

## Государственная поддержка развития инновационного бизнеса в отрасли связи и информатизации

© 2010 К.В. Урывская

Всероссийский НИИ проблем вычислительной техники и информатизации

© 2010 В.Г. Росс

кандидат экономических наук, заместитель начальника отдела контроля  
и одобрения кредитных рисков ОАО “ОТП Банк”

E-mail: ross@pvti.ru, ross@pvti.ru

Рассматривается задача моделирования государственной поддержки инноваций в области информационно-коммуникационных технологий. Формулируется постановка задачи и методы, использующие аппарат эволюционно-симулятивной методологии.

*Ключевые слова:* эволюционно-симулятивный метод, риск завышения, риск занижения, равновесие, инновации, информационно-коммуникационные технологии.

Отрасль связи и информатизации оказывает существенное влияние на развитие практически всех отраслей народного хозяйства. Коммерческие риски в области информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), в частности риски принятия решений о формах, размерах и сроках государственной поддержки ИКТ, многократно увеличиваются как в случае удачных, так и в случае неудачных решений. Это создает специфические угрозы экономической безопасности и в масштабе отрасли ИКТ, и в масштабе всей экономики. Среди угроз экономической безопасности России, названных в Указе Президента Российской Федерации<sup>1</sup> от 29 апреля 1996 г. многие остаются потенциально опасными и в настоящее время. Недостаточная эффективность ИКТ повышает вероятность таких угроз экономической безопасности.

В условиях рыночного хозяйства доступные государству меры управления экономикой ограничены в основном налогообложением и размещением государственных заказов. Кроме того, существуют и разнообразные специфические для отдельных отраслей методы государственной поддержки. В частности, для ИКТ особенно большое значение имеет создание технопарков. Основной задачей технопарков является формирование благоприятных условий для мелкого и среднего инновационного бизнеса, являющегося, в свою очередь, бизнесом высоких технологий.

Инновационный бизнес вообще и в области ИКТ в частности является, с одной стороны, бизнесом высокоэффективным и, с другой - бизнесом высокорисковым. Причем основным источником рисков является неопределенность, порождаемая многочисленными и принципиально не устранимыми источниками, такими, как коммерческие перспективы научно-технических

новаций; эффективность инновационного менеджмента; предпочтения потенциальных потребителей и др.

Вследствие названных причин каждый инновационный проект (ИП) и каждый его этап имеет невысокую вероятность благоприятного исхода. Экономический эффект достигается, как правило, на заключительном этапе ИП, который зависит от предыдущих этапов и имеет поэтому наименьшую вероятность благоприятного исхода. Все это создает высокий риск неэффективного вложения средств, риск отставания отрасли и, как следствие, народнохозяйственные риски и угрозы экономической безопасности.

Вместе с тем существует также и риск недостаточной поддержки инноваций, поскольку успешное завершение хотя бы небольшой доли ИП делает эффективной всю инвестиционную программу. Кроме того, риск недостатка вложений в ИП состоит в том, что недостаток инвестиций приводит к технологическому застою, который порождает те же риски и угрозы экономической безопасности, что и неэффективные вложения.

В целом, таким образом, проблема снижения рисков и угроз экономической безопасности в ИКТ предстает как проблема эффективного управления портфелем инновационных проектов в рамках технопарка. Эта проблема в научном отношении нетривиальна, так как связана с необходимостью комплексного учета вероятностей исходов этапов ИП, общих ресурсных ограничений, сложной системы логических связей между отдельными этапами ИП и общими целями и задачами технопарка.

В общем виде ИП можно представить в виде последовательности основных этапов:

$$FI \rightarrow PI \rightarrow P \rightarrow Pr \rightarrow C \rightarrow OC \rightarrow PP \rightarrow M \rightarrow Cb,$$

где *ФИ* - фундаментальное (теоретическое) исследование;

*ПИ* - прикладные исследования;

*Р* - разработка;

*Пр* - проектирование;

*С* - строительство;

*ОС* - освоение;

*ПП* - промышленное производство;

*М* - маркетинг;

*Сб* - сбыт.

Любой этап любого ИП может осуществляться в разных вариантах, которые могут отличаться друг от друга по одному или нескольким из следующих признаков: составу исполнителей работ, применяемым материалам и комплектующим, кооперационным связям, способам организации, масштабам, срокам, способам финансирования.

