

УДК 002.53+004.65+004.62/.63+338.2

ББК 32.816, 65.05.0.2

УПРАВЛЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫМИ ПРОЕКТАМИ НА ОСНОВЕ СОСТАВНОГО ИНТЕГРАЛЬНОГО КРИТЕРИЯ

Мыльников Л. А.¹

*(Пермский государственный технический университет,
Пермь)*

Рассматривается подход к управлению инновационными проектами, основанный на комплексной оценке проекта. Набор применяемых методов и методик может быть уникальным для каждого проекта и зависеть только от предпочтений лица, принимающего решения, и предметной области. Целью описанного подхода является управление развитием инновационного проекта путем выработки различных управленческих решений и, как следствие, выбор наилучшего решения в ходе практической реализации. Особенностью управления проектами является ограниченность ресурсов и возможных решений. Описанный подход позволяет достичь положительной устойчивой динамики развития при управлении отдельными проектами или группами проектов с выявлением неудачных решений и проектов на самых ранних стадиях, что позволяет экономить ресурсы и сосредоточить их на наиболее перспективных инновациях.

Ключевые слова: инновационный проект, управление, принятие решения, алгоритм, анализ, оптимизация.

¹ Леонид Александрович Мыльников, кандидат технических наук, доцент каф. МСА (leonid@pstu.ru).

1. Введение

Экономика передовых стран основывается на знаниях, научных достижениях, передовых технологиях. Традиционные источники экономического роста – новые сырьевые ресурсы, неосвоенные территории, дешевая рабочая сила и т.д. – практически исчерпаны. В условиях глобальной экономики капитал мобилен, технологии распространяются быстро, товары производятся в странах с низкими издержками и поставляются на рынки развитых стран. В этих условиях основным источником конкурентных преимуществ и развития являются инновации во всех сферах [5]. Поэтому проблема поддержки принятия решений при управлении инновационными проектами является чрезвычайно актуальной.

Поиск проектов, способных принести значительную финансовую отдачу, усилился в связи со сложившейся экономической ситуацией. Многие фонды, выделяющие средства на развитие бизнеса, активизировали свою деятельность. Еще до начала финансового кризиса Россия жила в ожидании нового скачка развития – инновационного. Правительство декларировало своей задачей переход на инновационный путь развития. На самом деле, для того чтобы инновации стали регулярным продуктом деятельности, нужно уметь находить те «зёрна», которые могут вырасти в инновации. Необходимо оценивать их потенциал и способы развития, предсказывать появление инноваций, искать факторы, сдерживающие инновационный путь развития, прежде всего, анализируя материальные и людские ресурсы, финансовые возможности, научные заделы и их аналоги, существующие объекты интеллектуальной собственности, инфраструктуру и географическое расположение. Также нужно выявлять принципиально новые и перспективные проекты на основе анализа рынков сбыта, искать перспективные авторские коллективы, основываясь на принципе их сбалансированности по профессионализму; хранить, анализировать и изучать информацию об имеющихся инновационных, научно-исследовательских и технических разработках, помогать выби-

рать, ранжировать и генерировать критерии для оценки инновационной деятельности [26].

Для решения перечисленных задач и перехода от деклараций к практической работе необходимы, прежде всего, объективные методы изучения инновационных процессов. В связи с этим решение проблемы управления инновационными проектами путем и реализации системы поддержки принятия решений на их основе имеет особую значимость.

2. Цели и задачи

Решение указанной проблемы основано на анализе важнейших свойств изучаемого процесса. Выбранный метод должен позволить решить актуальную задачу повышения эффективности принимаемых при управлении решений за счет создания и использования математической модели и ее элементов. В научно-технической литературе, описывающей инновационные программы и процессы, выделяется несколько этапов и описываются функции, которые необходимо выполнить управленцу на этих этапах. Общей чертой всех этапов является обоснование принимаемых решений, проведение экспертизы и конкурсный отбор инициативных предложений [26].

Однако инновационные проекты, как правило, затрагивают множество различных сфер, которые изучаются в отдельности (технические, технологические, организационные, экономические, управления знаниями) и используют разные механизмы управления, свойственные для каждой из этих систем.

Сложность сочетания этих систем связана не только с тем, что в каждой из них приняты свои подходы, но и с тем, что в каждой из этих систем существуют различные способы представления результатов и промежуточных данных. Это усложняет задачу разработки системной модели инновационного проекта в формальной постановке, на которой возможно было бы применение точных методов поиска решений.

Из-за приведенной выше сложности развитие теории и практики управления инновациями пошло путем решения локальных задач. Детализация задач привела к множеству методов

и подходов, решающих небольшие специфические задачи. По причине сложности управления инновациями как единой системой в настоящее время речь идет о решении локальных задач управления в рамках одной из подсистем инновационного проекта, о решении задачи в рамках одного типа инновации либо о решении задачи в рамках какой-либо одной научно-технической, организационной или технологической и т.п. идеи. Таких локальных решений разработано так много (например, см. таблицу 1), что даже выбор и обоснование применения разработанных подходов и решений становится отдельной непростой задачей, однако позволяет разобраться в том, какие инновации бывают и какие дополнительные сложности возникают при выборе пути реализации новшеств.

