



Возможности игрового моделирования в управлении ассортиментом продукции

Растущая в условиях санкционного давления конкуренция среди отечественных производителей требует особого внимания к вопросам оптимизации ассортимента. Производители в меняющихся условиях вынуждены постоянно следить за продажами, анализировать данные и оптимизировать ассортимент, исключая неэффективные виды продукции и добавляя новые виды, пользующие спросом на рынке сбыта.

Цель исследования: выявить возможности теории игр в управлении ассортиментом продукции, представить рекомендации по её использованию в процессе формирования ассортиментной политики. Актуальность темы исследования обусловлена потребностью производителей в совершенствовании механизмов управления ассортиментом производимой продукции.

В процессе исследования использованы **следующие материалы и методы игрового моделирования:** конструирование множества игроков, конструирование множеств стратегий игроков, количественная оценка элементов платёжной матрицы, приёмы снижения степени неопределённости, методы выбора оптимальных стратегий в условиях полной и частичной неопределённости, а также обобщение опыта использования игровых моделей при анализе различных экономических ситуаций.

Акцентируется внимание на игровом моделировании, дополняющем математическо-статистические методы, традиционно используемые для формирования ассортиментной политики: методы математического программирования — задача оптимизации ассортимента при наличии ограничений на ресурсы, например бюджет и запасы сырья, используемого в процессе производства; методы многокритериального выбора — задачи учета нескольких критериев при принятии решений по ассортименту продукции, например качество продукции, цена продукции, спрос на продукцию и др.; методы статистического анализа (задача анализа имеющихся данных о продажах и выявления трендов — регрессионный анализ для прогнозирования спроса на производимую продукцию, выявления зависимостей между различными факторами, такими как спрос на продукцию и цены, маркетинговые усилия, сезонность и др.; кластерный анализ для

сегментации товаров и клиентов на основе ранее выделенных характеристик, например, предпочтения покупателей и возраст, а также ассоциативный анализ для выявления зависимостей между товарами — определение групп товаров, которые могут быть представлены вместе в ассортименте); методы анализа временных рядов и имитационного моделирования (задача прогнозирования спроса на продукцию, основанного на имеющихся данных о продажах; задача фиктивной реализации различных сценариев управления ассортиментом и количественной оценки их последствий).

Результаты: построены игровые модели управления ассортиментом продукции базового уровня (учёт наличия вида продукции в формируемом ассортименте) и продвинутого уровня (учёт не только наличия вида продукции в формируемом ассортименте, но и его количества), предложен подход к количественной оценке последствий принимаемых решений об изменении ассортимента выпускаемой продукции. Установлена чувствительность оптимальной стратегии формирования ассортимента продукции к динамике отношения ЛПР к риску и уровня доверия к информации.

Заключение. Научная новизна исследования состоит в разработке подхода к управлению ассортиментом производимой продукции, основу которого составляет обоснование оптимальности игровой стратегии. Практическая значимость исследования заключается в расширении применения прикладных и исследовательских возможностей игрового моделирования на вопросы управления ассортиментом производимой продукции, а также совершенствовании инструментария анализа ассортиментной политики предприятия (аспекты ширины и глубины ассортимента). Выявлено и обосновано 8 факторов стратегической ассортиментной политики.

Ключевые слова: теория игр, игровое моделирование, управление ассортиментом продукции, ассортиментная политика, оптимальная стратегия, метод Гурвица, метод минимакса, метод максимакса, метод Лапласа, отношение к риску.

Dmitry A. Vlasov¹, Petr A. Karasev¹, Alexander V. Sinchukov²

¹ Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

² Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia

Game Modeling Possibilities in Product Assortment Management

Growing competition among domestic manufacturers under the pressure of sanctions requires special attention to the issues of product range optimization. In changing conditions, manufacturers are forced to constantly monitor sales, analyze data and optimize the product range, excluding ineffective types of products and adding new types that are in demand in the sales market.

Purpose of research: to identify the possibilities of game theory in managing the product range, to provide recommendations for its use in the process of forming an assortment policy. The relevance of the research topic is due to the need of manufacturers to improve the mechanisms for managing the range of manufactured products.

The following materials and methods of game modeling were used in the study: designing a set of players, designing a set of player strategies, quantitative assessment of the elements of the payoff matrix, techniques for reducing the degree of uncertainty, methods for choosing optimal strategies under conditions of complete and partial uncertainty, as well as generalizing the experience of using game models in the analysis of various economic situations.

The focus is on game modeling that complements the mathematical and statistical methods traditionally used to formulate an assortment policy: mathematical programming methods — the task of optimizing an assortment given resource constraints, such as budget and stocks

of raw materials used in the production process; multi-criteria choice methods – the task of taking into account several criteria when making decisions on the product assortment, such as product quality, product price, product demand, etc.; statistical analysis methods (the task of analyzing available sales data and identifying trends – regression analysis to forecast demand for manufactured products, identify relationships between various factors, such as product demand and prices, marketing efforts, seasonality, etc.; cluster analysis to segment products and customers based on previously identified characteristics, such as customer preferences and age, as well as associative analysis to identify relationships between products – determining product groups that can be presented together in the assortment); methods of time series analysis and simulation modeling (the task of forecasting demand for products based on available sales data; the task of fictitious implementation of various assortment management scenarios and quantitative assessment of their consequences).

Results. Game models of product assortment management of the basic level (taking into account the presence of a product type in the formed assortment) and advanced level (taking into account not only the presence of a product type in the formed assortment, but also its

quantity) were constructed, an approach to quantitative assessment of the consequences of decisions made to change the assortment of manufactured products was proposed. The sensitivity of the optimal strategy for forming the product assortment to the dynamics of the decision maker's attitude to risk and the level of trust in information was established.

Conclusion. The scientific novelty of the study consists in developing an approach to managing the assortment of manufactured products, the basis of which is the justification of the optimality of the game strategy. The practical significance of the study lies in expanding the application of applied and research capabilities of game modeling to issues of managing the assortment of manufactured products, as well as improving the tools for analyzing the enterprise's assortment policy (aspects of the width and depth of the assortment). Eight factors of the strategic assortment policy were identified and substantiated.