Каждый вариант каждого этапа ИП имеет индивидуальный размер затрат и индивидуальный ожидаемый финансовый результат, который, в частности, может быть равен нулю. Для описания формальной постановки задачи введем следующие обозначения. Мероприятием называется вариант этапа ИП либо дополнительные меры по осуществлению этапа; каждое мероприятие характеризуется стандартным набором аддитивных показателей, включая: затраты, прибыль, а также показатель, характеризующий надежность мероприятия. Надежностью мероприятия называется вероятность того, что мероприятие будет исполнено в намеченные сроки и при этом будет достигнут ожидаемый результат (научный, технический или коммерческий). Логической связью называется одно из следующих отношений между мероприятиями: “исключают друг друга”; “должно присутствовать хотя бы одно из мероприятий”; “если ..., то ...”; “независимые”.

Среди мероприятий, относящихся к одному и тому же этапу одного и того же ИП, может быть (либо не существовать) “основное” мероприятие, без реализации которого этап не может быть успешно осуществлен.

Пусть  $M_{i,j,1}$  - мероприятие, представляющее собой этап *j* ИП номер *i*;  $P_{i,j,1}$  - надежность мероприятия  $M_{i,j,1}$  (единица в индексе означает, что речь идет об “основном” мероприятии). Как правило, за счет увеличения финансирования можно принять дополнительные меры, направленные на повышение надежности мероприятия. Пусть  $M_{i,j,k}$ ,  $k=2, \dots, K(i,j)$  - “дополнительные” мероприятия, каждое из которых повышает надежность основного мероприятия  $M_{i,j,1}$ , соответственно, на величины  $P_{i,j,k}$ ,  $k=2, \dots, K(i,j)$ .

В случае если дополнительные мероприятия сами по себе, без основного, не способны обес-

печить благоприятный исход этапа ИП, надеж-

ность этапа равна:  $\sum_{k=1}^{K(i,j)} P_{i,j,k}$ , а вероятность не-

благоприятного исхода этапа *j* ИП *i* равна:

$1 - \sum_{k=1}^{K(i,j)} P_{i,j,k}$ . Если же каждое из дополнитель-

ных мероприятий способно обеспечить благоприятный исход этапа, то вероятность неблагоприятного исхода этапа *j* ИП *i* равна вероятности неблагоприятного исхода каждого из мероприятий  $M_{i,j,k}$ ,  $k=1, \dots, K(i,j)$ . Это вероятность того, что все эти мероприятия одновременно будут иметь неблагоприятный исход, выражается величи-

ной:  $\prod_{k=1}^{K(i,j)} (1 - P_{i,j,k})$ .

Итак, вероятность неблагоприятного исхода этапа *j* ИП *i* (обозначим  $Q_{i,j}$ ) равна:

$$Q_{i,j} = \begin{cases} 1 - \sum_{k=1}^{K(i,j)} P_{i,j,k}, & \text{основное и дополнительные мероприятия} \\ \prod_{k=1}^{K(i,j)} (1 - P_{i,j,k}), & \text{альтернативные мероприятия.} \end{cases} \quad (1)$$

Пусть  $Z_{i,j,k}$  - размер необходимого финансирования на мероприятие  $M_{i,j,k}$ , и  $\alpha_{i,j,k}$  - булева переменная, которая принимает значение 1, если мероприятие  $M_{i,j,k}$  принимается для осуществления (включается в план), и значение 0 - если отклоняется.

Пусть  $V$  - лимит финансирования (со стороны технопарка) всей совокупности осуществляемых в технопарке ИП в рассматриваемый период времени. Ограничение по финансированию имеет вид

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^9 \sum_{k=1}^{K(i,j)} Z_{i,j,k} \cdot \alpha_{i,j,k} \leq V. \quad (2)$$

Вероятность, что ИП номер *i* будет остановлен, на этапе *r* (обозначим  $H_{i,r}$ ) равна:

$$H_{i,r} = \prod_{j=1}^r (1 - Q_{i,j}). \quad (3)$$

ИП номер *i* может приносить прибыль не только на последнем этапе, а именно на этапе  $j = 9$ , когда осуществляется производство некоторых новых, содержащих ноу-хау, товаров и услуг. Даже начальный этап, а именно этап фундаментальных исследований, может приносить определенные дивиденды за счет продажи лицензий.