Таблица 1. Классификация некоторых методов, используемых при управлении инновационными проектами по применимости

| | |
|---------------------------------------|--|
| Управление финансированием | Трехуровневая модель (инвесторы–фирма–проекты) [19], модели самостоятельного финансирования (статическая модель, динамическая модель, модель конкуренции фирм на рынке инноваций) [19], модель смешанного финансирования и кредитования [3, 19], модель страхования [3], модель самокупаемости [3], противозатратная модель [3], модель согласия [18], модель льготного налогообложения [18], модель финансирования инновационных проектов [18, 19], модель распределения затрат и доходов [19]. |
| Управление организационными проектами | Модель принятия субъектом решений, базирующихся на гипотезах рационального поведения и детерминизма (при наличии вероятностной неопределенности) [2], базовая модель организационной (активной) системы (ОС) и её расширения (модель динамической ОС, модель многоэлементной ОС, модель многоуровневой ОС, модель ОС с распределенным контролем, модель ОС с неопределенностью, модель ОС с ограничениями |

| | |
|---|--|
| | совместной деятельности, модель ОС с сообщением информации) [14, 21], модель планирования распределения корпоративных заказов, модель налогообложения и ценообразования, модель стимулирования снижения издержек. |
| Институциональное управление | Модель норма поведения [19], модель общих характеристик [19], модель Шапира–Стиглица [19], модель институционального управления [14, 19], рефлексивная модель [14, 19], модель «Аккордная оплата труда» [19], модель «Формирование команды» [14, 19], модель репутации фирм [19]. |
| Управление персоналом (управление структурой и развитием персонала, управление развитием системы управления фирмы/проекта)) | Базовые модели одно- и многоэлементных активных систем (АС) (в т. ч. с распределенным контролем) на основе: компенсаторной системы стимулирования, скачкообразной, пропорциональной, унифицированные пропорциональные системы стимулирования, стимулирование в многоэлементных АС с неопределенностью [2, 21], модели стимулирования с глобальными ограничениями на множества допустимых действий, модель прямых приоритетов (в т. ч. прямое распределение ресурса), модель абсолютных приоритетов, модель обратных приоритетов (распределение ресурсов пропорционально эффективности), модель внутренних цен, модель экспертизы [2], базовая модель теории контрактов [2], конкурсные модели [2]. |
| Информационное управление | Модель «дефицита» [2], модель биполярного выбора (с использованием агентов) [12], модель рекламы товара (в данной модели информационное управление является рефлексивным) [24]. |
| Другие модели и методы, применяемые при решении | Модель «Олигополия Курно» [19], модель рационального поведения [19], модель ограниченной рациональности [14, 19], качествен- |

| | |
|--|---|
| <p>локальных задач управления инновационными проектами</p> | <p>ное обслуживание [2], модель «Аккордная оплата труда» [2], модель «Коррупция» [2], оценка продолжительности этапа инновационного проекта; выбор организации-разработчика (мониторинг инновационного пространства); оценка технологического обеспечения (производственные мощности); оценка ресурсного обеспечения; оценка метода реализации инновации (вертикальная или горизонтальная инновация); оценка коммерческого потенциала инновации; оценка эффективности коллектива разработчиков; оценка личных и деловых качеств разработчиков; оценка вариантов финансирования инновации; оценка информационно-аналитического обеспечения продвижения инновации; маркетинговые исследования инновационного продукта; оценка патентоспособности и способа защиты научно-технического результата; выбор вида лицензии при коммерциализации инновации; выбор способа позиционирования (метода информационного сопровождения) инновации на рынке; оценка экологической эффективности инновационного проекта; выбор формы предприятия-инноватора; научно-техническая экспертиза (оценка научно-технического уровня) инновации; оценка рисков инновационно-инвестиционного проекта; анализ соответствия цели и результатов инновационного проекта стратегии инвестиционной деятельности и выбранным приоритетам; экспертиза проекта на предмет целесообразности его реализации и объема финансирования [5, 22].</p> |
|--|---|

Специфика узких задач зависит от отрасли хозяйства, в которой появляются инновации (имеются в виду организационные инновации, инновации в области сервиса, технологические

инновации и инновации, применяемые в продуктах и влияющие на их потребительские качества и др.).

В результате специализации методов для решения задач, связанных с управлением инновационными проектами, в настоящее время существует дефицит методологических подходов к системному моделированию инновационных проектов и формализации управления ими [5, 10].

Таким образом, актуальной является задача разработки единой методологии системного моделирования без привязки к специфике инновационного проекта, позволяющей иметь уникальное «наполнение» в зависимости от специфики проекта – состава этапов и стадий, перечня оцениваемых показателей и методик их оценки, и дающей возможность автоматизировать процесс подготовки управленческих решений, а также создать программное обеспечение для автоматизации рутинных действий, адаптируемое под конкретную отрасль и проект.