Keywords: game theory, game modeling, product range management, assortment policy, optimal strategy, Hurwitz method, minimax method, maximax method, Laplace method, risk attitude.

Введение

В современных условиях производители заинтересованы в повышении качества принимаемых решений, касающихся вопросов управления ассортиментом продукции. Это невозможно без учета спроса на производимую продукцию, тенденций развития отрасли, специфики конкурентного окружения и других факторов, влияющих на объемы продаж продукции. Под управлением ассортиментом продукции принято понимать ряд действий по повышению рациональности предложения аудитории. Предприятия заинтересованы в развитии механизмов определения видов и разновидностей товарных групп, которые наиболее предпочтительны в их нише. Заметим, что, как правило, предприятия стремятся обеспечить большую релевантность ассортимента выпускаемой продукции интересам аудитории покупателей. *Проблемой исследования* выступает усиление роли приёмов и методов теории игр в принятии решений в области ассортиментной политики, а также повышение качества принимаемых решений посредством уточнения и учёта отношения ЛПР к риску. Проведенное исследование связано с решением важной *практиче-*

ской задачи вооружения менеджмента предприятий новым инструментарием формирования ассортиментной политики, основу которого составляет теория игр.

К настоящему времени накоплен значительный опыт применения теории игр для исследования различных экономических ситуаций. Так, в публикациях [1; 2] рассмотрены различные прикладные задачи экономической тематики, решение которых требует применения методов теории игр и учёта склонности игрока к риску. Ранее в публикации автора [3] рассмотрены основные подходы в области теории игр, учёт которых при организации профессиональной подготовки будущих экономистов способствует развитию их модельных представлений об экономических ситуациях. В публикации [4] ставится вопрос о выборе математических методов для решения исследуемой проблемы. Автором представлены критерии отбора математических методов с учётом особенностей анализируемой проблемы, при этом особое внимание уделяется возможностям методов теории игр, генетическим алгоритмам и методам на базе нейронных сетей.

В статье [5] методы теории игр использованы для описа-

ния взаимодействия предприятий в системе стратегического планирования. Мы согласны с авторами, что стратегическое планирование выступает основополагающим принципом эффективного функционирования любого современного предприятия и большим потенциалом в его реализации обладает теория игр. В публикации [6] игровое моделирование применяется для выработки финансовых стратегий предприятия. Авторы отмечают, что включение теории игр в инструментарий анализа финансовых стратегий способствует снижению неопределённости. В статье [7] различные варианты конфликта интересов сопоставляются с различными вариантами игровых моделей. Несмотря на удачное сопоставление, представленное в данной статье, рекомендации по построению игровых моделей требуют доработки.

Общие вопросы использования теории игр в жизни и бизнесе раскрыты в работе [8]. Авторы указывают на широкие приложения теории игр, однако не акцентируют внимание на специфику построения и исследования игровых моделей. Проблемы в области построения и реализации ассортиментной политики удачно представлены в иссле-

довании [9]. Мы согласны с автором, что ассортиментная политика должна регулировать деятельность руководителя и специалистов организации и включать в себя принципы, методики, реализация которых способна привести к моделированию оптимального ассортимента производимой продукции.

В статье [10] рассмотрен оптимизационный подход к реализации наращивания производства продукции. Отметим, что предложенная автором модель оптимизации характеристик производственного процесса путем решения задачи линейного программирования, коэффициенты которых зависят от параметров, позволяющих адаптировать модель к условиям проблемной ситуации, может быть доработана с учётом предварительного определения динамики входящих параметров. Работа [11] содержит общие рекомендации по анализу ассортимента и структуры продукции. Результаты, представленные авторами, могут быть использованы в процессе моделирования стратегий ассортиментной политики. Вопросы анализа рисков в торговле раскрыты в публикациях [12, 13]. Мы согласны с авторами, утверждающими, что повышение качества анализа рисков ситуаций в торговле связано с совершенствованием методов количественного анализа и математического моделирования.

Анализ исследований показывает, что математико-статистические методы, поддерживающие принятие решений в управлении ассортиментом продукции, могут рассматриваться важным инструментом, использование которого позволяет решать задачи оптимизации товарного предложения и повышения эффективности бизнеса. К математическо-статистическим методам, традиционно используемых для формирова-

ния ассортиментной политики, следует отнести:

методы математического программирования (задача оптимизации ассортимента при наличии ограничений на ресурсы, например бюджет и запасы сырья, используемого в процессе производства);

методы многокритериального выбора (задачи учета нескольких критериев при принятии решений по ассортименту продукции, например качество продукции, цена продукции, спрос на продукцию и др.);

методы статистического анализа (задача анализа имеющихся данные о продажах и выявления трендов — регрессионный анализ для прогнозирования спроса на производимую продукцию, выявления зависимостей между различными факторами, такими как спрос на продукцию и цены, маркетинговые усилия, сезонность и др.; кластерный анализ для сегментации товаров и клиентов на основе ранее выделенных характеристик, например, предпочтения покупателей и возраст, а также и ассоциативного анализа для выявления зависимостей между товарами — определении групп товаров, которые могут быть представлены вместе в ассортименте);

методы анализа временных рядов (задача прогнозирования спроса на продукцию, основанного на имеющихся данных о продажах, в том числе методы скользящих средних, экспоненциального сглаживания и ARIMA);

методы имитационного моделирования (задача фиктивной реализации различных сценариев управления ассортиментом и количественной оценки их последствий).

Таким образом, формирование эффективного ассортимента продукции требует привлечения различных подходов, в том числе количественного анализа и математического

моделирования, направленного на повышение конкурентоспособности и максимизации прибыли, получаемой от хозяйственно-экономической деятельности. Несмотря на достаточное количество работ по теории игр и работ по управлению ассортиментом продукции, возможности теории игр к оптимизации ассортимента продукции к настоящему времени оставались без внимания. В рамках данной статьи будет построена игровая модель управления ассортиментом продукции и на её основе продемонстрированы возможности игрового моделирования в управлении ассортиментом продукции.