Надежность мероприятия  $M_{i,j,k}$  такова:

$$h_{i,j,k} = 1 - H_{i,j-1} \cdot (1 - P_{i,j,k}). \quad (4)$$

Если обозначить расчетную прибыль от мероприятия  $M_{i,j,k}$  через  $R_{i,j,k}$ , где  $k=1, \dots, K(i,j)$ , то ожидаемая прибыль от мероприятия  $M_{i,j,k}$  равна произведению:  $R_{i,j,k} \cdot h_{i,j,k}$ .

Целью управления ИП в технопарке за достаточно длительный промежуток времени является получение прибыли:

$$\sum_{i=1}^N R_{i,j,k} \cdot h_{i,j,k} \cdot \alpha_{i,j,k} \rightarrow \max. \quad (5)$$

Требование, чтобы этапы любого ИП осуществлялись в заданной последовательности, выражается неравенствами следующего вида:

$$\alpha_{i,j+1,k} \geq \alpha_{i,j,k} \quad (6)$$

В случае если существует набор  $G$  мероприятий, среди которых хотя бы одно должно быть непременно выполнено (например, для реализации определенной технической политики в технопарке), это требование выражается условием

$$\sum_{(i,j,k) \in G} \alpha_{i,j,k} > 1. \quad (7)$$

Среди мероприятий, в частности среди дополнительных мероприятий к одному и тому же основному, могут существовать альтернативные,

взаимно друг друга исключаящие (по техническим, организационным или иным причинам). Пусть  $W$  - набор альтернативных мероприятий. Требование альтернативности выражается условием

$$\sum_{(i,j,k) \in W} \alpha_{i,j,k} < 1. \quad (8)$$

Возможно также существование логически независимых мероприятий. Система соотношений (1 - 8) является математически корректной формулировкой задачи управления портфелем инновационных проектов в виде задачи булевого программирования. При сборе исходной информации для решения задачи управления портфелем инновационных проектов с помощью модели (1 - 8) удобно воспользоваться формами 1 - 5. Форма 1 содержит информацию об отдельном мероприятии, которое является претендентом для включения в состав некоторого инновационного проекта, выполняемого в технопарке. Форма 2 содержит дополнительную информацию о мероприятии. Форма 3 содержит данные о наименованиях инновационных проектов, выполняемых в технопарке, сроках выполнения и совокупном лимите финансирования.

Форма 1: Мероприятие

Инновационный проект		Этап		Фактическое мероприятие или мероприятие, входящее в состав сложного условного мероприятия	
Название	№ (i)	№ (j)	Описание	№ (k)	

Номера и наименования этапов: 1 - фундаментальное (теоретическое) исследование; 2 - прикладные исследования; 3 - разработка; 4 - проектирование; 5 - строительство; 6 - освоение; 7 - промышленное производство; 8 - маркетинг; 9 - сбыт.

Форма 2: Показатели мероприятия

Номер ИП (i) | Номер этапа (j) | Номер варианта (k)

Объем финансирования, тыс. руб. $(Z_{i,j,k})$	Надежность, доли ед. $(P_{i,j,k})$	Расчетная прибыль, тыс. руб. $(R_{i,j,k})$	Срок выполнения	
			Начало	Окончание

Форма 3: Лимит финансирования

Технопарк:		Перечень ИП	
Сроки		№	Название
Начало	Окончание		
Объем финансирования, тыс.руб.:			

Формирование списка мероприятий является частью исходной информации. Другой необходимой частью выступает сеть логических связей между мероприятиями. Логическая сеть между мероприятиями определяется содержанием мероприятий, а также техническими, технологическими и организационными условиями их осуществления. Пусть  $M_{i,j,k}$  - вариант  $k$  этапа  $j$  ИП номер  $i$ . Поскольку последовательность осуществления этапов любого ИП является технологической и организационной необходимостью, постольку требование, чтобы каждый последующий этап осуществлялся после предыдущего этапа ИП, выражается с помощью логических связей следующего вида:  $(M_{i,j,k}) \rightarrow (M_{i,j+1,k})$  - для всех  $i$  и всех  $k$ . Варианты осуществления одного и того же этапа одного и того же ИП могут быть альтернативными. Это требование выражается логическими условиями следующего вида:  $[M_{i,j,1}, \dots, M_{i,j,k}, \dots, M_{i,j,K}]$  - для всех  $i$  и всех  $j$ .