Для того чтобы определить элементы задачи принятия решения, начнем построение модели с выделения основных блоков – этапов, определяющих стадии инновационного проекта (рис. 1). Содержание всего инновационного проекта и его отдельных стадий зависят от особенностей инновационного проекта и решаемой задачи управления. Стадии и фазы проекта – это конкретные периоды, во время которых проводится работа над проектом. На каждой стадии выполняется полный спектр работ, необходимый для реализации следующей стадии.

Такой подход позволит проводить оценки реализуемости инновационного проекта на каждом этапе, учитывать влияние решений, принятых на предыдущих этапах и способных оказывать нежелательное воздействие на процесс. Как уже отмечалось, на каждой фазе, стадии, по окончании этапа в целом может быть принято решение о целесообразности продолжения инновационного проекта, о путях его реализации. Появляется возможность отбраковать сомнительные проекты на ранних стадиях реализации и сконцентрировать ресурсы на более успешных проектах. Важным отличием такой проверки от так называемых опционов является возможность основываться не на оценках, имеющих вероятностный или субъективный характер [9, 28], а

на объективных сведениях, по которым лицо, принимающее решение, само оценивает возможность достижения результатов, необходимых для того, чтобы проект стал целесообразным в соответствии с выбранными методиками для оценки (см. раздел 3). Кроме того, в процессе реализации инновационного проекта на основе оценок может быть проведена корректировка проекта, изменение целей.

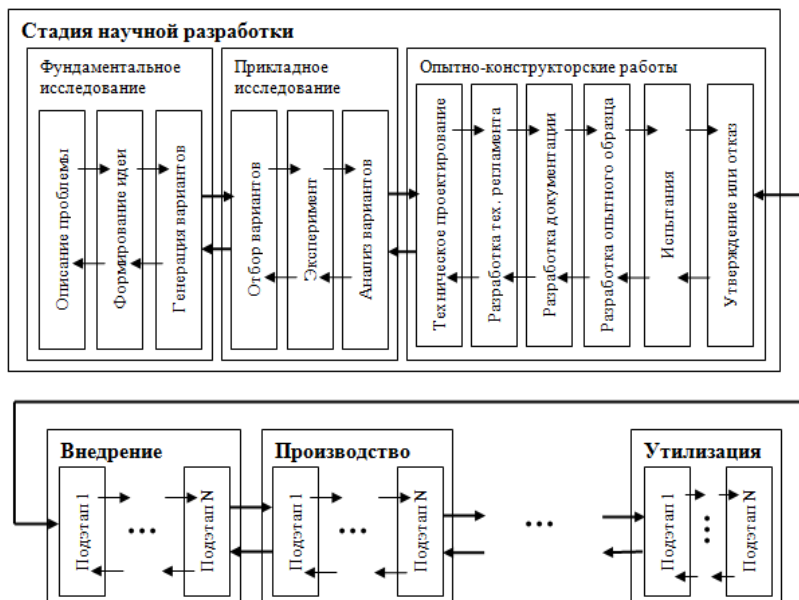


Рис. 1. Структурная схема системы принятия решений инновационного проекта

Стоит отметить, что результат, получаемый на каждой стадии, не гарантирован и не гарантирует успешного развития проекта в дальнейшем. Если же результат оказывается успешным, то он может быть использован в ряде проектов, а не только одного (например, научное открытие, полученное в результате фундаментального исследования, может быть заложено в принцип действия разных изделий и т.д.).

Разработка структурной схемы позволяет определить точки принятия решений. Таковыми являются точки выхода из фазы или стадии. В каждой точке принятия решения могут применяться различные методики, а формирование списка применяемых методик может быть начато еще до окончания предыдущей стадии или фазы исходя из знаний о специфике проекта, полученных на предыдущих стадиях, предполагаемых способах реализации, ресурсов, которые имеются или были первоначально заложены под реализацию проекта, и т.д. Такой подход позволяет начать работы по оценке и планированию следующей фазы или стадии до того, как она была окончательно завершена.

Применяться могут самые разные методы, методики и подходы к оценке параметров проекта (например, приведенные в таблице 1 и многие другие). Иерархическая структура применимости этих и других методик в зависимости от того, на какой стадии находится проект, приведена в [4]. Однако решение о том, какие методики используются в каждой точке принятия решения, определяется лицом, управляющим проектом (лицо, принимающее решение, может отобрать набор оценок для конкретного проекта и отдельного этапа, стадии, фазы инновационного проекта). При необходимости лицо, управляющее проектом, может ввести новые этапы или задачи для оценки и принятия решения.

