Регион: экономика и социология, 2008, № 3, с. 23–32

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ИНВЕСТИЦИЙ В РЕГИОНАЛЬНЫЕ ТУРИСТИЧЕСКИЕ ПРОЕКТЫ

С.Н. Мартышенко, Н.С. Мартышенко

Владивостокский государственный университет экономики и сервиса

Аннотация

Рассматривается модель оптимизации планирования инвестиций в развитие туристского комплекса региона. Критерий эффективности выбора вариантов планов построен с учетом синергетического эффекта. Одним из достоинств модели является то, что целевая функция и система ограничений представлены линейными функциями, что позволяет решать задачу достаточно большой размерности.

Ключевые слова: инвестиционный проект, календарный план, синергетический эффект, математическая модель, туристский комплекс

Сегодня можно констатировать, что экономика России стабилизируется. Одним из признаков этого является то, что правительство страны рассматривает крупные проекты, затрагивающие интересы больших слоев населения. Среди приоритетов – развитие Дальнего Востока, так как проблема социально-экономического развития Дальневосточного региона стоит настолько остро, что под угрозой оказывается территориальная целостность России. Самостоятельно решить все проблемы регион не может. Необходимы централизованные инвестиции и создание условий для активизации частных инвесторов. И тут возникает вопрос об оптимальном распределении инвестиций с учетом сложившихся в регионе экономических условий. Поставленные цели могут быть достигнуты, если будут соблюдены два принципа. Во-первых, нужно правильно выбрать точки экономического роста. Это должны быть такие проекты, которые станут локомотивами экономики не только региона, но и страны в целом [1, 2]. Во-вторых, на фоне сложной демографической обстановки в регионе важно оптимизировать последовательность реализации новых проектов, способствующих повышению уровня и качества жизни населения и, соответственно, воспроизводству производительных сил региона.

Оба этих принципа полностью укладываются в рамки синергетического подхода к планированию позитивных сдвигов социально-экономических систем региона. Развитие методов, основанных на использовании синергетического подхода, является новой областью науки. В.С. Степин отмечает: «Пользу же конкретных моделей синергетики (динамики нелинейных систем) мало кто подвергает сомнению. Исследование и технологическое освоение развивающихся систем сегодня определяет передний край научно-технического развития» [3, с. 5].

В данной статье мы предлагаем рассмотреть математическую модель, демонстрирующую синергетический эффект при планировании возведения новых объектов туристской индустрии, которая является одной из перспективных многоотраслевых систем экономики края, обладающего уникальными природными ресурсами. Ряд моделей, позволяющих оптимизировать структуру развития туристского комплекса региона, представлены в наших предыдущих работах [4, 5]. С помощью этих моделей возможно осуществить отбор инвестиционных проектов, в совокупности обусловливающих усиление синергетического эффекта для развития туристской индустрии. Здесь мы рассмотрим еще один вариант модели. Задача состоит в отборе из n проектов представленного портфеля серии из m проектов, удовлетворяющих установленным ограничениям, и составлении для них календарного плана, имеющего максимальный синергетический эффект. Количество представленных на рассмотрение проектов n несколько избыточно, поэтому заранее неизвестно, сколько именно проектов будет отобрано для реализации. То есть предлагаемая задача в первую очередь является задачей выбора проектов, а во вторую – задачей календарного планирования.

Как известно, календарный план представляет собой перечень работ с указанием сроков начала и завершения работ. Мы рассматриваем планы реализации крупных региональных программ, в которых в качестве работ выступают отдельные проекты. Отличие от классической задачи календарного планирования состоит, с одной стороны, в том, что не все представленные в программе проекты могут быть реализованы, и, с другой стороны, в том, что срок реализации проектов регламентирован и определяется способом финансирования всей программы. Для крупных проектов характерно еще и то, что они в большей степени логически независимы в смысле порядка следования по сравнению с планированием работ в рамках более мелкого отдельного проекта.

Поскольку срок реализации программы, состоящей из серии проектов, зависит от способа финансирования, вначале определим процедуру финансирования.

