

УДК 65.012.123

Ю.П. Ехлаков, Д.Н. Бараксанов

Многокритериальная задача поддержки принятия решений при выборе вариантов поставки на целевые рынки линейки программных продуктов

Рассмотрена многокритериальная задача определения оптимального набора программных продуктов (ПП), дифференцированных по функционалу и бизнес-моделям вариантов поставки. В качестве критериев оптимальности предложены: минимум затрат на продвижение, максимумы суммарной прибыли и привлекательности сегментов рынка. Поиск компромиссного решения проводится по каждому критерию в соответствии с правилом выбора решения в виде аддитивной свертки отношений показателей, желаемых и полученных в результате решения задачи (затрат, прибыли, привлекательности и количества целевых сегментов). Описан пример выбора вариантов поставки ПП «Электронное расписание» на рынок среднеспециальных и высших учебных заведений Сибирского федерального округа.

Ключевые слова: поддержка принятия решения, рынок программных продуктов, линейка ПП, бизнес-модели поставки ПП, многокритериальная задача, метод главного критерия, компромиссное решение.

Малая IT-компания имеет законченный, востребованный на рынке программный продукт (линейку продуктов) и намерена осуществлять его тиражирование* на рынок. При этом ввиду ограниченности финансовых и трудовых ресурсов компания не в состоянии удовлетворить потребности всего рынка. Прежде чем приступить к разработке и реализации программы продвижения продукта IT-компания, необходимо решить следующие задачи:

1) выделить целевые сегменты рынка (потенциальных пользователей), имеющих схожие потребности и поведенческие либо мотивационные характеристики, открывающие для IT-компания благоприятные рыночные возможности поставки ПП и комплекса сопутствующих услуг;

2) определить ПП, дифференцированные по функционалу и бизнес-моделям вариантов поставки для каждого целевого сегмента рынка с учетом реальных потребностей и возможностей потенциальных пользователей;

3) определить в условиях ограниченности ресурсов оптимальный вариант поставки ПП в целевые сегменты рынка, обеспечивающий IT-компания необходимый уровень рентабельности ведения бизнеса.

Многовариантность решения последней задачи обусловлена следующими причинами:

1) множественностью версий ПП и бизнес-моделей их распространения, предлагаемых для тиражирования ПП; разнообразием услуг по каждому варианту, различной эффективностью вариантов поставки, зависящей от емкости сегмента, ценовой политики и затрат на тиражирование;

2) ограниченностью финансовых и трудовых ресурсов компании на продвижение и поставку продукта, техническую поддержку и обслуживание пользователей.

С точки зрения классического маркетинга [1, 2] решение задач выбора вариантов поставки в условиях ограниченных ресурсов заключается в определении продуктово-рыночной матрицы в виде множества товарных предложений, удовлетворяющих требованиям потребителей в выделенных целевых сегментах рынка, и разработке на ее основе продуктового портфеля. В работах [3, 4] задачи такого класса относятся к формированию оптимальной производственной программы предприятия, обеспечивающей необходимый компромисс между ресурсными возможностями производителя, потребностями потребителей, величиной потенциальной прибыли от реализации программы и затратами на ее получение. В публикациях [5–8] рассматриваются модели и процедуры оптимизации управления портфелем проектов IT-компания. В [9, 10] излагаются подходы к разработке оптималь-

* Здесь и далее в силу специфики понятия программного продукта под тиражированием будем понимать процессы продвижения и поставки ПП на целевые сегменты рынка.

ного решения по выпуску линейки продуктов, востребованных определенной группой пользователей. В данной статье в развитие описанных выше подходов рассматривается задача принятия решений по выводу на целевые рынки тиражных программных продуктов, различных по функционалу и бизнес-моделям поставки, в условиях ограниченных ресурсов IT-компании.

Постановка задачи. Пусть $S = \{1, 2, \dots, j, \dots, m\}$ – множество целевых сегментов рынка, на которые компания планирует выйти со своим ПП. Потенциальным потребителям в каждом целевом сегменте предлагается множество дифференцированных по функционалу версий ПП $F = \{1, 2, \dots, f, \dots, d\}$: полнофункциональная версия; дифференцированный набор функций в зависимости от конфигурации ПП; дифференцированный набор функций в зависимости от сложности поставки ПП.

