

Моделирование размещения производства продукции с использованием торговых сетей

© 2012 О.А. Юдин

Московский финансово-промышленный университет “Синергия”

E-mail: OET2004@yandex.ru

В статье моделируется размещение производства при полном удовлетворении спроса на продукцию и минимальных транспортных и производственных издержках при ограниченном времени доставки. Математически определяются каналы и регионы сбыта (методами многокритериальной оптимизации); решаются задачи минимизации издержек при множестве пунктов размещения производства и точек сбыта.

Ключевые слова: размещение производства, декомпозиция Бендерса, многокритериальная оптимизация.

В настоящее время в России наряду с прочими важными государственными программами привлекает пристальное внимание программа развития здравоохранения, включающая в себя как развитие профилактики и средств лечения различных заболеваний, пропаганду здорового образа жизни, так и создание благоприятных условий для людей, которым в настоящее время медицина помочь не в состоянии. Именно одному из аспектов этой темы посвящена представленная работа.

В данной статье будет описан инновационный проект основания и развития организации, производящей и распространяющей безглютеновую продукцию на территории Российской Федерации с использованием экономико-математических методов. Целевая аудитория компании – люди, страдающие целиакией.

Целиакия – хроническое заболевание (частичная атрофия) органов пищеварения, выражающееся в непереносимости растительного белка глютена, содержащегося в злаковых и продукции из них (например хлебобулочных изделиях, макаронах, пиве и т.д.). В качестве продуктов, не содержащих злаковые культуры, могут выступать кукуруза, греча, рис, люпин и т.д.

По данным исследований, указанным заболеванием страдает ~1% населения Земли, и, несмотря на то, что в России комплексные исследования еще не проводились, есть основания считать такую статистику удовлетворительной и для РФ. Таким образом, потенциальная целевая аудитория по всей стране может составить ~1,4 млн. чел., что может обеспечить высокий спрос на продукцию компании¹.

Данный проект является инновационным, так как на текущий момент в России отсутствуют крупные производители всего необходимого ассортимента доступной рядовому потребителю без-

глютеновой продукции. Есть только мелкие производители некоторых продуктов, располагающиеся в Москве и Санкт-Петербурге, а также ряд дистрибьюторов продукции, произведенной за рубежом, что очевидно влечет за собой высокие цены и низкое удовлетворение спроса. Этот аспект делает производство более привлекательным за счет отсутствия прямых конкурентов, а также товаров-заменителей.

Предлагаемый проект компании основан на выпуске продуктов на территории России. Используя отечественное производство, компания стремится достичь низких издержек и, как следствие, низких цен на произведенные продукты.

Прежде всего, следует обратить внимание на то, как продукт компании будет доставляться потребителю, т.е. как будет организован процесс сбыта. На основании существующих методик рассматриваются следующие возможные типы каналов сбыта продукции: прямой маркетинг (распространение online и через специализированные журналы и каталоги) и каналы распределения с участием посредников (крупные ретейлеры, аптеки, маленькие магазины, собственные пункты продаж). Исходя из оценки преимуществ и недостатков каналов распределения на начальном этапе выбрана стратегия сотрудничества с широко распространенной сетью супергипермаркетов (положительные стороны: наличие товара в магазинах одной сети по всей стране делает его более доступным и легче рекламируемым; сравнительно низкие издержки (в сравнении с организацией собственной розничной сети); финансовые риски компании ниже в случае неудачи на рынке; эффект “случайной покупки” может быть достигнут только в крупном магазине). Отрицательные стороны: необходимость придерживаться маркетинговой концепции и цено-

вой политики ритейлера). Уже сейчас охват покупателей продовольственных товаров в сетевых магазинах составляет 25-30 % и, по прогнозам, достигнет 35 % к 2012 г.²