Методология

Цель исследования: выявить возможности игрового моделирования в управлении ассортиментом продукции, представить рекомендации по использованию игрового моделирования в управлении ассортиментом продукции. В процессе исследования изучен передовой опыт построения игровых моделей, предназначенных для анализа альтернативных экономических стратегий. *Проблема исследования* вытекает из противоречия между потенциалом теоретико-игрового моделирования и традиционной практикой принятия решений в области ассортиментной политики. Исследование направлено на усиление роли приёмов и методов теории игр в принятии решения в области ассортиментной политики, а также повышение качества принимаемых решений посредством уточнения и учёта отношения ЛПР к риску. *Актуальность исследования* заключается в раскрытии потенциала игр с природой для эффективного управления ассортиментом продукции, учёта динамики потребностей клиентов и тенденций рынка сбыта.

Результаты

Для раскрытия возможностей игрового моделирования в управлении ассортиментом продукции построена и исследована игровая модель, описывающая взаимодействие двух игроков: первым игроком является производитель продукции, вторым игроком («природой») является спрос на производимую продукцию с учётом её ассортимента. Для простоты реализации игрового моделирования ассортимент производимой продукции ограничен её тремя видами. Варианты стратегий игроков определяются различными вариантами комбинирования ассортимента выпускаемой продукции с учётом данных, предоставленным менеджментом ООО «Корпорация Хлебница» и результатов интервьюирования сотрудников пекарни-булочной, используемые для оценки параметров игровых моделей (таблица 1 и таблица 2). Заметим, что ранее в работе авторов было реализовано игровое моделирование производственных стратегий пекарни-булочной [14], однако вопрос формирования ассортимента продукции не рассматривался.

В таблице 1 перечислим все возможные элементы множества стратегий игрока – производителя и множества состояний природы. Единица интерпретируется как производство одной партии продукции, нуль – исключение данного вида продукции из ассортимента.

В рамках данного исследования мы рассматриваем только совпадающие элементы множеств стратегии игрока и состояний природы, что в не полной мере соответствует экономической действительности. Указанное ограничение введено с целью упрощения построения игровой модели и может быть исключено путём расширения множества стра-

Множества стратегий игрока – производителя и состояний природы
Sets of strategies of the player-producer and states of nature

Элемент множества A	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8
Элемент множества P	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
Первый вид продукции	0	1	0	0	1	0	1	1
Второй вид продукции	0	0	1	0	1	1	0	1
Третий вид продукции	0	0	0	1	0	1	1	1

Таблица 2 (Table 2)

Данные для формирования платёжной матрицы
Data for the formation of the payoff matrix

Параметры	Виды продукции		
	1	2	3
Прибыль (д. е.)	40	67	109,5
Издержки (д. е.)	23	45	62

Таблица 3 (Table 3)

Платёжная матрица игры G_1
Payoff matrix of the game G_1

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
A_1	0	0	0	0	0	0	0	0
A_2	-23	40	-23	-23	40	-23	40	40
A_3	-45	-45	67	-45	67	67	-45	67
A_4	-62	-62	-62	109,5	-62	109,5	109,5	109,5
A_5	-68	-5	44	-68	107	44	-5	107
A_6	-107	-107	5	64,5	5	176,5	64,5	176,5
A_7	-85	-22	-85	86,5	-22	86,5	149,5	104,5
A_8	-130	-67	-18	41,5	45	153,5	104,5	216,5

тегий игрока и множества состояний природы. Например, природа может реализовать состояние $P = \{2; 3; 0\}$, в то время как игрок выберет стратегию $A = \{5; 1; 3\}$. В таком случае составляющие стратегий интерпретируются как количества партий продукции каждого вида, производимые предприятием за определенный период. Очевидно, что приведённые стратегии не совпадают. Заметим, что в процессе конструирования множества стратегий игрока целесообразно учитывать не только возможные состояния природы, но и имеющиеся производственные мощности.

После описания множеств игроков и их стратегий, была получена платёжная матрица, задающая исходы всех вариантов развития игрового взаимодействия. Для её построения использованы данные, представленные в таблице 2.

Каждый элемент платежной матрицы (таблица 3) представляет собой полезность – последствия выбранной стратегии по формированию ассортимента продукции. Заметим, что с учётом множеств стратегий игроков, платежная матрица игры G_1 содержит 64 элемента.

На следующем этапе исследования возможностей игрового моделирования в управлении ассортиментом продукции построенная игровая модель G_1 была исследована различными методами, нашедшими широкое применение в анализе игр с природой. Основой задачей анализа игры является нахождение равновесных состояний [15, 16]. Результаты расчёта показателей эффективности для определения равновесных состояний по различным методам, используемым для анализа игровой модели в рамках данного исследования, представлены в таблице 4.

Таблица 4 (Table 4)

Расчёт показателей эффективности по различным методам анализа игровой модели G_1
Calculation of performance indexes by different methods of analyzing the game model G_1

Стратегии	Методы определения оптимальных стратегий						
	Метод максимина	Метод максимакса	Метод Лапласа	Метод Гурвица			
				Показатель пессимизма			
				0,1	0,5	0,6	0,9
A_1	0	0	0	0	0	0	0
A_2	-23	40	8,5	33,7	8,5	2,2	-16,7
A_3	-45	67	11	55,8	11	-0,2	-33,8
A_4	-62	109,5	23,75	92,35	23,75	6,6	-44,85
A_5	-68	107	19,5	89,5	19,5	2	-50,5
A_6	-107	176,5	34,75	148,15	34,75	6,4	-78,65
A_7	-85	149,5	26,625	126,05	32,25	8,8	-61,55
A_8	-130	216,5	43,25	181,85	43,25	8,6	-95,35
Максимальное значение показателя эффективности	0	216,5	43,25	181,85	43,25	8,8	0
Оптимальная стратегия	A_1	A_8	A_8	A_8	A_8	A_7	A_1

Метод максимина, также нашедший применение в рамках исследования, является одним из методов, применяемых для анализа игр с природой. В его основе – выбор альтернативы на основе максиминного подхода [17]. Важно отметить, что применение этого метода может привести к росту упущенных возможностей. Действительно, игрок сознательно отказывается от получения более высокой полезности, пытаясь исключить риск. Реализация метода максимина свидетельствует о том, что оптимальной является стратегия A_1 , реализация которой предполагает полный отказ от производства продукции. Применение данного метода может быть оправдано крайне пессимистичным настроем игрока-производителя, стремящегося не увеличить прибыль, а полностью исключить риск.