Каждая версия ПП может поставляться на целевые сегменты рынка по определенным бизнес-моделям вариантов поставки $B = \{1, 2, \dots, b, \dots, l\}$: бесплатное распространение ПП с последующим сопровождением; распространение лицензий на коробочные версии; предоставление ПП как услуги (Software as a Service, SaaS); выделенная инсталляция ПП (Application Service Provider, ASP); кастомизация ПП в соответствии с требованиями потребителя. Декартово произведение множеств $F * B$ образует множество $V = \{1, 2, \dots, i, \dots, n\}$ – варианты поставки на целевые сегменты рынка программного продукта определенного функционала по конкретной бизнес-модели.

Тогда задачу выбора вариантов поставки ПП на целевые сегменты рынка можно представить в следующем виде. Требуется определить множество $X = \{x_{ij}\}, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$, где

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-я версия ПП будет поставлена в } j\text{-й целевой сегмент;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Традиционно в задачах портфельного управления в качестве критерия оптимальности применяются два показателя, влияющих на эффективность ведения бизнеса:

- 1) максимизация суммарной прибыли при продвижении и поставке ПП

$$Z_1 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_{ij} \cdot x_{ij} \rightarrow \max, \quad (1)$$

где p_{ij} – нормативная (желаемая) прибыль от тиражирования i -го варианта поставки ПП в j -й сегмент;

- 2) минимизация затрат (инвестиций) на продвижение и поставку ПП на целевые рынки

$$Z_2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m v_{ij} \cdot x_{ij} \rightarrow \min, \quad (2)$$

где v_{ij} – плановый объем инвестиций при тиражировании i -го варианта поставки ПП в j -м сегменте.

В классической литературе по маркетингу [1, 2] отмечается, что для оценки эффективности ведения бизнеса в определенном сегменте рынка наряду с количественными показателями оценки целесообразно рассматривать и качественные характеристики привлекательности сегментов. С учетом этого целевая функция может быть представлена в виде интегрального показателя привлекательности тиражирования в целевые сегменты рынка

$$Z_3 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m w_{ij} \cdot x_{ij} \rightarrow \max, \quad (3)$$

где w_{ij} – интегральная привлекательность тиражирования i -го варианта поставки ПП в j -м сегменте.

Выбор конкретного варианта решения задачи зависит от наличия в компании узкопрофильных специалистов (программистов, системных администраторов, менеджеров продаж, специалистов службы поддержки и др.), обеспечивающих бизнес-процессы поставки продукта и технической поддержки пользователей. Тогда ограничение по трудовым ресурсам можно представить в виде

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m t_{ijk} \cdot x_{ij} \leq T_k, k = \overline{1, t}, \quad (4)$$

где t_{ijk} – требуемые трудовые ресурсы k -й группы узкопрофильных специалистов для обеспечения процессов тиражирования i -го варианта поставки ПП в j -м сегменте, чел.-ч / чел.-мес; T_k – плановые трудозатраты k -й группы узкопрофильных специалистов.

Кроме того, ввиду ограниченности финансовых ресурсов IT-компании количество целевых сегментов, в которые компания предполагает тиражировать свой продукт, должно быть ограничено:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} \leq N, i = \overline{1, n}, \quad (5)$$

где N – максимальное допустимое количество целевых сегментов.

При этом малая IT-компания заинтересована в реализации для каждого сегмента только одного варианта поставки ПП:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, j = \overline{1, m}. \quad (6)$$

Это позволит повысить качество позиционирования продукта в целевом сегменте рынка, обеспечить специализацию профильных сотрудников компании по обслуживанию потребителей сегмента, исключить необходимость в поддержке нескольких вариантов поставки ПП, что в конечном счете приведет к снижению общих трудозатрат на обеспечение процессов продвижения и поставки ПП.

Постановка задачи (1)–(6) в виде многокритериальной задачи целочисленного линейного программирования обуславливает необходимость поиска вариантов тиражирования ПП по нескольким критериям одновременно. Однако получение единственного решения, соответствующего одновременно экстремуму нескольких целевых функций, является редким исключением. Поэтому поиск компромиссного варианта решения, максимально удовлетворяющего требованиям по всем критериям, часто основывается на формальных правилах предпочтения лица, принимающего решение (ЛПР).

