ростом участников неантагонистического конфликта (n) в большинстве случаев вычисления бывают трудоемкими;

– существует несколько принципов оптимальности, т. е. нельзя установить единственной концепции решения игры.

В любом случае исходом кооперативной игры должен быть результат соглашения всех участников, поэтому при нахождении решения достигается оптимальность по Парето — такое состояние распределенных ресурсов, при котором полученные значения, характеризующие систему, не могут быть улучшены без ухудшения других.

Способ оптимального распределения заказов (заказ рассматривается как стоимость ремонтных работ) среди специалистов по ремонту бытовой техники зависит от уровня формализации и адекватности математической модели, способной к практическому использованию в реальных условиях. Основными входными параметрами математической модели являются прогнозируемые периоды возникновения дефицитного спроса и объемы заказов. В качестве критериев распределения ограниченных заказов предпочтение, очевидно, должно быть отдано поиску оптимизационных алгоритмов разрешения проблемы. Проведем формализацию задачи распределения прогнозируемых ограниченных заказов, поступающих дискретно (рис. 1).

Имеются объемы заказов на ремонтные работы (для периода дефицита) Mj, где j — этапы поступления заказов для ремонта. Суммарный спрос (D) среди n специалистов вычисляется как

$$D = \sum_{n=1}^{N} \sum_{j=1}^{P} d_{nj} ,$$

где N — количество СРБТ;

P — величина заказов от населения;

d_{nj} — индивидуальные предложения специалистов по ремонту бытовой техники.

Цель проводимого анализа состоит в необходимости построить модель и распределить оптимальным образом ограниченные заказы в форме ресурсных затрат (вектор ($\overrightarrow{x_{nj}}$)) среди конечного множества специалистов (N) сервисной организации, предложение которых (d) на данный момент в сумме превышают величину прогнозируемых заказов от населения $\sum_{j=1}^{P} \mathrm{M}_j$.

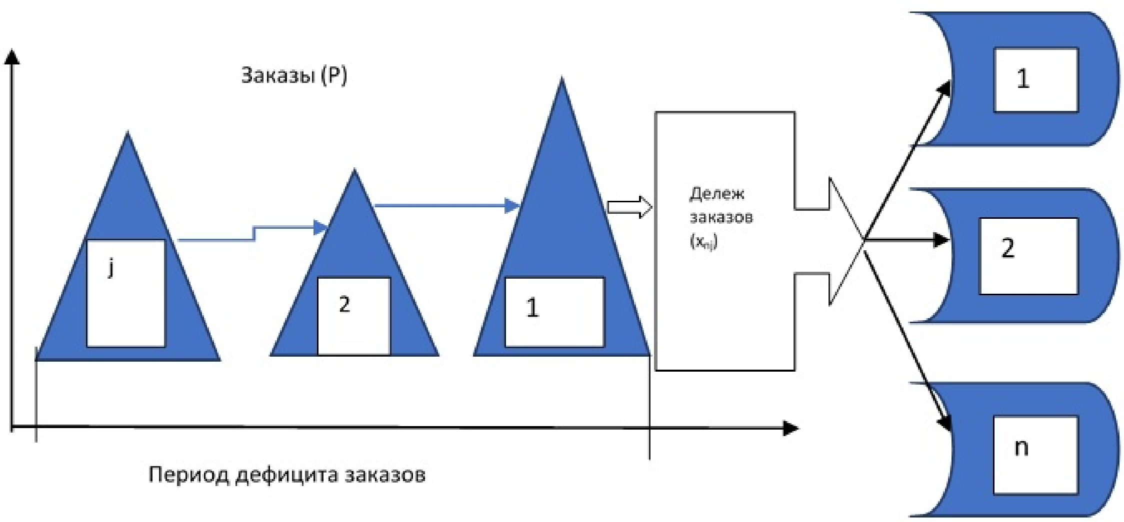

Рисунок 1 — Схема поступления и распределения заказов в сервисной организации

Результат распределения (дележа) ограниченного объема заказов в кооперативной игре — это функция, которая для любой пары желаемых и фактических объемов (dJ, M_n) ставит в соответствие вектор (x_{n1}, x_{n2}, … , x_{nj}) такой, что $\sum_{j=1}^{P} x_j = M_n$ и выполняется неравенство $0 \le x \le d$.