Используемый в рамках данного исследования метод максимакса является одним из методов принятия решений в условиях неопределенности, применяемых для анализа игр с природой [18]. Реализация метода максимакса приводит к тому, что оптимальной следует признать стратегию A_8 , содержательный смысл которой

заключается в максимальном расширении ассортимента выпускаемой продукции. Максимальная стратегия A_8 соответствует крайне оптимистичному настроению игрока-производителя, сознательно допускающего риск. Обратим внимание что, ориентируясь на получение максимального выигрыша, равного 216,5 д.е. (в случае, если природа реализует самое благоприятное состояние P_8), в действительности игрок может получить самый значительный проигрыш из возможных, равный –130. Выявленная особенность говорит о необходимости чёткого обоснования выбора метода максимакса.

Метод Лапласа – один из методов теории игр, используемый в условиях отсутствия информации о вероятностях реализации природой своих состояний. Этот метод основывается на принципе равновероятности и предполагает, что все возможные исходы развития игровой ситуации равновероятны, т.е. реализуются с одинаковой вероятностью. Суть метода Лапласа заключается в том, что принимающий решение назначает вероятность каждому исходу исходя из предположения равновероятности. После этого вычисля-

ется среднее значение полезности для каждой альтернативы. Альтернатива с самым высоким средним значением показателя эффективности считается наилучшей. В смысле метода Лапласа стратегия A_8 также является оптимальной, так как именно ей соответствует максимальное среднее значение выигрыша, равное 43,25 д.е.

Метод Гурвица – один из методов теории игр, применяемый в условиях неопределенности. Его использование помогает выбрать наилучшее решение с учётом степени пессимизма ЛПР. Преимущество метода Гурвица заключается в том, что он позволяет находить компромисс между потенциальными высокой полезностью (крайний оптимизм) и потенциально низкой полезностью (крайний пессимизм) и выбирать наилучшую альтернативу с учётом обоих факторов.

Обратимся к результатам, полученным на основе применения метода Гурвица, сглаживающего недостатки рассмотренных ранее методов. Для анализа выберем четыре значения уровня пессимизма: $\lambda_1 = 0,1$; $\lambda_2 = 0,5$; $\lambda_3 = 0,6$ и $\lambda_4 = 0,9$. Обратим внимание, что представленные значения уровня пессимизма игро-

ка-производителя образуют возрастающую последовательность: 0,1 — относительно крайне низкий уровень пессимизма, 0,5 — средний уровень пессимизма, 0,9 — относительно крайне высокой уровень пессимизма. В рамках проведенного исследования удалось проследить динамику оптимальности стратегий при изменении уровня пессимизма. Так, при $\lambda_1 = 0,1$ и $\lambda_2 = 0,5$ оптимальной является стратегия A_8 . Если $\lambda_3 = 0,6$, то оптимальной следует признать A_7 , реализация которой предполагает отказ от производства продукции второго вида. При крайне высокой уровне пессимизм $\lambda_4 = 0,9$ оптимальной является стратегия A_1 .

Построение игровой модели управления ассортиментом продукции в базовой модификации подразумевает учёт фактора «Ширина ассортимента» — основной задачей выступает определение количества — товарных категорий. Так, игрок-производитель может предлагать только один тип продукции или множество различных категорий продукции. Для простоты построения и анализа игровой модели управления ассортиментом продукции количество возможных стратегий игрока ограничено восемью чистыми стратегиями (три категории продукции).

Реализованный переход в процессе исследования к игровой модели управления ассортиментом продукции в продвинутой модификации (игра G_2) подразумевает одновременный учёт двух факторов «Ширина ассортимента» и «Глубина ассортимента» — основной задачей является не только определение количества товарных категорий, но и определение числа вариаций продукции внутри каждой категории (вариации могут подразумевать производство продукции различных размеров, цветов, моделей и др.) Указан-

Расширение множеств стратегий игрока и природы
Expansion of the sets of player and nature strategies

Элемент множества A	A_9	A_{10}	A_{11}	A_{12}	A_{13}	A_{14}	A_{15}	A_{16}
Элемент множества Π	Π_9	Π_{10}	Π_{11}	Π_{12}	Π_{13}	Π_{14}	Π_{15}	Π_{16}
Первый вид продукции	2	2	2	2	3	3	3	3
Второй вид продукции	0	1	0	1	0	1	0	1
Третий вид продукции	0	0	1	1	0	0	1	1

Платежная матрица игры G_2
Payoff matrix of the game G_2

	Π_1	Π_2	...	Π_9	...	Π_{15}	Π_{16}
A_1	0	0	...	0	...	0	0
A_2	-23	40	...	40	...	40	40
A_3	-45	-45	...	-23	...	-45	67
A_4	-62	-62	...	-62	...	109,5	109,5
A_5	-68	-5	...	40	...	40	107
A_6	-107	-107	...	-107	...	5	176,5
A_7	-85	-22	...	-22	...	149,5	149,5
A_8	-130	-67	...	-67	...	104,5	216,5
A_9	-46	17	...	80	...	80	80
A_{10}	-91	-28	...	35	...	35	147
A_{11}	-108	-45	...	18	...	189,5	189,5
A_{12}	-153	-90	...	-27	...	144,5	256,5
A_{13}	-69	-6	...	57	...	120	120
A_{14}	-114	-51	...	12	...	75	187
A_{15}	-131	-68	...	-5	...	229,5	229,5
A_{16}	-176	-113	...	-50	...	184,5	296,5

ный подход позволил учесть, что игрок-производитель может предлагать к сбыту различные число вариаций продукции. Для простоты построения и анализа игровой модели G_2 (игровая модель с учётом двух факторов — «Ширина ассортимента» и «Глубина ассортимента») количество возможных стратегий игрока, первоначально состоящее из восьми чистых стратегий расширено новыми восемью чистыми стратегиями — отличающимися от ранее рассмотренных динамикой количества партий продукции первой категории, производимой игроком (одна, две или три партии продукции).