Алгоритм решения задачи. Для поиска решения по каждому критерию целесообразно использовать метод главного критерия как наиболее часто употребляемого в инженерной практике, согласно которому многокритериальная задача сводится к однокритериальной путем выделения одного наиболее важного критерия и перевода остальных целевых функций в разряд ограничений [11]. В случае если ЛПР затрудняется выделить главный критерий, имеет смысл искать оптимальное решение среди следующих альтернативных решений:

- максимизация суммарной прибыли от тиражирования ПП при ограничениях на объем затрат при продвижении и поставке ПП, количество целевых сегментов, значение интегрального показателя привлекательности сегментов;
- минимизация затрат на продвижение и поставку ПП при ограничениях на величину прибыли от тиражирования ПП, значение интегрального показателя привлекательности, количество целевых сегментов;
- максимизация интегрального показателя привлекательности при ограничении объема затрат на тиражирование ПП, количества целевых сегментов, величины прибыли.

Выбор компромиссного варианта для решения представленной задачи предлагается производить на основе интегрального показателя эффективности ведения бизнеса

$$E_r = \alpha_1 \frac{V}{V_r} + \alpha_2 \frac{P_r}{P} + \alpha_3 \frac{W_r}{W} + \alpha_4 \frac{N}{N_r}, \quad (7)$$

где $\alpha_l, l = \overline{1, 4}$ – коэффициенты относительной важности параметров интегрального показателя эффективности ведения бизнеса, задаваемые ЛПР при поиске компромиссного решения; V – максимальный объем затрат (инвестиций), которые компания готова выделить для тиражирования программного продукта на целевые рынки; P – минимальное значение прибыли, которую компания ждет получить; W – максимально возможное значение интегрального показателя привлекательности сегмента; N – максимальное количество целевых сегментов, в которых IT-компания предполагает осуществлять продвижение и поставку ПП; V_r, P_r, W_r, N_r – соответственно значения, получаемых в процессе решения задачи затрат на тиражирование ПП, суммарной прибыли, привлекательности вариантов поставки ПП в сегменты, количество целевых сегментов рынка.

С учетом вышеизложенного алгоритм решения задачи может быть представлен в виде последовательности шагов.

Шаг 1. Определение ЛПР исходных граничных параметров ведения бизнеса: минимальной прибыли от тиражирования ПП, максимально допустимого объема затрат на продвижение и поставку ПП, минимального значения интегрального показателя привлекательности сегментов.

Шаг 2. Выбор одного из критериев в качестве главного.

Шаг 3. Итерационное решение однокритериальной задачи оптимизации путем итерационного изменения максимально допустимого количества целевых сегментов от 1 до m и в случае нахождения решения (выполнения всех ограничений) сохранение его как одного из допустимых. Шаги 2 и 3 повторяются путем последовательного выбора одного из критериев в качестве главного.

Шаг 4. Выбор из множества допустимых решений решения, оптимального по Парето.

Шаг 5. Определение коэффициентов относительной важности параметров интегрального показателя эффективности ведения бизнеса, расчет показателя для каждого Парето-оптимального решения. Решение с максимальным значением показателя эффективности принимается в качестве коммерческого.

Оценки первичных параметров математической модели. В условиях высокой степени неопределенности для оценивания параметров привлекательности сегментов предлагается использовать метод экспертных оценок в комбинации с методом ПЕРТ [12]. При этом с учетом рекомендаций [13, 14] в качестве исходной информации для экспертов предлагаются характеристики рыночной привлекательности целевых сегментов, конкурентоспособности ПП в целевых сегментах и возможностей работы компании в этих сегментах (табл. 1).

Таблица 1

Показатели рыночной привлекательности целевых сегментов

Характеристика	Описание характеристики
<i>Рыночная привлекательность целевых сегментов</i>	
Емкость и тенденция изменения сегмента	Состояние динамики роста или снижения числа предприятий – потенциальных потребителей ПП
Уровень информационной инфраструктуры	Наличие и качество информационных сервисов на предприятиях сегмента
Возможность расширения ассортимента ПП и услуг	Потенциальные потребности предприятий в других продуктах и услугах компании
<i>Конкурентоспособность ПП</i>	
Соответствие характеристик ПП потребностям потребителей	Степень необходимых доработок (адаптации) ПП для удовлетворения потребностей потребителей сегмента
Присутствие ПП конкурентов и известность брендов	Наличие и количество ПП конкурентов, схожих по функциональности
Уровень уникальности ПП	Наличие в ПП уникальных преимуществ перед аналогами
<i>Возможность эффективной работы компании в сегменте</i>	
Доступность потребителей	Возможность компании осуществлять необходимые коммуникации с потребителями сегмента как с точки зрения поставки ПП, так и последующего сопровождения
Технологическая мобильность компании	Возможность и скорость реагирования компании на появление в сегменте конкурентов
Опыт компании по обслуживанию потребителей	История успеха компании по взаимодействию с предприятиями, схожими с потребителями сегмента по форме собственности, размеру, технологии внедрения и сопровождения ПП, специфике организации закупок и другим характеристикам
Соответствие стратегическим целям и ключевой компетентности компании	Степень соответствия специализации компании профилю деятельности потребителей сегмента