Разрешением проблемы распределения ограниченных объемов заказов будем называть пару (G, v), где $G = 1, 2, \dots, i$ — множество коалиций всех специалистов, а v — это характеристическая функция, которая каждой коалиции специалистов $\mathrm{S} \subset \mathrm{G}$ ставит в соответствие некоторое вещественное число.

Характеристическую функцию для игры распределения ограниченной величины заказов можно составить на основе предлагаемого далее метода дележа. Каждой коалиции из состава участников ставятся в соответствие уступки сотрудников, не включенных в рассматриваемую коалицию, т. е. разность между распределяемой суммой M_n и суммарным спросом Σd_{nj}, где $\mathrm{j} \in \mathrm{P/S}$. В случае, если эта разность будет иметь отрицательное значение, уступка для соответствующей коалиции специалистов приравнивается нулю [1, 2].

Тогда характеристическая функция имеет вид:

$$v\left(d;\, M\right)\left(S\right) = \max\left(M - \sum d_j,\, 0\right). \quad (1)$$

После построения характеристической функции необходимо определить справедливое решение для игры, т. е. выбрать концепцию решения, подходящую для рассматриваемой задачи. Для этого можно использовать различные подходы. Так, при выборе C-ядра важно знать, существует ли оно для прогнозируемой ситуации. В случае отсутствия C-ядра, конечного решения справедливого распределения ресурсов задача не имеет. Также кооперативная игра может иметь бесконечное число решений по Нейману — Моргенштерну, и соответственно это приводит к размытости принципа оптимальности к реальным задачам.

Для получения оптимального решения рассмотрим вектор Шепли. Он интерпретируется как разделение, в котором объем заказа каждому специалисту по ремонту равен его среднему вложению в общие доходы различных их объединений.

Вектор Шепли ($в(v)$) представляется возможным вычислить по выражению:

$$в(v)_m = \sum_{S: m \in S} \frac{(k-1)!(n-k)!}{n!} \times \\ \times (v(S) - v(S \setminus m)), \quad (2)$$

где k — количество специалистов в коалиции по ремонту бытовой техники;

m — индекс характеристической функции текущей коалиции;

n — количество специалистов в сервисной организации.

Рассмотрим несколько игр (распределений ремонтных ресурсов среди участников) — $И_1$, $И_2$, …, $И_n$. Алгоритм решения задачи можно представить следующим образом. В первой игре распределяемая величина ресурсов равна сумме поступающих ресурсов на всех последовательных этапах. Построим характеристическую функцию и найдем вектор Шепли. Вычисленный вектор представляет собой математическое ожидание вклада каждого специалиста по ремонту, если коалиция из них формируется случайным образом. Во второй и последующих играх следует уменьшать доступную сумму и аналогичным образом проводить вычисления. В качестве распределяемых ремонтных ресурсов на каждом этапе будут служить разности векторов Шепли рассматриваемой и последующей игры. Вектор распределяемых ресурсов на j-1 этапе имеет вид:

$$x_{nj} = в'_{nj} - в''_{nj}, \quad (3)$$

где $в'_{nj}$ — вектор Шепли на $\mathrm{j}-1$ этапе;

$n = \overline{1, N}$ — специалисты по ремонту бытовой техники.

На последнем шаге вектор распределяемых ресурсов равен вектору Шепли

$$x_{nj} = в'''_{nj}. \tag{4}$$

Данная модель гарантирует существование и единственность решения.

В качестве примера рассмотрим разделение прогнозируемых подекадно ограниченных объемов заказов в сервисной организации среди троих ее СРБТ (табл. 1). Перейдем к многошаговому случаю распределения заказов, когда заранее известен прогноз по объему и интервал поступления их в сервисную организацию. Первое распределение ресурсов между СРБТ имеет вид

$$И_1 = (P, v^{(d,M_1)}),$$

где $M_1 = \sum_{n=1}^{P} M_n = 60000$ руб.;

$d_m = (15000, 30000, 70000)$.