В качестве ритейлера следует выбрать наиболее распространенную в российских городах торговую сеть. На сегодня традиционный подход к разрешению данной проблемы, при котором расположение точек сбыта следует только из собственных оценок руководителя предприятия, нельзя считать однозначно приемлемым. Следует отнестись к этому вопросу более научно и предоставить в помощь руководителю подходящий математический аппарат, что, безусловно, повысит эффективность принимаемых решений и снизит вероятность ошибки. Для выявления наиболее предпочтительных городов для организации продаж безглютеновой продукции предлагается оценить спрос при помощи многокритериального анализа детерминант спроса. В качестве детерминантов экспертно выбирается ряд критериев: численность населения города, заболеваемость органов пищеварения, среднедушевые денежные доходы населения, потребление хлебных продуктов на душу населения, наличие товаров других производителей на рынке в данном городе, уровень медицинского обслуживания, распространенность сетевых магазинов. Данные для проведения исследования предлагается взять из Всероссийского статистического ежегодника. Принятие управленческого решения выбора наилучших альтернатив осуществляется на основании модели Саймона (предполагает выбор не оптимальной, но удовлетворительной альтернативы из множества возможных). Для решения поставленной управленческой задачи применяется построение функции ценности ЛПР (а в качестве ЛПР выступает руководитель организации). Наличие функции ценности позволяет свести задачу выбора наилучшей альтернативы к хорошо структурированной математической задаче максимизации функции ценности³.

Исходными данными для построения функции ценности является совокупность показателей спроса для 20 крупнейших городов РФ, в которых может быть размещено производство и налажен сбыт. В качестве средств решения используется анализ независимости критериев (включает в себя проверку функциональной независимости, статистической независимости на основе корреляционного анализа и независимости предпочтений). Оставшиеся критерии (численность населения, заболевания органов пищеварения, распределение оборота розничной торговли по формам торговли⁴) используются для построения частных функций ценности, расчета

шкалирующих констант и составления многофакторной функции ценности. Многофакторная функция ценности имеет вид

$$\begin{aligned} \Phi Ц = & 0,5768 \cdot (0,3643 \ln x_1 - 2,4107) + \\ & + 0,1966 \cdot (0,0561x_2 - 1,3049) + \\ & + 0,2267 \cdot (0,4209 \ln x_3 - 2,332). \end{aligned}$$

Таким образом, в результате исследования удалось выделить систему предпочтений ЛПР и провести ее формализацию при помощи аддитивной функции ценности, построенной по 3 критериям выбора городов для размещения производства и сбыта на основе анализа детерминант спроса:

$$v(x_1, x_2, x_3) = \begin{pmatrix} 0,5768 \\ 0,1966 \\ 0,2267 \end{pmatrix}^T \cdot \begin{pmatrix} (0,3643 \ln x_1 - 2,4107) \\ (0,0561x_2 - 1,3049) \\ (0,4209 \ln x_3 - 2,332) \end{pmatrix}.$$

Заключительным этапом построения многофакторной функции ценности является процедура согласования, т.е. проверки, насколько точно построенная функция отражает структуру предпочтений ЛПР по выделенным критериям. Для этого сравнивается ранжировка, полученная непосредственно от ЛПР (построена субъективно), с ранжировкой, построенной в соответствии с найденной функцией ценности.

Для проверки согласованности используется коэффициент ранговой корреляции Спирмена, который подтверждает согласованность мнения ЛПР и ранжирования при помощи целевой функции.

В соответствии со значениями функции ценности (ФЦ) регионы были проранжированы следующим образом:

Город	ФЦ	Ранг по ФЦ
Москва	0,5538	1
Санкт-Петербург	0,4217	2
Новосибирск	0,3343	3
...
Ижевск	0,0883	19
Барнаул	0,0725	20

Таким образом, поставленная задача решена и регионы проранжированы по убыванию предпочтений размещения производства безглютеновой продукции в городах относительно детерминант спроса на продукцию. Далее предлагается определить, какая же из существующих в РФ крупнейших торговых сетей наиболее полно удовлетворяет представленной ранжировке.