3. Методология решения

Для простоты дальнейшего описания структурную модель инновационного проекта (рис. 1) можно представить как граф (применяя формализованный аппарат парной грамматики – как композицию двух грамматик, между правилами и символами которых устанавливаются определенные соответствия [1]). Граф будет отражать не только перечень информации (показателей), но и информацию о структуре задачи. Вершинами графа будут стадии, фазы или этапы инновационного проекта, а дуги графа между этими стадиями или фазами будут являться местами принятия решений или оценки набора показателей инновационного проекта. Такое представление возможно в связи с тем, что

в отличие от сетевого графика связи между вершинами необязательно отражают отношения предшествования, а лишь выражают возможные сочетания показателей этапов проекта (в традиционной методологии сетевого планирования и управления дуги изображают работы (процессы), а вершины сетевого графа – события).

Способ поиска решения - это нахождение одного из путей, ведущих из начальной вершины графа в конечную вершину, или (при решении локальной задачи) между точками принятия решений. Алгоритм поиска на графе может выполняться всеми способами: простым и составным, что соответствует представлению о способах реализации инноваций.

Экономико-математическая модель включает формализованное описание критерия выбора, т. е. целевую функцию. На модели каждый блок детализируется на множество применяемых методик. Тогда, рассматривая инновационный проект в целом, каждому блоку можно сопоставить некое значение, являющееся результатом расчета по одной или нескольким из известных методик [22], а каждой связи - весовой коэффициент k_j (в выражении (1) – вектор коэффициентов $[K]$), показывающий значимость той или иной связи в общей структуре инновационного проекта. Данные значения получаются с использованием подхода экспертного оценивания. Данный подход обладает большими возможностями по решению задач, не поддающихся решению обычным аналитическим способом. Так как каждый проект и каждая стадия являются уникальными, то применение универсального формального метода невозможно. Поэтому оценку значимости каждой методики (их ранжирование) следует доверить экспертам, обладающим опытом в областях, соответствующих решаемым задачам.

В каждой из точек принятия решений после окончания каждого этапа или стадии инновационного проекта оценивается множество показателей (так как каждая методика работает с несколькими показателями). Пусть некоторое значение m_{il} является результатом оценки i -го параметра l -ой методики. Тогда можно описать показатели методик в матричном виде:

$$(1) [M] = \left([K][A]^T \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^{n_1-1} c_{i1} m_{i1} \\ \vdots \\ \sum_{i=1}^{n_l-1} c_{il} m_{il} \end{bmatrix} \right)$$

где $[A]$ – матрица инцидентности (показывает последовательность применения методик и взаимосвязь стадий и этапов инновационного проекта, см. рис. 1); $[M]$ – вектор показателей используемых методик в точках принятия решения; $[K]$ – вектор корректирующих коэффициентов для приведения всех методик к единому пространству измерения величин (если допустимое изменение показателей лежит в диапазоне $[0, k]$. Тогда значение каждого из показателей необходимо умножить на корректирующий коэффициент k_j , который, в свою очередь, может быть

вычислен по формуле: $k_j = \frac{k_{Bj} - k_{Hj}}{k}$, где k_{Bj} – верхняя граница

диапазона изменения параметров j -ой методики; k_{Hj} – нижняя граница диапазона изменения параметров j -ой методики); c_{ij} – весовые коэффициенты показателей внутри каждой из составляющей методик, $j = 1, \dots, l$; m_{ij} – значение показателей, используемых в составляющих методиках, $j = 1, \dots, l$; n_i – количество оцениваемых показателей в i -ой из составляющих методик; l – количество используемых составляющих методик.

Для того чтобы стало понятнее, как формируются данные в матрицах, рассмотрим структуру методик на примере части методики оценки личных и деловых качеств работников. В таблице 2 приведен перечень показателей и их удельный вес для нескольких групп работников, а таблице 3 – коэффициенты оценки по одному из показателей.

Приведенная в (1) формулировка модели инновационного проекта позволяет производить поиск оптимальных параметров модели. Условие оптимальности в зависимости от известных данных и применяемых методик в модели может формулироваться двумя способами: 1) минимизация отклонения парамет-

ров от желаемых значений; 2) минимизация или максимизация значения показателя методики.

Задача минимизации отклонения показателей может быть записана в виде задачи минимизации квадрата разностей:

$$k_j(h_j - M_j)^2, \quad j = \overline{1 \dots n_l},$$

где h_j – желаемое значение; k_j – элементы вектора корректирующих коэффициентов $[K]$ (данные элементы в общем случае могут изменяться и нести тем самым дополнительную функцию, функцию корректировочных коэффициентов). Задача минимизации или максимизации показателей будет выглядеть следующим образом:

$$k_j M_j \rightarrow \text{extr}, \quad j = \overline{1 \dots n_l},$$

с учетом того, что задача на поиск максимума может быть преобразована к задаче на поиск минимума путем умножения критериальной функции на «-1».