Заметим, что во множестве возможных стратегий игры G_2 представлены как стратегии сужения ассортимента (упрощение выбора для потребителей путем сокращения менее востребованной продукции,

повышение качества оставшейся продукции), так и стратегии расширения ассортимента (введение новых товаров или услуг для удовлетворения потребностей клиентов, разработка смежных продуктов для создания комплексного предложения).

Раскроем смысл полученных результатов. Стратегия A_1 , реализация которой предполагает отказ от производства продукции в рассматриваемый период, оптимальна по методу максимина. Стратегия A_1 — стратегия производства трёх партий продукции первого вида и по одной партии продукции второго и третьего видов, оптимальна по методу максимакса, а также по методу Гурвица при низком и среднем уровне пессимизма. При его повышении оптимальной становится стратегия A_2 , подразумевающая производство одной партии продукции первого

Таблица 7 (Table 7)

Расчёт показателей эффективности стратегий игры G_2 в условиях полной неопределенности
Calculation of performance indexes of game G_2 strategies under conditions of complete uncertainty

Стратегии	Методы определения оптимальных стратегий						
	Метод максимина	Метод максимакса	Метод Лапласа	Метод Гурвица			
				Показатель пессимизма			
				0,1	0,5	0,6	0,9
A_1	0	0	0	0	0	0	0
A_2	-23	40	35,2727	40	40	40	40
A_3	-45	67	20,0000	55,8	11	-0,2	-33,8
A_4	-62	109,5	34,5455	92,35	23,75	6,6	-44,85
A_5	-68	107	67,6364	89,5	19,5	2	-50,5
A_6	-107	176,5	45,1364	148,15	34,75	6,4	-78,65
A_7	-85	149,5	65,7273	126,05	32,25	8,8	-61,55
A_8	-130	216,5	85,8182	181,85	43,25	8,6	-95,35
A_9	-46	80	47,6364	67,4	17	4,4	-33,4
A_{10}	-91	147	67,7273	123,2	28	4,2	-67,2
A_{11}	-108	189,5	87,8182	159,75	40,75	11	-78,25
A_{12}	-153	256,5	98,1818	215,55	51,75	10,8	-112,05
A_{13}	-69	120	37,0909	101,1	25,5	6,6	-50,1
A_{14}	-114	187	53,0909	156,9	36,5	6,4	-83,9
A_{15}	-131	229,5	71,6364	193,45	49,25	13,2	-94,95
A_{16}	-176	296,5	87,6364	249,25	60,25	13	-128,75
Максимальное значение показателя эффективности	0	296,5	98,1818	249,25	60,25	40	40
Оптимальная стратегия	A_1	A_{16}	A_{12}	A_{16}	A_{16}	A_2	A_2

Таблица 8 (Table 8)

Данные для снижения степени неопределенности
Data to reduce uncertainty

Состояния природы	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
Количество дней	4	7	3	10	11	18	20	29
Частота	0,0162	0,0283	0,0121	0,0405	0,0445	0,0729	0,0810	0,1174
Состояния природы	P_9	P_{10}	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{14}	P_{15}	P_{16}
Количество дней	14	18	12	23	22	15	21	20
Частота	0,0567	0,0729	0,0486	0,0931	0,0891	0,0607	0,0850	0,0810

вида, отказ от производства продукции второго и третьего видов. Согласно методу Лапласа оптимальной следует признать A_{12} – стратегию производства двух партий продукции первого вида и по одной партии продукции второго и третьего видов.

В таблице 8 представлены данные для построения распределения вероятностей состояний природы, работа с которыми позволила снизить степень неопределенности. В процессе исследования рассмотрены 247 рабочих дней и 16 наблюдаемых состояний природы. Отметим, что при условии равновероятных реализаций состояния природы вероятность составляет 15,4375. Применение различных методов определения оптимальных стратегий в условиях частичной неопределенности для игры G_2 представлены в таблице 9.

Раскроем смысл полученных результатов. Во-первых, A_{12} – стратегия производства двух партий продукции первого вида и по одной партии продукции второго и третьего видов, является оптимальной по методу Байеса и по методу Ходжа-Лемана при условии низкого значения показателя недоверия к информации. Стратегия A_{10} , реализация которой подразумевает производство двух партий продукции первого вида и одной партии продукции второго вида, отказ от производства продукции третьего вида является оптимальной при средне-низких значениях показателя недоверия к информации. Стратегии A_2 – производство одной партии продукции первого вида, отказ от производства продукции второго и третьего видов и A_1 – отказ от производства продукции в рассматриваемый период оптимальны по методу Ходжа-Лемана при условии средних и высоких значений показателя недоверия к информации соответственно.

Таблица 9 (Table 9)

Расчёт показателей эффективности стратегий в условиях частичной неопределённости
Calculation of performance indexes of strategies under partial uncertainty

Стратегии	Методы определения оптимальных стратегий				
	Метод Байеса	Метод Ходжа-Лемана			
		Показатель недоверия к информации			
		0,1	0,3	0,5	0,9
A_1	0,0000	0	0	0	0
A_2	31,0729	25,6656	14,8510	4,0364	-17,5927
A_3	19,4372	12,9935	0,1061	-12,7814	-38,5563
A_4	44,2328	33,6095	12,3630	-8,8836	-51,3767
A_5	60,7652	47,8887	22,1356	-3,6174	-55,1235
A_6	56,2955	39,9660	7,3069	-25,3522	-90,6704
A_7	70,0223	54,5200	23,5156	-7,4889	-69,4978
A_8	92,4271	70,1844	25,6990	-18,7864	-107,7573
A_9	45,0567	35,9510	17,7397	-0,4717	-36,8943
A_{10}	66,1862	50,4676	19,0304	-12,4069	-75,2814
A_{11}	94,8117	74,5306	33,9682	-6,5941	-87,7188
A_{12}	106,4109	80,4698	28,5877	-23,2945	-127,0589
A_{13}	41,9514	30,8563	8,6660	-13,5243	-57,9049
A_{14}	59,0729	41,7656	7,1510	-27,4636	-96,6927
A_{15}	86,1842	64,4658	21,0289	-22,4079	-109,2816
A_{16}	103,3057	75,3751	19,5140	-36,3472	-148,0694
Максимальное значение показателя эффективности	106,4109	80,4698	33,9682	4,0364	0,0000
Оптимальная стратегия	A_{12}	A_{12}	A_{10}	A_2	A_1