Оценки параметров привлекательности целевых сегментов могут быть определены экспертами по оптимистическому o , пессимистическому p и реалистическому b вариантам. Средняя оценка привлекательности по k -му параметру определяется по выражению $w_{ijk} = (w_{ijk}^o + 4w_{ijk}^b + w_{ijk}^p)/6$. **Величина нормативной (желаемой) прибыли** от тиражирования i -го варианта поставки ПП в j -м сегменте определяется экспертами на основе прогнозного объема продаж и затрат, необходимых для осуществления продвижения ПП и оказания комплекса сопутствующих услуг. **Плановый объем инвестиций на тиражирование** i -го варианта поставки ПП в j -м сегменте можно вычислить как определенный процент от **нормативной прибыли**.

Контрольный пример: выбор вариантов поставки ПП «Электронное расписание» на рынок среднеспециальных и высших учебных заведений Сибирского федерального округа (СФО) России. Базовый рынок, планируемый для продвижения и поставки ПП, представлен 24 целевыми сегмен-

тами среднеспециальных и высших учебных заведений СФО (12 субъектов, 2 типа учебных заведений, количество учебных групп не более 100). Исходные данные для решения задачи сформированы на основе справочника [15] по состоянию на 13.01.2015 г. Программный продукт «Электронное расписание» планируется тиражировать по двум бизнес-моделям поставки: тиражирование SaaS-версии продукта; тиражирование выделенной ASP-версии электронного расписания. При этом модель SaaS может использоваться ссузами и вузами, в то время как модель ASP – только вузами. Исходное количество альтернативных вариантов тиражирования ПП «Электронное расписание» в выделенные сегменты рынка равно 36.

В результате решения задачи получен 31 вариант допустимых решений. При выборе компромиссного решения весовые коэффициенты относительной важности параметров интегрального показателя эффективности ведения бизнеса выбраны равнозначными со значением 0,25. Характеристики лучших компромиссных решений по каждому критерию представлены в табл. 2.

Таблица 2

Характеристики компромиссных вариантов решений

Критерий оптимальности	Характеристики компромиссных решений				
	Количество сегментов	Привлекательность	Прибыль	Затраты	Интегральный показатель ведения бизнеса
1. Максимизация прибыли	8	8,013	268,7	292,2	2,55
2. Минимизация затрат	6	8,033	60,1	202,8	2,11
3. Максимизация показателя привлекательности сегментов	13	8,162	258,9	288,0	2,14

В качестве оптимального решения ЛПП выбран вариант получения максимальной прибыли от продвижения и поставки ПП «Электронное расписание», при этом само решение выглядит следующим образом: **поставка SaaS-версии** осуществляется в ссузы Алтайского края, Иркутской области, Кемеровской области, Красноярского края, Новосибирской и Омской областей; **поставка ASP-версии** – в вузы Кемеровской области и Красноярского края.

Заключение. Анализ результатов решения задачи выбора вариантов поставки ПП «Электронное расписание» на рынок среднеспециальных и высших учебных заведений СФО позволяет сделать вывод о пригодности предложенной модели и алгоритма для решения практических задач. Сформированное множество ПП, дифференцированных по функционалу и бизнес-моделям вариантов поставки, с учетом возможностей компании и особенностей рынка потенциальных пользователей может быть положено в основу разработки комплекса маркетинговых мероприятий по выбору каналов, средств и инструментов маркетинговых коммуникаций по продвижению на целевые рынки программных продуктов компании. Предложенные в статье четыре критерия оптимальности позволяют описывать задачу выбора ПП, дифференцированных по функционалу и бизнес-моделям вариантов поставки, в виде альтернативных моделей и использовать другие методы решения многокритериальных задач. Полученные результаты могут быть полезны руководителям и менеджерам мелких IT-компаний при формировании стратегий продвижения собственных программных продуктов на перспективные сегменты рынка.