Каждый город имеет вес, соответствующий его функции ценности, а наличие или отсутствие магазинов сети задается бинарным кодом:

$$\text{Предпочтение сети} = \text{СУММ}(\Phi Ц \cdot \{0, 1\}).$$

На данный момент крупнейшими торговыми сетями, по данным “Рос Бизнес Консалтинг”, являются: “Паттерсон”, “Магнит”, “Перекресток”, “Ашан”, “Метро”, “Пятерочка”, “Копейка”, “Седьмой континент”, “Дикси”. Из расчета, наиболее предпочтительной сетью с точки зрения организации сбыта является сеть “Ашан”. В качестве ретейлера выбрана торговая сеть “Ашан”, как одна из крупнейших и наиболее распространенных в России (19 магазинов в 8 городах - Москве, Санкт-Петербурге, Екатеринбурге, Новосибирске, Самаре, Ростове-на-Дону, Краснодаре, Нижнем Новгороде).

В качестве критерия целесообразности выберем минимизацию затрат на производство и доставку при полном удовлетворении спроса потребителей.

Таким образом, необходимо поставить и решить задачу размещения производства. Исторически исследование проблем размещения производства связано с Й. Тюненом, сформулировавшим в 1826 г. закономерности размещения сельскохозяйственного производства. Далее эту тему развивал В. Лаундхарт (весовой треугольник) и А. Вебер (теория штандорта). Однако все эти исследования не выходили за рамки проблемы размещения отдельного предприятия. В 30-40-е гг. XX в. исследования были продолжены немецкими учеными В. Кристаллером и А. Лешем. Кристаллер создал теорию центральных мест, согласно которой размещение производства не является заданным, а определяется условиями спроса и предложения. А. Леш обобщил предыдущие теории и сделал предпочтительным размещение производства в зависимости не от минимальных издержек, а от максимальной прибыли⁵. Таким образом, развитие тематики размещения производства пошло по пути увеличения прибыли отдельно взятой компании и не представляет интереса для данного исследования, целью которого является полное удовлетворение спроса при минимизации издержек.

Поставим математически задачи размещения производства:

1. Простейшая задача размещения

Пусть множество $I = \{1, \dots, I\}$ задает перечень возможных пунктов размещения предприятий по производству некоторого однородного продукта. В любом из пунктов $i \in I$ можно открыть предприятие, и величина $c_i \geq 0$ задает соответствующие затраты. Открытое предприятие может производить продукцию для потребителей в неограниченном количестве.

Перечень потребителей задается множеством $J = \{1, \dots, J\}$. Для каждой пары ij известна вели-

чина $g_{ij} \geq 0$ затрат на производство и доставку продукции потребителю. Задача состоит в том, чтобы найти такое множество открываемых предприятий $S \subseteq I$, $S \neq \emptyset$, которое с минимальными затратами позволяет удовлетворить потребности всех потребителей. С использованием введенных обозначений оптимизационная постановка задачи может быть записана следующим образом:

$$F(S) = \sum_{i \in S} c_i + \sum_{j \in J} \min_{i \in S} g_{ij} \rightarrow \min_{S \subseteq I}.$$

Для решения простейшей задачи размещения разработаны точные алгоритмы, приближенные алгоритмы с гарантированными оценками точности, Лагранжевы эвристики, вероятностные итерационные алгоритмы локального поиска.

Недостаток данной задачи заключается в отсутствии ограничения по производству, что ставит под сомнение возможность определения затрат на открытие предприятия. В качестве варианта можно все же принять мощность каждого предприятия как величину, равную спросу всех потребителей, что существенно выше необходимого, создает затоваривание, однако позволяет оценить стоимость таких предприятий и удовлетворить спрос даже при доставке с единственного завода.

Указанная задача была решена комбинаторным методом с использованием декомпозиции Бендерса⁶. При подстановке данных наиболее эффективные города для размещения производства - Москва и Самара, которые, соответственно, обеспечивают продукцией Москву, Санкт-Петербург, Ростов-на-Дону, Нижний Новгород и Краснодар; Самару, Екатеринбург и Новосибирск.