Таблица 2. Структура оценки работников трех групп

| № пп. | Показатели | Удельный вес показателей в суммарной оценке | | |
|-------|--|---|--|---|
| | | старший инженер, научный сотрудник, младший научный сотрудник | старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник | начальник сектора, лаборатории, отдела, главный научный сотрудник |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Образование | 15 | 10 | 10 |
| 2 | Стаж | 10 | 10 | 5 |
| 3 | Организационный опыт | 10 | 15 | 20 |
| 4 | Научно-профессиональная подготовленность | 15 | 15 | 15 |
| 5 | Научная | 25 | 25 | 20 |

| № пп. | Показатели | Удельный вес показателей в суммарной оценке | | |
|-------|---|---|--|---|
| | | старший инженер, научный сотрудник, младший научный сотрудник | старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник | начальник сектора, лаборатории, отдела, главный научный сотрудник |
| | продуктивность | | | |
| 6 | Награды и поощрения | 5 | 5 | 5 |
| 7 | Способность к коллективной работе (социально-психологические качества руководителя научного коллектива) | 15 | 15 | 20 |

Таблица 3. Коэффициенты оценки работников трех групп по образованию

| № пп. | Коэффициент | Старший инженер, научный сотрудник, младший научный сотрудник | Старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник | Начальник сектора, лаборатории, отдела, главный научный сотрудник |
|-------|-------------|---|--|---|
| 1 | 0,2 | Вуз, не соответствующий профилю работы в НИИ | Вуз | Вуз |
| 2 | 0,4 | Вуз, соответствующий профилю работы в НИИ | Вуз и кандидатский минимум по специальности | Вуз и полный кандидатский минимум |

| | | | | |
|---|-----|---|--|--|
| 3 | 0,5 | Вуз и кандидатский минимум по специальности | Вуз и полный кандидатский минимум | Вуз и окончание аспирантуры без защиты диссертации |
| 4 | 0,6 | Вуз и полный кандидатский минимум | Вуз и окончание аспирантуры без защиты диссертации | Вуз и ученая степень кандидата наук |
| 5 | 0,8 | Вуз и окончание аспирантуры без диссертации | Вуз и ученая степень кандидата наук | Вуз, ученая степень кандидата наук, ученое звание |
| 6 | 1,0 | Вуз и ученая степень кандидата наук | Вуз, ученая степень кандидата наук, ученое звание старшего научного сотрудника | Ученая степень доктора наук |

Получение модели как задачи многокритериальной оптимизации обусловлено тем, что цель не может быть адекватно представлена одним критерием. Так как о виде критериальных функций никакой информации не известно, то для дальнейшего решения многокритериальную задачу оптимизации необходимо привести к обобщенному критерию. Одним из возможных методов может быть метод линейной свертки. Разбив оценки на группы по типу критериальной функции, мы получим:

$$(2) \sum_{j=1}^{l_1} k_j (h_j - M_j)^2 + \sum_{j=l_1+1}^{l_2} k_j M_j - \sum_{j=l_2+1}^{l_3} k_j M_j \rightarrow \min,$$

где l_1, l_2, l_3 – границы групп по виду критериальной функции ($l = l_1 + l_2 + l_3$).

Таким образом, при управлении инновационным проектом осуществляется поиск оптимального решения из конечного числа альтернативных вариантов в каждой из точек на графе.

На выбор оптимального решения могут накладываться ограничения. Ограничения могут накладываться на показатели используемых методик m_{ij} .

Ограничения могут быть самыми разными. Например, в виде неравенств:

$$m_{ij} \geq \hat{m}_{ij},$$

$$m_{ij} \leq \tilde{m}_{ij},$$

$$\tilde{m}_{ij} \geq m_{ij} \geq \hat{m}_{ij}.$$

Ограничения при поиске оптимальных показателей m_{ij} и ограничения значений параметров могут также задаваться в виде множества (ограниченного набора, который определяется исходя из используемых методик и информации о решаемой задаче при построении обобщенного критерия методик):

$$m_{ij} \in G_{ij}; \quad j = \overline{1 \dots l}; \quad i = \overline{1 \dots n_l};$$

где G_{ij} – множество альтернативных значений параметров для i -го параметра и j -ой методики.

Кроме этого, следует помнить, что значения a_{ij} матрицы инцидентности $[A]$ из (1) могут принимать ограниченный набор значений, определяемый выражением:

$$a_{ij} \in \{1, 0, -1\}; \quad i, j = \overline{1 \dots l}.$$

Таким образом, задача поиска оптимального управленческого решения записывается в виде задачи минимизации обобщенного критерия с ограничениями. Полученная математическая задача относится к классу дискретных многопараметрических задач оптимизации с ограничениями. Полученная задача может быть сведена к классической задаче поиска пути на графе [25], если определить последовательность применения методик и показателей внутри них, чтобы получить размеченный граф (сделать это можно произвольно, так как их важность определяется коэффициентами, которые расставили эксперты, а коэффициенты между показателями внутри методи-

ки могут быть заданы в методиках исходно), а также разметить с использованием полученных критериальных функций (2) ребра графа (рис. 2–4). Методики представляют собой не что иное, как таблицы возможных значений показателей (набор дискретных значений – см., например, таблицу 2 и таблицу 3) [22], поэтому такое преобразование может быть осуществлено (рис. 3).