Обсуждение

Несмотря на то, что возможности игрового моделирования в управлении ассортиментом продукции раскрыты в данной статье впервые, представляется возможным установить связь проведенного исследования со смежными исследованиями, касающимися игрового моделирования или подходов в области не только ассортиментной политики, но и в целом в сфере принятия различных маркетинговых решений [19]. Указанная связь может быть выражена в виде пяти наиболее важных направлений совершенствования управления ассортиментом продукции, связанных с применением количественных методов и математического моделирования (в том числе теоретико-игрового моделирования).

Направление 1. Конструирование стратегий расширения ассортимента производимой продукции путём внедрения новых товаров, а также увеличения количества предлагаемых вариантов.

Направление 2. Оптимизация стратегий предоставления ассортиментного перечня товаров с учётом анализа продаж и спроса (эконометрические методы).

Направление 3. Выявление специфики конкурентного окружения, в том числе интересов конкурентов-производителей (методы теории игр и теории принятия решений).

Направление 4. Формализация критериев для определения наиболее востребованных товаров и исключения из ассортимента менее популярных позиций (методы теории кри-

териев, многокритериальная оптимизация).

Направление 5. Обоснование плана диверсификации ассортимента производимой продукции путём создания новых продуктовых линий или реализации стратегий для расширения рынка сбыта (методы оптимизации).

Выводы

Внедрение новых технологий игрового моделирования может помочь предприятиям-производителям, выступающим с точки зрения теории игр игроками, привлечь новых потребителей, а также удерживать старых потребителей. Для повышения качества игрового моделирования управлением ассортиментом продукции целесообразно отслеживать тенденции рынка и оперативно вносить изменения в ассортимент. Основное внимание в процессе формирования ассортиментной политики предприятия должно быть уделено динамике потребностей и предпочтений потребителей. Необходимо предусмотреть анализ их поведения, своевременно выявить их предпочтения и покупательскую мотивацию. Эти действия позволят предприятию предложить продукцию, которая будет в большей степени соответствовать ожиданиям потребителей. Феномен взаимодействия может быть исследован на основе игрового моделирования – построения и анализа моделей теории игр – специального раздела экономической кибернетики, рассматривающего вопросы принятия оптимальных решений с учётом взаимодействия экономических агентов.

Теоретико-игровые методы управления ассортиментом продукции являются востребованным инструментом анализа и оптимизации товарного предложения. Построение и анализ игровых моделей (в виде антагонистических

игры, игр с природой, кооперативных игр и др.) повышают степень обоснованности решений на основе данных, учитывая разнообразие взаимодействия экономических агентов — производителей, поставщиков сырья, потребителей и т. д. В этом смысле результаты исследования коррелируют с задачами, решаемыми в исследовании управления аграрным сектором экономики с использованием статистических методов и моделей [20].

Развитие системы управления ассортиментом продукции требует совершенствования используемых в настоящее время инструментов и методов. Востребованным инструментом анализа ассортиментной политики может выступать теория игр. Игровые модели, специально создаваемые для учёта феномена взаимодействия экономических агентов и фактора неопределённости, могут в процессе формирования ассортимента продукции важно учитывать существенные потребности: потребности потребителей, потребности рынка, потребности бизнеса, а также потребности в инновациях. Представим рекомендации, разработанные по итогам проведенного исследования, учёт которых способствует раскрытию потенциала игрового моделирования в управлении ассортиментом продукции. Проведенное исследование дополнит труд авторов, занимающихся изучением проблем инноваций маркетингового управления ассортиментом [21], а также послужит основной эффективной коллаборации ведущих ученых-маркетологов страны со специалистами по математическим методам в продолжении анализа проблемы эффективного управления ассортиментом в современных турбулентных экономических условиях [22].

Рекомендация 1. «Учёт множества состояний природы».

В процессе конструирования возможных состояний природы важно предусмотреть проведение анализа спроса на производимую продукцию и выявить особенности конкурентной среды. Для обоснования наиболее перспективного вида производимой продукции следует рекомендовать формализовать динамику спроса с выявлением его сегментов, а также количественно оценить запросы потребителей и изучить стратегии, доступные для реализации конкурентам.

Рекомендация 2. «Учёт множества стратегий игрока-производителя». Для определения множества стратегий ассортимента производимой продукции важно учесть динамику спроса, определить основные направления развития продукции с учётом имеющихся ресурсов и технологий. Содержание стратегий ассортимента могут учитывать как сезонные факторы, так и тенденции рынка сбыта.

Рекомендация 3. «Учёт фактора неопределённости». Уменьшить степень неопределённости в процессе управления ассортиментом производимой продукции можно учитывая предпочтения потребителей. Применение математического моделирования, в том числе теории игр, способствует обеспечению эффективного предложения товаров и удовлетворению потребностей потребителей. Классическим приёмом снижения неопределённости является определение вероятностей реализации природой своих состояний. Кроме того, выявленные ранее особенности конкурентной среды могут определять выбор метода нахождения оптимальной стратегии.

Формирование политики в области ассортимента продукции должно учитывать стратегическое взаимодействие экономических агентов, использующих различ-

ные стратегии для управления собственной продукцией на рынке сбыта. Ассортиментная политика подразумевает обеспечение возможности выбора, повышение разнообразия и качества, а также обеспечение необходимого количества продукции, которую производитель предлагает потребителям. Среди основных факторов стратегической ассортиментной политики укажем следующие.

Фактор 1. «Ширина ассортимента» (определение количества товарных категорий).

Фактор 2. «Глубина ассортимента» (определение числа вариаций продуктов внутри каждой категории).