2. Задача размещения с ограничениями на мощности

Задача размещения с ограничениями на мощности предприятий является обобщением простейшей задачи размещения. В отличие от последней, в ней предполагается, что каждое предприятие может производить продукцию только в ограниченных количествах. Такое естественное и важное предположение слегка меняет математическую модель и сильно усложняет методы решения оптимизационной задачи. Приведем математическую постановку задачи в терминах целочисленного линейного программирования. Пусть множество $I = \{1, \dots, I\}$ задает перечень возможных пунктов размещения предприятий по производству некоторого однородного продукта. Величина $c_i \geq 0$ задает стоимость от-

крытия предприятия в пункте $i \in I$, а величина $V_i \geq 0$ определяет максимально возможный объем производства в данном пункте.

Перечень потребителей задается множеством $J = \{1, \dots, J\}$. Для каждой пары (ij) известна величина $g_{ij} \geq 0$ затрат на производство и доставку продукции потребителю, а также величина $p_{ij} \geq 0$ - объем продукции i -го предприятия, необходимый для удовлетворения потребностей j -го потребителя.

Введем следующие переменные:

$$y_i = \begin{cases} 1, & \text{если предприятие } i \text{ открыто} \\ 0 & \text{в противном случае} \end{cases}$$

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если предприятие } i \text{ обслуживает потребителя } j \\ 0 & \text{в противном случае} \end{cases}$$

С использованием введенных обозначений оптимизационная постановка задачи записывается следующим образом:

$$\min \left\{ \sum_{i \in I} c_i y_i + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} g_{ij} x_{ij} \right\}$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij} = 1, \quad j \in J,$$

$$\sum_{j \in J} p_{ij} x_{ij} \leq V_i y_i, \quad i \in I,$$

$$x_{ij}, y_i \in \{0, 1\}, \quad i \in I, j \in J.$$

Целевая функция имеет смысл суммарных затрат на открытие предприятий и обслуживание потребителей. Первое ограничение требует удовлетворения потребностей всех потребителей. Второе ограничение несет сразу две функции. Оно позволяет обслуживать потребителей только с открытых предприятий, а также ограничивает сверху возможные объемы поставок продукции с каждого предприятия.

Указанный тип задачи является наиболее предпочтительным для определения точек размещения производства. Решение задачи включает в себя определенные трудности вычисли-

тельного характера. Задача решается при помощи асимптотически точного алгоритма. Алгоритм предлагает сведение этой задачи к последовательности транспортных задач, решаемых по методу северо-западного угла⁷. Результатом решения является оценка значения целевой функции, а именно суммарные затраты на открытие производства, полностью удовлетворяющего спрос потребителей, а также, что более важно, могут быть определены пункты размещения производства. Следует также отметить, что описанный асимптотически точный метод решения задачи размещения с ограничениями на объем производства применен на практике впервые и при этом показывает себя достаточно эффективным для помощи в принятии управленческого решения. В результате решения приоритетными пунктами размещения оказались Москва, Санкт-Петербург, Новосибирск и Екатеринбург. При этом общие издержки оказались меньше, чем при решении простейшей задачи размещения, а значит, данный метод является предпочтительным.

¹ URL: celiac.spb.ru: офиц. сайт Санкт-Петербургского общества больных целиакией.

² Храмов Ю.В. Оценка фрактальной размерности границы зоны влияния объекта поселенческого локалитета // Проблемы современной экономики. 2009. □ 2 (30).

³ Филинов Н.Б., Борисова В.В. Математическое моделирование в анализе и разработке управленческих решений: учеб. пособие. М., 2001.

⁴ Регионы России. Социально-экономические показатели: стат. сб. М., 2010.

⁵ Гаврилов А.И. Региональная экономика и управление. М., 2002.

⁶ Задачи оптимального размещения предприятий и метод декомпозиции Бендерса: учеб.-метод. пособие / сост.: А. А. Колоколов, Т. В. Леванова, Омск, 2004.

⁷ Вознюк И.П., Гимади Э.Х., Филатов М.Ю. Асимптотически точный алгоритм для решения задачи размещения с ограниченными объемами производства и поставки. Новосибирск, 2002.

Поступила в редакцию 02.03.2012 г.