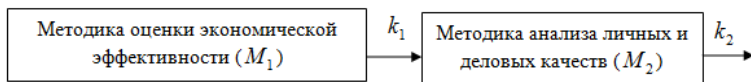


Рис. 2. Декомпозиция задачи на последовательность применения методик

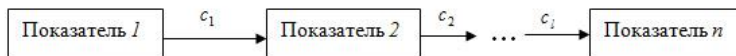


Рис. 3. Декомпозиция задачи по показателям внутри методики

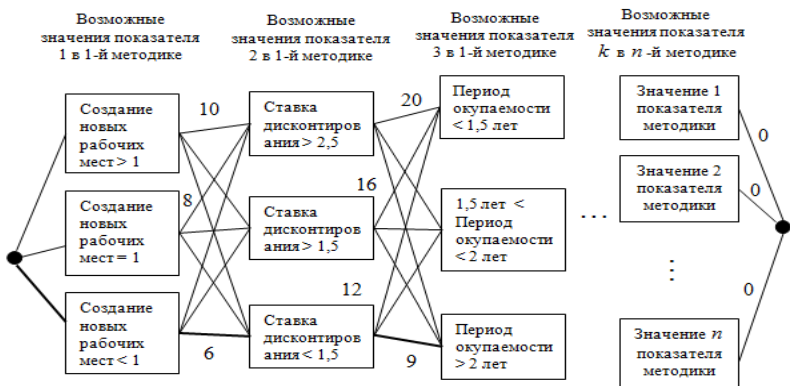


Рис. 4. Пример построения размеченного графа на основе используемых методик без учета весовых коэффициентов методик и составляющих их показателей

Это преобразование позволяет получить граф, с использованием которого задача поиска оптимального решения сводится

к задаче поиска кратчайшего пути между вершинами графа. Применение алгоритма Дейкстры [11] в данном случае невозможно, так как веса ребер (коэффициенты в некоторых методах) могут иметь отрицательные значения в целевой функции (2), поэтому следует применять алгоритм более высокого порядка сложности. Одним из самых эффективных алгоритмов для таких задач является алгоритм Беллмана–Форда, представляющий собой адаптацию метода динамического программирования на графе [11].

Для учета ограничений, накладываемых на задачу, связи между вершинами графа с недопустимыми значениями достаточно разорвать.

4. Метод решения задачи оптимизации

Для применения алгоритма Беллмана–Форда необходимо получить рекуррентную формулу. Из теории известно, что такая формула будет выглядеть следующим образом [1, 11]:

$$d_{ij}^s = \min(d_{ij}^{(s-1)}, \min_{1 \leq k \leq n} \{d_{ik}^{(s-1)} + w_{kj}\}) = \min_{1 \leq k \leq n} \{d_{ik}^{(s-1)} + w_{kj}\},$$

где $d_{ij}^{(s)}$ – минимальный вес пути из вершины i в вершину j , если рассматривать пути не менее чем с s ребрами; w_{ij} – вес ребра графа между вершинами i и j (это значение равно значению одного из значений показателя $k_j(h_j - M_j)^2$, $k_j M_j$, $-k_j M_j$ критерияльной функции (2)). Последнее равенство будет использовать $w_{ij} = 0$. При $s = 0$ допустим «путь» без ребер, т. е.

$$d_{ij}^{(0)} = \begin{cases} 0, & i = j \\ \infty, & i \neq j \end{cases}.$$

Если $s \geq 1$, то минимальный вес $d_{ij}^{(s)}$ достигается либо на пути из не более чем $s - 1$ ребер и равен $d_{ij}^{(s-1)}$, либо на пути из s ребер. В последнем случае путь можно разбить на начальный отрезок из $s - 1$ ребер, ведущий из начальной вершины i в некоторую вершину k , и на последнее ребро (k, j) .

Работа алгоритма заключается в вычислении матриц $D^{(1)}$, $D^{(2)}$, ..., $D^{(n-1)}$, где $D^{(s)} = (d_{ij}^{(s)})$ по заданной матрице весов $W = (w_{ij})$. Последняя матрица $D^{(n-1)}$ будет содержать веса кратчайших путей, а матрица $D^{(1)}$ совпадает с W .

Учет ограничений может осуществляться введением запрещающих переходов в графе путем разрыва дуг или присваивания им больших значений.