Кроме учтённых в рамках проведенного исследования приведенных выше двух факторов представляются значимыми следующие факторы.

Фактор 3. «Сбалансированность ассортимента предлагаемой для реализации продукции».

Фактор 4. «Управление жизненным циклом продукции».

Фактор 5. «Анализ рынка и потребностей клиентов».

Фактор 6. «Учет конкурентной среды».

Фактор 7. «Ценовая политика».

Фактор 8. «Инновации».

В качестве перспектив исследования укажем построение игровой модели управления ассортиментом продукции продвинутого уровня, в рамках которой реализован учёт сезонного обновления ассортимента (адаптация ассортимента к сезонным или праздничным потребностям потребителей для увеличения продаж и удовлетворения спроса). Научный поиск может быть продолжен в направлении учёта в игровой модели механизмов контроля качества производимой продукции и анализа партнёрских отношений производителя с поставщиками как с целью повышения качества, так и улучшения ценовой политики.

Литература

1. Сигал А.В., Бакуменко М.А., Ремесник Е.С. Рискология. М.: ИНФРА-М, 2024. 463 с.
2. Сигал А.В. Теория игр и ее экономические приложения. М.: ИНФРА-М, 2024. 418 с.
3. Власов Д.А. Введение в теорию игр. М.: ИНФРА-М, 2023. 222 с.
4. Степанов Л.В., Кольцов А.С., Десятов Д.Б. Особенности математических методов и условия их применения // Вестник Воронежского института ФСИН России. 2021. № 2. С. 101–105.
5. Михель Е.А., Зайцев А.А., Дмитриев Н.Д. Теоретико-игровой инструментарий взаимодействия предприятий в системе стратегического планирования // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2022. № 2(2). С. 218–231.
6. Зайцев А.А., Михель Е.А., Дмитриев Н.Д. Использование теоретико-игрового подхода для формирования финансовой стратегии взаимодействия предприятий // Бизнес. Образование. Право. 2020. № 3(52). С. 81–87.
7. Белозеров С.А., Соколовская Е.В. Теоретико-игровой подход к моделированию конфликта интересов: экономические санкции // Terra Economicus. 2022. Т. 20. № 1. С. 65–80.
8. Смирнов В.Д., Колокольчиков А.В. Теория игр в жизни и бизнесе // Вестник науки и образования. 2020. № 12(90). С. 30–32.
9. Залилова З.А. Анализ методик эффективного управления ассортиментом продукции // Российский электронный научный журнал. 2022. № 2(44). С. 93–104.
10. Ларин С.Н., Соколов Н.А. Оптимизация стратегий наращивания производства инновационной продукции гражданского назначения // Экономика и предпринимательство. 2020. № 3(116). С. 1003–1010.
11. Болотнова Е.А., Олейник А.Н., Матвеева А.А., Никитенко С.В. Анализ ассортимента и структуры продукции // Вестник Академии знаний. 2023. № 1(54). С. 64–68.
12. Фомин Г.П., Максимов Д.А., Сухорукова И.В. Многокритериальные методы анализа показателей продукции в управлении рисками // Экономика и управление: проблемы, решения. 2022. Т. 2. № 11(131). С. 231–238.
13. Фомин Г.П., Сухорукова И.В., Алеши-

на И.Ф. Идентификация, индикаторы и реестры рисков в торговле // Естественно-гуманитарные исследования. 2022. № 40(2). С. 287–292.

14. Власов Д.А., Синчуков А.В. Игровое моделирование производственных стратегий пекарни-булочной в условиях полной неопределенности // Инновации и инвестиции. 2024. № 7. С. 512–517.

15. Argenzian Rossella & Gilboa Itzhak. Similarity Nash Equilibria in Statistical Games // American Economic Journal: Microeconomics. 2023. № 15. С. 354–386. 10.1257/mic.20220049.

16. Mackey E & Elliot Mark. An Application of Game Theory to Understanding Statistical Disclosure Events. 2023.

17. Ozpeynirci Ozgur & Özpeynirci Selin & Mousseau Vincent. A decomposition based minimax regret approach for inverse multiple criteria sorting problem. 2022. № 4OR. DOI: 10.1007/s10288-022-00505-5.

18. Naeve Jörg & Naeve Jorg. Maximax, leximax, and the demanding criterion // Mathematical Social Sciences. 2000. № 40. С. 313–325. DOI: 10.1016/S0165-4896(99)00052-9.

19. Баяк О.А., Денежкина И.Е., Задаев С.А. Применение многокритериальной оптимизации для принятия маркетинговых решений // Научные труды Вольного экономического общества России. 2014. Т. 188. С. 13–17.

20. Дарда Е.С., Степанов С.С. Анализ дифференциации производства основных видов продукции животноводства по различным группам производителей в системе управления аграрным сектором экономики России // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 2. С. 421.

21. Козлова О.А., Нечаева Е.В. Инновации в системе маркетингового управления товарным ассортиментом предприятия // Маркетинг и маркетинговые исследования. 2011. № 4. С. 310–318.

22. Просвиркин Б.Л., Бекетов А.Н. Управление товарным ассортиментом как важнейший элемент маркетинга торгового предприятия (некоторые аспекты зарубежного опыта и теории проблемы) // Вестник Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова. 2013. № 2(56). С. 72–80.

References

1. Ukaz Prezidenta RF “O natsional’nykh tselyakh razvitiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda i na perspektivu do 2036 goda” ot 07.05.2024 № 309 = Decree of the President of the Russian Federation “On the national development goals of the Russian Federation for the period up to 2030 and for the future up to 2036” dated 07.05.2024 No. 309 [Internet]. Available from: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_475991/. (In Russ.)

2. Ayvazyan S.A. Analiz kachestva i obraza zhizni naseleniya. Tsentral’nyy ekonomiko-matematicheskii inctitut RAN = Analysis of the quality and way of life of the population. Central Economics and Mathematics Institute of the Russian Academy of Sciences. Moscow: Science; 2012. 432 p. (In Russ.)