Пусть объем финансирования программы, рассчитанный на G лет (плановый период), составляет Ω_0. Финансирование в плановый период осуществляется по годам. Тогда

$$\Omega_0 = \sum_{j=1}^{G} \Omega_j, \tag{1}$$

где Ω_j – объем финансирования в год j ($j = \overline{1, G}$).

Если выделенные средства в отдельном году не расходуются, то остаток переносится на следующий финансовый год и т.д. Для определенности будем полагать, что в течение планового периода, состоящего из G лет, все средства должны быть израсходованы. Однако это условие может принимать и другой вид. Например, можно потребовать, чтобы все проекты были завершены в течение планового периода G, когда производится их финансирование.

Существует множество вариантов задания календарного плана. Для формализации определения календарного плана мы используем набор бинарных переменных X:

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{G1} & x_{G2} & \dots & x_{Gn} \end{pmatrix}, \tag{2}$$

где

$$x_{ji} = \begin{cases} 1 \text{ – если в } j\text{-й год начинается реализация } i\text{-го проекта} \\ 0 \text{ – если в } j\text{-й год не начинается реализация } i\text{-го проекта} \end{cases};$$

i – номер проекта ($i = \overline{1, n}$);

j – номер года с начала планового периода ($j = \overline{1, G}$).

Очевидно, что имеет место вариантность допустимых календарных планов. Следовательно, сроки начала работы над проектами могут быть определены в результате поиска решения некоторой оптимизационной задачи. В качестве целевой функции задачи можно выбрать общее количество потребителей, которое может быть привлечено после реализации m проектов рассматриваемой программы.

В описании календарного плана обычно определяются и сроки завершения работ (у нас – проектов). Вместо сроков завершения проектов в задаче рассматривается срок начала эксплуатации объектов, ассоциированных с каждым проектом. Эксплуатация объектов, ассоциированных с проектом i, начинается с года, следующего за годом завершения проекта. Номер года g_i начала эксплуатации объектов, ассоциированных с проектом i, отсчитывается от начала планового периода и может принимать значения из ряда натуральных чисел 2, …, $G + 1$. Сроки начала эксплуатации реализованных проектов могут быть заданы также с помощью набора бинарных переменных Y. Количество столбцов матрицы Y равно n – по числу рассматриваемых проектов, а количество строк ν в зависимости от условий задачи может быть равно либо $G + 1$, либо $G + 2$. Содержательный смысл элементов матрицы Y определяется условием

$$y_{\psi i} = \begin{cases} 1 - \text{если в } \psi\text{-й год начинается эксплуатация объектов} \\ \qquad i\text{-го проекта} \\ 0 - \text{если в } \psi\text{-й год не начинается эксплуатация объектов} \\ \qquad i\text{-го проекта} \end{cases}, \qquad (3)$$

где i – номер проекта ($i = \overline{1, n}$); ψ – номер года с начала планового периода ($\psi = \overline{1, \nu}$).

Расчет переменных Y производится на основе переменных X и времени, необходимого на реализацию проектов, которое определяется в описании проектов.

Перейдем к описанию параметров проектов. Предполагается, что для каждого проекта, из числа которых отбираются самые перспективные, определены длительность реализации проекта τ_i, общий объем финансирования C_i^0 $(i=\overline{1,n})$ и необходимые объемы финансирования по годам:

$$C_i^0 = \sum_{t_i}^{\tau_i} c_i^{t_i}, \tag{4}$$

где i – номер проекта $(i=\overline{1,n})$; $c_i^{t_i}$ – необходимые объемы финансирования i-го проекта по годам t_i $(t_i=\overline{1,\tau_i})$; τ_i – длительность реализации i-го проекта, лет.

Длительность реализации наиболее продолжительного проекта определяется по формуле

$$\tau = \max_i(\tau_i). \tag{5}$$

Параметры $c_i^{t_i}$ сведем в матрицу C размерности $(n\times\tau)$. Незаполненным элементам матрицы присвоим значение ноль. Матрица C задает потребность в финансировании проектов по годам.