5. Способ применения

Рассмотрим пример использования описанного подхода выбора проекта на основе решения одной из подзадач при управлении инновационными проектами – задачи научно-технической экспертизы проектов. В результате мы должны оценить проекты которыми располагаем или выработать рекомендации по его дальнейшей модификации. Для этого нам потребуется только одна методика – научно-техническая экспертиза инновационных проектов [22]. Так как мы для простоты используем только одну методику, то оценку значимости можно не производить (в других случаях оценку важности следует проводить экспертам), тогда критериальная функция (2) запишется в следующем виде:

$$(h_1 - k_1 M_1)^2 \rightarrow \min ,$$

где h_1 – максимальное значение, которое может быть достигнуто в методике.

Общий интегральный показатель для научно-технической экспертизы проекта рассчитывается следующим образом (коэффициенты значимости показателей этой методики всегда равны единице):

$$h_1 - M_1 = 100 - \sum (m_{11} + m_{12} + m_{13} + m_{14} + m_{15} + m_{16} + m_{17}) \rightarrow \min .$$

Зададим ограничения на проекты, подвергаемые научно-технической экспертизе, исходя из того, какими проектами мы обладаем:

$m_{11} \leq 12$ – сведения об аналогах (не известны аналоги проекта в США и Европе, возможные значения 3, 6, 9, 12, 15);

$m_{12} \leq 7$ – степень усовершенствования (проекты улучшают характеристики существующих изделий, возможные значения 3, 5, 7, 10, 12, 15);

$m_{13} > 4$ – сложность решаемой научно-технической задачи (осуществляется модификация не отдельных деталей, а конструкции в целом, возможные значения 2, 4, 10, 12, 15);

$m_{14} > 6$ – предполагаемый технический результат (ожидаемый результат должен быть четко сформулирован, возможные значения 3, 6, 9, 12, 15);

m_{15} – используемые объекты интеллектуальной собственности в разработанных ранее проектах и используемых в текущем проекте (без ограничений, возможные значения 5, 8, 11);

m_{16} – предполагаемый вид охраны результатов (без ограничений, возможные значения 6, 10, 14);

$m_{17} > 6$ – научно-технический уровень разработки (должен превышать отраслевой, возможные значения 0, 3, 6, 9, 12, 15).

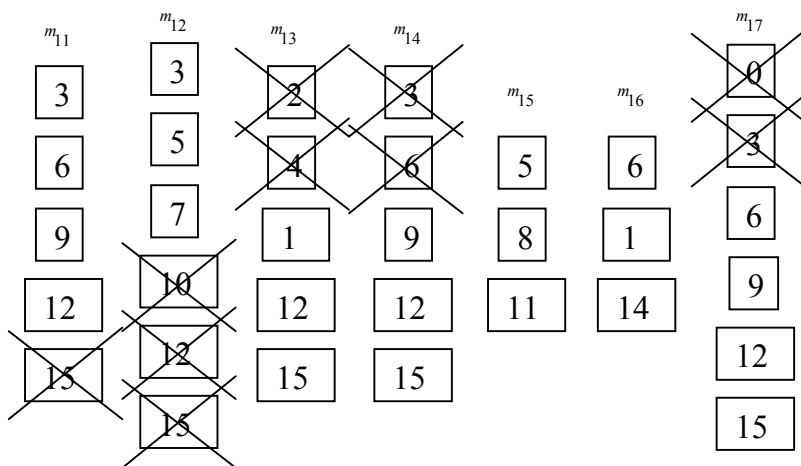


Рис. 5. Размеченные узлы графа для методики научно-технической экспертизы

Для учета ограничений связи между вершинами графа с недопустимыми значениями достаточно разорвать. Поэтому часть

узлов, для достижения которых потребуется использовать связи с недопустимыми значениями, будет недоступна. Таким образом, введение приведенных выше ограничений избавит наш граф от недоступных узлов (рис. 5).

Далее необходимо соединить узлы графа связями, исходя из информации по проектам. То есть соединить вершины графа, исходя из оценки характеристик (согласно применяемым методикам) тех проектов, которые имеются в распоряжении, и расставить численные коэффициенты связей в соответствии с выбранным критерием и описанным методом. В результате, если разные проекты будут иметь разные оценки по отдельным показателям, то после решения задачи можно получить решение (путем применения описанного выше алгоритма Белмана–Форда), не соответствующее ни одному из оцениваемых проектов. Однако, выбрав проект, максимально близкий к полученному решению, мы выработаем рекомендацию, какая часть проекта может быть улучшена. Более того, раз рекомендуемые улучшения были осуществлены в другом проекте, значит, существует потенциал для их выполнения. Таким образом в результате решения задачи на проектах ПермНИПИНефть удалось отобрать проект магнитной защиты скважин от запарафинивания и выработать рекомендации по его улучшению.

В результате испытания полученного устройства выяснилось, что технология магнитной защиты, в отличие от других средств борьбы с парафинами типа химических ингибиторов, растворителей или глубинных дозаторов является безреагентным средством (устройством) многоразового использования без каких-либо энергетических, технических или технологических затрат в течение многих лет (5–10 лет и более).