Характеристическая функция, вычисленная согласно (1), представлена в таблице 2. Вектор Шепли (выделенный шрифт) для первого этапа ($в(v)_m$) рассчитан по формуле (2) и имеет вид

$$\big[в'(v)_m = (в'_1,\ в'_2,\ в'_3) = 7500 = \\ = (1/3)\cdot(60000-45000) + (1/6)\times \\ \times(30000-15000),\ 15000,\ 37500\big].$$

Результаты для второго и третьего этапов распределения ресурсов аналогичны первому и представлены в таблице 3. Распределяемый объем ресурсов второго этапа ($M_2 = \sum_{n=1}^{3} M_n - M_1$), а третьего — M_3.

Вектор Шепли для второго и третьего этапов ($в(v)_m$) имеет вид:

$$в''(v)_m = (в''_1, в''_2, в''_3) = (5000,\ 10000,\ 10000).$$

$$в'''(v)_m = (в'''_1, в'''_2, в'''_3) = (3333,\ 3333,\ 3333).$$

Объемы распределяемых заказов на каждом этапе вычисляются по алгоритму (3):

1-й шаг: x_{m1} = (**2500** = 7500 – 5000, **5000, 27500**);

2-й шаг: x_{m2} = (1666, 6666, 6666);

3-й шаг: x_{m3} = (3333, 3333, 3333).

Кумулятивные объемы ограниченных заказов (%), распределяемых на каждом этапе, представлены на рисунке 2. В конце третьей декады предложения первого и второго СРБТ будут удовлетворены на 50 %, а третьего — на 46 %.

Динамические характеристики распределения ресурсов могут служить основой при планировании кадровой политики сервисной организации и формировании графика работы ее сотрудников в условиях дефицитного спроса на ремонтные услуги.

Таблица 1

Атрибуты сервисной организации

Поступление заказов по декадам	1	2	3
Вектор прогнозируемых поступающих заказов в ценах сервисной организации (M_j), руб.	35000	15000	10000
Специалисты	1	2	3
Вектор спроса специалистов (D_m), руб.	15000	30000	70000

Таблица 2

Характеристическая функция первого этапа распределения заказов

Объединения специалистов	$\langle 0\rangle$	$\langle 1\rangle$	$\langle 2\rangle$	$\langle 3\rangle$	$\langle 1-2\rangle$	$\langle 1-3\rangle$	$\langle 2-3\rangle$	$\langle 1-2-3\rangle$
Характеристическая функция объединения специалистов ($v^{(d,M_1)}$)	0	0	0	$15000 = \max(60000 - (15000+30000)$	0	30000	45000	60000

Таблица 3

Характеристическая функция 2 и 3 этапов распределения заказов

Коалиции специалистов	$\langle 0 \rangle$	$\langle 1 \rangle$	$\langle 2 \rangle$	$\langle 3 \rangle$	$\langle 1-2 \rangle$	$\langle 1-3 \rangle$	$\langle 2-3 \rangle$	$\langle 1-2-3 \rangle$
Характеристическая функция ($v^{(d,M_1)}$) второго этапа	0	0	0	0	0	0	10000	25000
Характеристическая функция ($v^{(d,M_1)}$) третьего этапа	0	0	0	0	0	0	0	10000