При завершении проекта нереально ожидать, что объекты сразу достигнут своей максимальной загрузки. Если такое происходит, то эти объекты бесперспективны и устареют еще до своего ввода. Поэтому для каждого проекта определим три параметра:

q_i^u – количество потребителей, привлекаемых в первый год после реализации i-го проекта $(i=\overline{1,n})$;

q_i^k – количество потребителей, привлекаемых при максимальной загрузке объектов, реализованных в i-м проекте $(i=\overline{1,n})$;

T_i – срок вывода объектов на максимальную загрузку.

Считается, что прирост потребителей по годам от 1 до T_i подчиняется линейному закону. Это предположение не сужает общности рассуждений, поскольку в данном случае любая нелинейная функция может быть представлена кусочно-линейной. Параметры q_i^u, q_i^k, T_i для каждого проекта оцениваются при условии, что не будут реализованы все остальные проекты.

Однако отдельные проекты могут в сочетании обладать значительным синергетическим эффектом. Наличие синергетического эффекта задается рядом дополнительных параметров. Формально каждое сочетание реализованных проектов, обладающее синергетическим эффектом, задается бинарным вектором $S_r = (s_{r1}, s_{r2}, ..., s_{rn})$, $r = \overline{1, R}$. Элементы вектора S_r определяются условием

$$s_{ri} = \begin{cases} 1 - \text{если } i\text{-й проект входит в } j\text{-ю комбинацию,} \\ \quad \text{обладающую синергетическим эффектом} \\ 0 - \text{если } i\text{-й проект не входит в } j\text{-ю комбинацию,} \\ \quad \text{обладающую синергетическим эффектом} \end{cases}. \qquad (6)$$

Синергетический эффект проявляется, когда реализуется заданная комбинация проектов. Для каждой комбинации вводится три дополнительных параметра p_r^u, p_r^k, T_r' $(r = \overline{1, R})$, являющихся аналогами параметров q_i^u, q_i^k, T_i в ситуации возникновения синергетического эффекта.

Полная загрузка всех введенных объектов произойдет не позднее чем через G' лет $(G' > G)$. Максимальное значение для G' определяется по формуле

$$G' = \max_i (G + T_i) . \qquad (7)$$

Поэтому для определения суммарного эффекта от реализации всех проектов нужно рассматривать период в G' лет.

Для формализации синергетического эффекта при реализации заданных комбинаций проектов S_r $(r = \overline{1, R})$ введем набор бинарных переменных Z, представленных матрицей размерности $(G' \times R)$. Содержательный смысл переменных $z_{\gamma r}$ $(\gamma = \overline{1, G'}, r = \overline{1, R})$ определяется условием

$$z_{\gamma r} = \begin{cases} 1 - \text{если в } \gamma\text{-й год реализована } S_r\text{-я комбинация проектов} \\ 0 - \text{если в } \gamma\text{-й год не реализована } S_r\text{-я комбинация проектов} \end{cases}, \qquad (8)$$

где r – номер комбинации проектов, обладающей синергетическим эффектом $(r = \overline{1, R})$; γ – номер года с начала планового периода $(\gamma = \overline{1, G'})$.

Заметим, что если матрицы переменных X и Y могут содержать не более одной единицы в каждом столбце, то матрица Z может содержать несколько единиц в каждом столбце. Все элементы первой строки матрицы Z равны нулю, поскольку ни один проект и, соответственно, ни одна их комбинация в первый год планового периода не реализованы.

После определения основных параметров можно записать оптимизационную математическую модель задачи. Рассмотрим систему ограничений задачи.

Переменные X должны удовлетворять ограничениям, отражающим условие единственности начальной даты работы над проектом (***первая группа ограничений***):

$$\sum_{j=1}^{G} x_{ji} \le 1, \quad i = \overline{1, n}. \tag{9}$$

Вторая группа ограничений определяет условия финансирования по годам:

$$\theta_j \le \sum_{\xi=1}^{j} \Omega_\xi - \sum_{\xi=1}^{j-1} \Omega_\xi, \tag{10}$$

где j – номер года с начала планового периода ($j = \overline{1, G}$); θ_j – расходы, связанные с реализацией всех проектов в j-й год.

Параметры θ_j определяются через переменные X и матрицу C, отражающую потребность в финансировании проектов по годам.