Кроме того, может существовать требование, чтобы этап непременно был осуществлен; иными словами, чтобы хотя бы одно из мероприятий данного этапа было реализовано. Это требование выражается с помощью логического условия следующего типа:  $\{M_{i,j,1}, \dots, M_{i,j,k}, \dots, M_{i,j,K}\}$  - для всех  $i$  и всех  $j$ . В случае если варианты осуществления этапа ИП не альтернативны и среди них существует основной вариант и дополнительные варианты, для выражения этого требования в виде логических связей необходимо вводить в рассмотрение условные мероприятия, образованные из сочетаний основного и дополнительных мероприятий для данного этапа данного ИП.

Пусть  $M_{i,j,1}^O$  - основное мероприятие на этапе  $j$  для ИП номер  $i$ , а  $M_{i,j,k}^D$ ,  $k=2, \dots, K_{ij}$  - дополнительные мероприятия. Пусть  $G_{ij}$  - множество допустимых (с технической, технологической и организационной точек зрения) комбинаций дополнительных мероприятий на этапе  $j$  для ИП номер  $i$ . Условным мероприятием  $M_{i,j,g}^U$  будем называть основное мероприятие на этапе  $j$  для ИП номер  $i$  с любым допустимым сочетанием с дополнительными мероприятиями  $g \in G_{ij}$ . В частности, если возможно осуществление одного основного мероприятия без дополнительных вариантов мероприятий, множество  $G_{ij}$  содержит элемент  $g=1$ . В этом случае требование, чтобы на этапе  $j$  для ИП номер  $i$  было осуществлено основное мероприятие с неким дополнительным выражается с помощью сочетания следующих логических условий:  $[M_{i,j,g}^U, g \in G_{ij}]$  и  $\{M_{i,j,g}^U,$

$g \in G_{ij}\}$ . В случае, если ИП состоит из единственного этапа, например, фундаментальное исследование и продажа лицензии, то  $M_{i,j,1}^O$  представит в качестве независимого мероприятия. В случае если какой-либо из этапов ИП не является обязательным, соответствующее логическое условие типа "Должен присутствовать хотя бы один из: ..." исключается. Иными словами, для соответствующих  $i$  и  $j$  может исключаться либо логическая связь  $\{M_{i,j,1}, \dots, M_{i,j,k}, \dots, M_{i,j,K}\}$ , либо логическая связь  $\{M_{i,j,g}^U, g \in G_{ij}\}$ .

Возможны ситуации, когда некий вариант выполнения этапа некоторого ИП оказывается

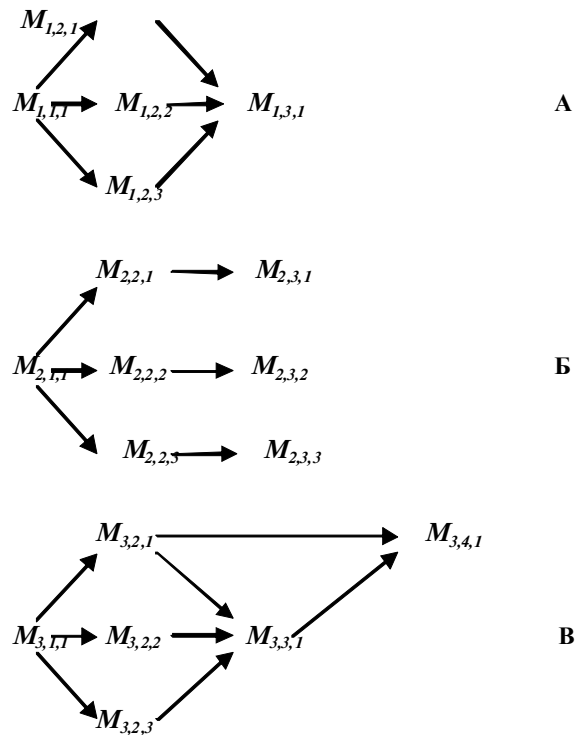


Рис. 1. Варианты связанных подсетей на множестве мероприятий

также достаточным для соответствующего этапа другого ИП. Это значит, что наряду с логическими связями вида  $(M_{i,j,k}) \rightarrow (M_{i,j+1,k})$  возможны логические связи вида  $(M_{i,j,k}) \rightarrow (M_{i',j',k'})$ , где  $i \neq i'$  или вида  $(M_{i,j,g}^U) \rightarrow (M_{i',j',g'}^U)$ , где  $i \neq i'$  и  $g \neq g'$ .