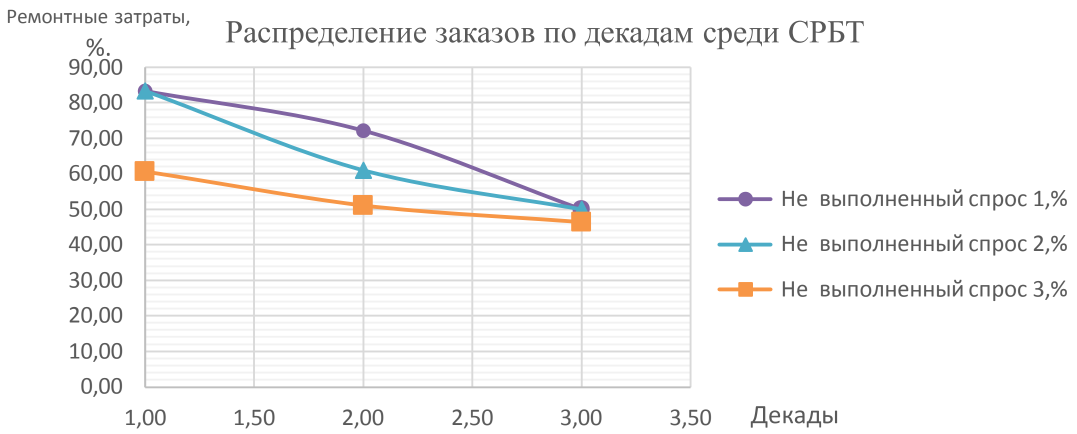

Рисунок 2 — Поэтапное распределение ограниченных ресурсов

Выводы и направление дальнейших исследований. Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Динамические модели с использованием вектора Шепли позволяют при ограниченном объеме спроса на ремонтные услуги гармонизировать процесс распределения заказов с учетом уступок СРБТ, не входящих в коалицию.

2. Построена и апробирована динамическая модель, реализующая распределение ограниченных ресурсов на основе критерия оптимальности — вектора Шепли, который гарантирует существование и единственность решения и вычисляется как средний вклад в благосостояние различных коалиций специалистов.

3. На числовом примере продемонстрирована работоспособность модели и ее способность к разрешению конфликтных ситуаций в сервисной организации.

Список источников

1. Herrero C., Villar A. The three musketeers: four classical solutions to bankruptcy problems // Mathematical Social Sciences. 2001. Vol. 39. No. 3. P. 307–328.

2. Aumann R., Maschler M. Game theoretic analysis of a bankruptcy problem from the Talmud // Journal of Economic Theory. 1985. Vol. 36. No. 1. P. 195–213.

3. Петросян Л. А., Зенкевич Н. А., Шевкопляс Е. В. Теория игр. М. : БХВ-Петербург, 2014. 423 с.

4.Yeung D. W. K., Petrosjan L. A. Subgame Consistent Economic Optimization. New York : Birkhauser, 2012. 395 p.

5. Yeung D. W. K., Petrosjan L. A. Cooperative Stochastic DifferentialGames. New York, Heidelberg, London : Springer, 2006. 242 p.

6. Золотарев А. А. Методы оптимизации распределительных процессов. М. : Инфра-Инженерия, 2014. 160 с.

Рекомендована к печати к.э.н., доц., деканом факультета ФИОИ ДонГТУ Дьячковой В. В., директором ООО «АГМК», д.э.н., доц. Припотнем В. Ю.

Статья поступила в редакцию 12.01.2024.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Шиков Николай Николаевич, *канд. техн. наук, доцент кафедры управления инновациями в промышленности*
Донбасский государственный технический университет,
г. Алчевск, Луганская Народная Республика, Россия,
e-mail: shikovnik2010@mail.ru

Мова Елена Владимировна, *канд. экон. наук, доцент кафедры управления инновациями в промышленности*
Донбасский государственный технический университет,
г. Алчевск, Луганская Народная Республика, Россия

Шиков Роман Николаевич, *ассистент кафедры управления инновациями в промышленности*
Донбасский государственный технический университет,
г. Алчевск, Луганская Народная Республика, Россия

***Shikov N. N., Mova E. V., Shikov R. N.** *(Donbass State Technical University, Alchevsk, Lugansk People's Republic, Russia, *e-mail: shikovnik2010@mail.ru)*

A DYNAMIC MODEL OF ORDER ALLOCATION IN A SERVICE ORGANIZATION

There has been proposed and tested a dynamic model of order distribution in a service organization considering the limited demand for services, is based on the theory of cooperative games, where the Shepley vector (average contribution to the welfare of different coalitions of specialists) is chosen as the criterion of optimality, guaranteeing conflict-free and unity of the managerial decision.

Key words: *limited demand, dynamic model, Shapley vector, service ordering, repair resource, coalition concessions, characteristic function.*

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Shikov Nikolay Nikolayevich, *PhD in Engineering, Assistant Professor of the Department of Innovation Management in Industry*
Donbass State Technical University,
Alchevsk, Lugansk People's Republic, Russia,
e-mail: shikovnik2010@mail.ru

Mova Elena Vladimirovna, *PhD in Economics, Assistant Professor of the Department of Innovation Management in Industry*
Donbass State Technical University,
Alchevsk, Lugansk People's Republic, Russia

Shikov Roman Nikolayevich, *Assistant Lecturer of the Department of Innovation Management in Industry*
Donbass State Technical University,
Alchevsk, Lugansk People's Republic, Russia