Сроки начала эксплуатации объектов Y и комбинации объектов с синергетическим эффектом, заданные параметрами S_r ($r = \overline{1, R}$), определяют переменные Z. Система неравенств, из которых определяются переменные Z, составляет ***третью группу ограничений***. Поскольку эти ограничения достаточно сложные, мы их не приводим.

Указанные три группы ограничений являются основными ограничениями рассматриваемой оптимизационной задачи. Прочие ограничения могут проистекать из конкретных проектов и условий их реализации.

В качестве целевой функции, определяющей выбор проектов из представленного портфеля, выступает общее число потребителей, привлеченных после реализации выбранных проектов при выходе объектов на максимальную загрузку с учетом синергетического эффекта.

Прежде чем записать целевую функцию, затабулируем значения функций изменения числа потребителей после реализации каждого из проектов (см. таблицу). Размерность таблицы – ($G' \times n$). Значения $F_{\gamma i}$ ($\gamma = \overline{1, G'}$; $i = \overline{1, n}$) рассчитываются по формуле

$$F_{\gamma i} = \begin{cases} q_i^u + (\gamma - 1)\dfrac{q_i^k - q_i^u}{T_i}, & \text{если} \quad \gamma < T_i \\ q_i^k, \quad \text{если} \quad \gamma \geq T_i \end{cases} . \tag{11}$$

Аналогично рассчитаем значения функций изменения числа потребителей, привлекаемых при реализации комбинаций проектов, обладающих синергетическим эффектом. Для расчета используем параметры p_r^u, p_r^k, T_r'. Значения сведем в матрицу λ размерности $(G' \times r)$. Элементы матрицы – $\lambda_{\gamma r}$ $(\gamma = \overline{1, G'}, r = \overline{1, R})$.

Функции изменения числа потребителей по годам

Год	Проект 1	Проект 2	Проект 3	...	Проект *n*
1-й	F_{11}	F_{12}	F_{13}	...	F_{1n}
2-й	F_{21}	F_{22}	F_{23}	...	F_{2n}
...	...	...	...	...	
G'-й	$F_{G'1}$	$F_{G'2}$	$F_{G'3}$	...	$F_{G'n}$

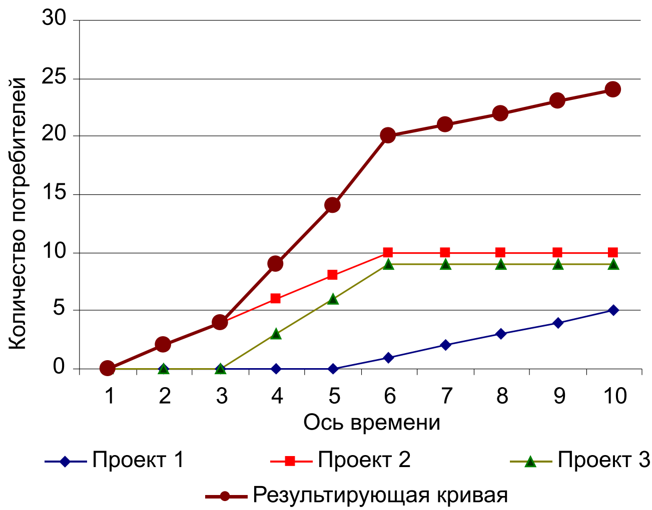

Рис. 1. Количество потребителей после реализации проектов без учета синергетического эффекта

С учетом введенных обозначений можно записать целевую функцию оптимизационной задачи, выражающую количество потребителей, которое может быть привлечено в результате реализации группы проектов с учетом синергетического эффекта:

$$L=\sum_{\psi=2}^{\nu}\sum_{i=1}^{n} y_{\psi i}\sum_{\eta=1}^{G'-2-\psi} F_{\eta i}+\sum_{\gamma=2}^{G'}\sum_{r=1}^{R}(z_{\gamma r}-z_{\gamma-1,r})\sum_{\eta=1}^{G'-2-\gamma}\lambda_{\eta r}\rightarrow \max. \quad (12)$$

Синергетический эффект учитывается с помощью второй компоненты целевой функции. Влияние синергетического эффекта демонстрируется гипотетическим примером, представленным тремя проек-