Возможны случаи, когда альтернативность мероприятий порождает ветвящиеся альтернативные цепочки. Способы расчета надежностей мероприятий с применением формул (1), (4) и (5) зависят от логических связей между мероприятиями. Некоторые характерные ситуации иллюстрирует рис. 1. Вариант основного и дополнительных мероприятий применим в случае "А"

Надежность мероприятий

Шифр мероприятия	Надежность (P)	Вероятность неблагоприятного исхода (Q)	Вероятность остановки на этапе (H)	Фактическая надежность (h)
1,1-3,1	0,90			0,90
1,4-6,1	0,75	0,25	0,68	0,08
1,4-6,2	0,65	0,35	0,59	0,15
1,7-9,1	0,65	0,51	0,37	0,22
1,7-9,2	0,50	0,51	0,32	0,34
1,7-9,3	0,55	0,51	0,24	0,34
2,2,1	0,95			0,95
2,(3,8,9),1	0,55	0,45	0,52	0,21
2,(3,8,9),2	0,75	0,25	0,71	0,07
2,(3,8,9),3	0,35	0,65	0,33	0,43
2,(3,8,9),4	0,87	0,13	0,83	0,02
2,(3,8,9),5	0,91	0,09	0,86	0,01
3,3-9,1	0,60			0,60
3,3-9,2	0,65			0,65
3,3-9,3	0,30			0,30

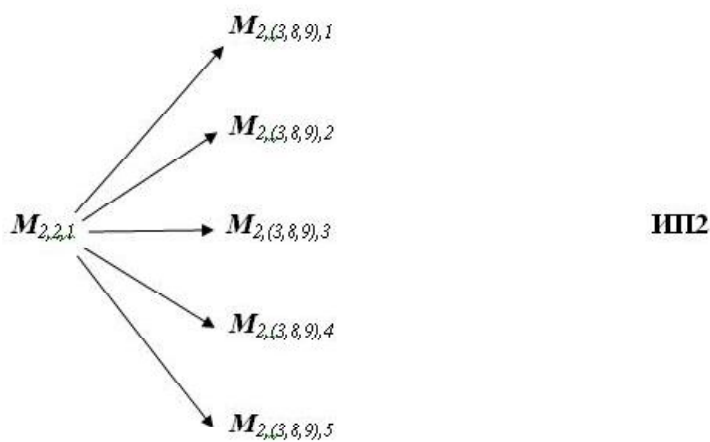
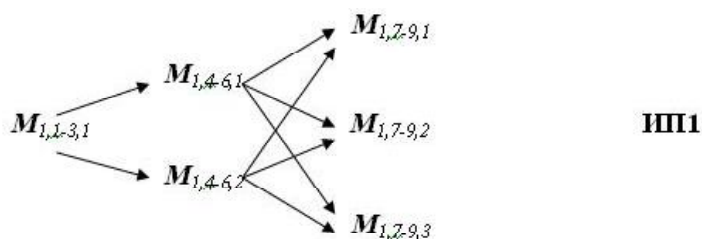


Рис. 2. Сеть логических связей на множестве мероприятий



$$(M_{2,2,1}) \rightarrow (M_{2,(3,8,9),1}, M_{2,(3,8,9),2}, M_{2,(3,8,9),3}, M_{2,(3,8,9),4}, M_{2,(3,8,9),5});$$

$$(M_{1,4-6,1}, M_{1,4-6,2}) \rightarrow (M_{1,7-9,3});$$

$$M_{3,3-9,1}; M_{3,3-9,2}; M_{3,3-9,3}$$

С учетом данных логических связей с помощью формул (1), (4) и (5) рассчитаны надежности всех мероприятий, показанные в таблице.

Исходя из данных таблицы заполнена форма 4. Сеть логических связей и данные, представленные в формах 4 и 5, достаточны для выполнения оптимизационного расчета.

На рис. 3 показан результат оптимизационного расчета. В каждой строке представлен опти-

мальный набор мероприятий, который обладает следующими свойствами: требует совокупных затрат госфинансирования в заданном пределе, не противоречит ни одному из логических ограничений, обеспечивает максимум целевому показателю. Показатель ЦП/ОР выражает рентабельность государственного финансирования (отношение совокупной прибыли к объему инвестиций).

<sup>1</sup> О Государственной стратегии экономической безопасности Российской Федерации (Основных положениях): Указ Президента Российской Федерации от 29 апр. 1996 г. □ 608. URL: <http://base.garant.ru/106503>.

*Поступила в редакцию 09.08.2010 г.*