3. Delis M.D., Mylonidis N. Trust, happiness, and households’ financial decisions. Journal of Financial Stability. 2015; 20: 82–92. DOI: 10.1016/j.jfs.2015.08.002.

4. Lane T. How does happiness relate to economic behavior? A review of the literature. *Journal of Behavioral and Experimental Economics*. 2017; 68: 62-78. DOI: 10.1016/j.socec.2017.04.001.
5. Rao Y., Mei L. & Zhu R. Happiness and Stock-Market Participation: Empirical Evidence from China. *Journal of Happiness Studies*. 2016; 17(1); 271-293. DOI: 10.1007/s10902-014-9594-4.
6. Glotov V.I., Bakhtizin A.R., Volkova M.I. Social tension in the subjects of the Russian Federation. Analysis of causes and consequences. *Federalizm = Federalism*. 2019; (4): 142-160. (In Russ.)
7. Arshakyan R.A., Mironenkova M.V. Analysis of factors influencing the excess return of mutual investment funds in Russia for 2015-2022. *Finansy i upravleniye = Finance and Management*. 2023; 4: 33-47. DOI: 10.25136/2409-7802.2023.4.41027. (In Russ.)
8. Klimonova A. N. Welfare of the population as a target guideline for state activities: essence, elements, factors of welfare. *Sotsial'no-ekonomicheskiye yavleniya i protsessy = Socio-economic phenomena and processes*. 2016: 12. (In Russ.)
9. Ayvazyan S.A. Empirical analysis of synthetic categories of the quality of life of the population. *Ekonomika i matematicheskiye metody = Economics and mathematical methods*. 2003; 39; 3: 19-53. (In Russ.)
10. Kuchiyeva M.V., Salbiyeva V. L. Quality of life of the population: criteria and assessment. *Simvol nauki = Symbol of science*. 2015: 11-1. (In Russ.)
11. Nayden S.N., Belousova A.V. Methodological tools for assessing the well-being of the population: interregional comparison. *Ekonomika regiona = Economy of the region*. 2018; 14; 1: 53-68. (In Russ.)
12. Saati T. Prinyatiye resheniy. Metod analiza iyerarkhiy = Decision making. Hierarchy analysis method. Moscow: Radio and communication; 1993. (In Russ.)
13. Pavlova M.S., Alekseyeva O.L., Talanova N.V. Transformation of population savings into investments as the most important direction of development of the Russian financial market. *Vestnik Rossiyskogo universiteta kooperatsii = Bulletin of the Russian University of Cooperation*. 2018; 1(31): 47-50. (In Russ.)
14. Ayvazyan S.A., Isakin M.A. Integral indicators of the quality of life of the regional population as criteria for the effectiveness of socio-economic policies pursued by regional authorities. *Prikladnaya ekonometrika = Applied Econometrics*. 2006: 1. (In Russ.)
15. Ayvazyan S.A. On the methodology of measuring synthetic categories of the quality of life of the population. *Ekonomika i matematicheskiye metody (EMM). Tsentral'nyy Ekonomiko-Matematicheskiiy Institut (TSEMI) = Economics and Mathematical Methods (EMM). Central Economics and Mathematics Institute (CEMI)*. 2003: 39(2). (In Russ.)
16. Sadovnikova Yu.Yu., Timeychuk L.N. Quality of the population as the most important component of the socio-economic development of the territory. *Gosudarstvennoye i munitsipal'noye upravleniye. Uchenyye zapiski = State and municipal administration. Scientific notes*. 2018: 4. (In Russ.)
17. Bakumenko L.P., Sarycheva T.V., Ignasheva T.A., Mkhitarian V.S. A statistical approach to life quality analysis. *Mediterranean Journal of Social Sciences = Mediterranean Journal of Social Sciences*. 2015; 6; 3: 79-90.
18. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki (Rosstat) = Federal State Statistics Service (Rosstat) [Internet]. Available from: <https://rosstat.gov.ru/>. (In Russ.)
19. Volkova M.I. Comparison of objectivist and subjectivist approaches to measuring synthetic latent categories of quality of life of the population: results of empirical analysis of Russian data. *Prikladnaya ekonometrika = Applied Econometrics*. 2010: 3(19). (In Russ.)
20. Afanasiev M., Kudrov A. Integrated Indicator of the Living Quality Conditions. *Montenegrin Journal of Economics = Montenegrin Journal of Economics*. 2019; 14; 3: 7-21.
21. Prikaz Rosstandarta "Izmeneniye 1/2015 OKVED2 Obshcherossiyskiy klassifikator vidov ekonomicheskoy deyatel'nosti OK 029-2014 (KDES Red. 2)" ot 26.05.2015 №423-st = Order of Rosstandart "Amendment 1/2015 OKVED2 All-Russian Classifier of Economic Activities OK 029-2014 (KDES Rev. 2)" dated 05/26/2015 No. 423-st [Internet]. Available from: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_186678/797205f7fe59dfbfd428d026f3f8e0e80b2ffc9f/. (In Russ.)

Сведения об авторах

Дмитрий Анатольевич Власов

К.п.н., доцент, доцент кафедры математических методов в экономике

*Российский экономический университет
им. Г.В. Плеханова,
Москва, Россия*

Петр Александрович Карасев

К.э.н., доцент кафедры высшей математики

*Российский экономический университет
им. Г.В. Плеханова,
Москва, Россия*

Александр Валерьевич Синчуков

К.п.н., доцент кафедры математики

*Финансовый университет при Правительстве
Российской Федерации,
Москва, Россия*

Information about the authors

Dmitry Anatolyevich Vlasov

*Cand. Sci. (Pedagogical), Associate Professor,
Associate Professor of Mathematical Methods in
Economics,*

*Plekhanov Russian University of Economics,
Moscow, Russia*

Peter Alexandrovich Karasev

*Cand. Sci. (Economics), Associate Professor of the
Department of Higher Mathematics*

*Plekhanov Russian University of Economics,
Moscow, Russia*

Alexander Valerievich Sinchukov

*Cand. Sci. (Pedagogical), Associate Professor of the
Department of Mathematics*

*Financial University under the Government of the
Russian Federation, Moscow, Russia*