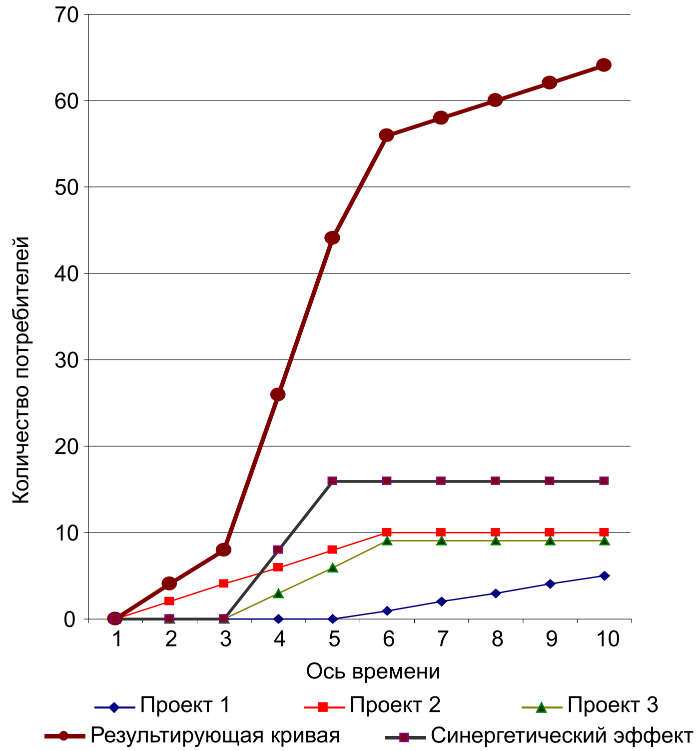

Рис. 2. Количество потребителей после реализации проектов с учетом синергетического эффекта

тами (рис. 1, 2). На рисунке 1 показано количество привлекаемых потребителей при вводе трех проектов по отдельности – через один год, три и пять лет соответственно и результирующая кривая. На рисунке 2 демонстрируется синергетический эффект, который возникает при совместной реализации проектов 2 и 3.

В модели могут быть использованы и иные критерии, например интегральные [6]. В настоящее время разрабатываются другие варианты синергетической модели с различными видами целевых функций. Так, для туристского комплекса большое значение имеет социальный эффект.

С помощью модели можно исследовать эффективность не только проектов, напрямую касающихся туристской индустрии, но и проектов, относящихся к другим социально-экономическим системам. Главным достоинством представленной модели является то, что она описывается линейными функциями, что позволяет решать задачи достаточно большой размерности с использованием стандартных программных средств. Все вспомогательные расчеты по формированию ограничений и целевой функции выполняются с помощью специальной программы. В настоящее время модель прошла апробацию на модельных данных.

Литература

1. **Кулешов В.В.** Стратегические проекты развития важнейших хозяйственных комплексов // Регион: экономика и социология. – 2006. – № 1. – С. 94–112.

2. **Минакир П.А.** Региональные программы и стратегии: Дальний Восток // Регион: экономика и социология. – 2007. – № 4. – С. 19–31.

3. **Степин В.С.** Саморазвивающиеся системы и философия синергетики // Путь в будущее – наука, глобальные проблемы, мечты и надежды: Мат. междунар. конф. (Москва, 26–28 ноября 2007 г.). – М., 2007. – С. 5–11.

4. **Мартышенко С.Н., Мартышенко Н.С., Гусев Е.Г.** Модели формирования структурных сдвигов регионального туристского комплекса // Регион: экономика и социология. – 2007. – № 4. – С. 166–177.

5. **Мартышенко С.Н.** Оптимизационные модели реструктуризации туристского комплекса региона // Математические методы в технике и технологиях: Сб. тр. XX Междунар. науч. конф. (28–31 мая 2007 г.): В 10 т. – Ярославль, 2007. – Т. 8. – С. 98–103.

6. **Гречишкина М.В., Ивахник Д.Е.** Выбор оптимального варианта инвестиций (оптимизационный подход) // Финансовый менеджмент. – 2003. – № 3. – С. 29–34.