Литература

1. Уэбстер Ф. Основы промышленного маркетинга. – М.: Изд. дом Гребенникова, 2005. – 416 с.
2. Ламбен Ж.-Ж. Менеджмент, ориентированный на рынок. Стратегический и операционный маркетинг: учеб. / пер. с англ. В.Б. Колчанова. – СПб.: Питер, 2007. – 800 с.
3. Евенко Л.И. Математические методы в планировании отраслей и предприятий / Л.И. Евенко, И.Г. Попов; под ред. И.Г. Попова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Экономика, 1981. – 335 с.
4. Португал В.М. Модели планирования на предприятии / В.М. Португал, А.И. Семенов. – М.: Наука, 1978. – 269 с.
5. Матвеев А.А. Модели и методы управления портфелями проектов / А.А. Матвеев, Д.А. Новиков, А.В. Цветков. – М.: ПМСОФТ, 2005. – 206 с.
6. Project Ranking-Based Portfolio Selection Using Evolutionary Multiobjective Optimization of a Vector Proxy Impact Measure / S.S. Bastiani et al. // Proceedings of the Eureka Fourth International Workshop, Mazatlan, Mexico. – November 2013. – P. 6–8.

7. Авдошин С.М. Формирование портфеля проектов на основе нечеткой модели многокритериальной оптимизации / С.М. Авдошин, А.А. Лифшиц // Бизнес-информатика. – 2014. – № 1 (27). – С. 14–22 [Электронный ресурс]. – URL: [http://bijournal.hse.ru/2014--1%20\(27\)/120009894.html](http://bijournal.hse.ru/2014--1%20(27)/120009894.html) (дата обращения: 09.02.2015).
8. Ехлаков Ю.П. Функциональные и математические модели управления портфелем услуг фирмы-посредника – постановка проблемы / Ю.П. Ехлаков, А.А. Ефимов // Доклады Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. – 2011. – № 1 (23). – С. 124–131.
9. Kang K. Feature-Oriented Product Line Engineering / K. Kang, J. Lee, P. Donohoe // IEEE Software. – 2002. – July/August. – P. 58–65.
10. Enhancing marketing with engineering: Optimal product line design for heterogeneous markets / Michalek J.J. et al. // International Journal of Research in Marketing. – 2011. – No 28. – P. 1–12.
11. Подиновский В.В. Оптимизация по последовательно применяемым критериям / В.В. Подиновский, В.М. Гаврилов. – М.: Сов. радио, 1975. – 192 с.
12. Фатрелл Роберт Т. Управление программными проектами. Достижение оптимального качества при минимуме затрат / Роберт Т. Фатрелл, Дональд Ф. Шафер, Линда И. Шафер. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2004. – 1136 с.
13. Анализ ассортимента с помощью матрицы McKinsey – General Electric [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://powerbranding.ru/biznes-analiz/matrica-mckinsey/>, свободный (дата обращения: 20.06.2014).
14. Что такое привлекательность рынка и как ее оценить? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://powerbranding.ru/rynok/ocenka-privlekatelnosti/>, свободный (дата обращения: 20.06.2014).
15. Российское образование: справочник [Электронный ресурс]: федеральный портал «Российское образование». – Режим доступа: <http://www.edu.ru/>, свободный (дата обращения: 09.02.2015).

Ехлаков Юрий Поликарпович

Д-р техн. наук, профессор, зав. каф. автоматизации обработки информации ТУСУРа

Тел.: 8 (382-2) 41-41-31

Эл. почта: ure@tusur.ru**Бараксанов Дмитрий Николаевич**

Аспирант каф. автоматизации обработки информации ТУСУРа

Тел.: 8 (382-2) 70-15-57

Эл. почта: bdn@tusur.ru

Ekhlaqov Y.P., Baraksanov D.N.

The multicriteria decision support problem to choose delivery options for the line of software products to the target markets

The multicriteria replication problem of differentiated software products by functional and delivery business models was considered. Were taken the following optimality criteria: minimum promotion costs, maximum total profit and attractiveness of market segments. The search of compromise decision is conducted for each criterion according to the decision principle under the form of an additive contacts convolution of desired and actual costs, profit, attractiveness and number of segments. The case of delivery options for the software «Electronic timetable» designed for the secondary institutions and universities of the Siberian Federal District market was described.

Keywords: decision support, market of software products, line of software products, replication, multicriteria problem, method of the main criterion, compromise decision.