Дальнейшее развитие этого проекта показало, что найденный проект оказался удачным. Он успешно развился и был внедрен на предприятиях группы компаний ЛУКОЙЛ в Пермском крае. Четырехлетний опыт эксплуатации показал, что в условиях Пермской области коэффициент успешности их использования достаточно высокий и достигает 90%.

6. Заключение

Может показаться, что полученное решение является элементарным. Однако в случае с множеством методик решение уже становится более сложным (например, применив несколько экономических методик совместно, мы получим более обоснованную и сложную оценку экономической эффективности). Кроме того, оценивать проекты по разным показателям не всегда может оказаться простой задачей. Экспертам бывает сложно произвести объективную оценку. Поэтому можно перейти в новый класс моделей, основанный на использовании нечетких экспертных знаний о системе. Так как эксперты точных оценок дать не могут, то переход в нечеткую форму (например, к оперированию лингвистическими переменными) позволяет повысить точность и учесть риски реализации инновационного проекта [28]. Такой подход не будет вносить искажений и допущений при работе с мнениями нескольких экспертов по одному и тому же вопросу, кроме того, эксперт может предоставлять информацию об используемых функциях принадлежности (лингвистических переменных), если он не до конца уверен в своих оценках. Таким образом, описанный в статье подход имеет перспективы дальнейшего развития.

Литература

1. АХО А., ХОПКОФТ ДЖ., УЛЬМАН ДЖ. *Структуры данных и алгоритмы*. - М.: Издательский дом «Вильямс», 2001.
2. БУРКОВ В. Н., КОРГИН Н. А., НОВИКОВ Д. А. *Введение в теорию управления организационными системами* / Под ред. чл.-корр. РАН Д. А. Новикова. – М.: Либроком, 2009. – 264 с.
3. БУРКОВ В. Н., НОВИКОВ Д. А.. *Как управлять проектами: Научно-практическое издание*. – М.: СИНТЕГ-ГЕО, 1997. – 188 с.

4. ВИНОКУР В. М., МЫЛЬНИКОВ Л. А., ПЕРМИНОВА Н. В. *Подход к прогнозированию успешности инновационного проекта* // Проблемы управления. – 2007. – №4. – С. 56–59.
5. ВИНОКУР В. М., ТРУСОВ А. В. *Интеллектуальная собственность как основа интеллектуальной деятельности.* - Пермь: ПГТУ, 2004.
6. ВОРОНИН А. А., МИШИН С. П. *Оптимальные иерархические структуры.* – М.: ИПУ РАН, 2003.
7. ГАВРИЛОВА Т. А., ХОРОШЕВСКИЙ В. Ф. *Базы знаний интеллектуальных систем.* - СПб.: Питер, 2000.
8. ГУБКО М. В. *Механизмы управления организационными системами с коалиционным взаимодействием участников.* – М.: ИПУ РАН, 2003.
9. ДЕМКИН И. В. *Управление инновационным риском на основе имитационного моделирования. Основные подходы к оценке инновационного риска* // Проблемы анализа риска. – 2005. – Т. 2, №3. – С. 249–300.
10. ИЛЬБЕНКОВОЙ С. Д. *Инновационный менеджмент.*- М: ЮНИТИ, 2003.
11. КОРМЕН Т., ЛЕЙЗЕРСОН Ч., РИВЕСТ Р. *Алгоритмы: построение и анализ.* - М.: МЦНМО, 2000. – 960 с.
12. ЛЕФЕВР В. А. *Алгебра совести.* – М.: «Когито-Центр», 2003.
13. ЛЫСАКОВ А. В., НОВИКОВ Д. А. *Договорные отношения в управлении проектами.* – М.: ИПУ РАН, 2004. – 101 с.
14. НОВИКОВ Д. А. *Институциональное управление организационными системами.* – М.: ИПУ РАН, 2003. – 68 с.
15. НОВИКОВ Д. А. *Механизмы функционирования многоуровневых организационных систем.* – М.: Фонд «Проблемы управления», 1999.
16. НОВИКОВ Д. А. *Сетевые структуры и организационные системы.* – М.: ИПУ РАН, 2003. – 108 с.
17. НОВИКОВ Д. А. *Стимулирование в социально-экономических системах (базовые математические модели).* – М.: ИПУ РАН, 1998. – 216 с.
18. НОВИКОВ Д. А. *Управление проектами: организационные механизмы.* – М.: ПМСОФТ, 2007. – 140 с.

19. НОВИКОВ Д. А., ИВАЩЕНКО А. А. *Модели и методы организационного управления инновационным развитием фирмы.* – М.: Ленанд, 2006.
20. НОВИКОВ Д. А., СМИРНОВ И. М., ШОХИНА Т. Е. *Механизмы управления динамическими активными системами.* М.: ИПУ РАН, 2002. – 124 с.
21. НОВИКОВ Д. А., ЦВЕТКОВ А. В. *Механизмы функционирования организационных систем с распределенным контролем.* – М.: ИПУ РАН, 2001.
22. МЕДВЕДЕВА Л. П., ТРУСОВ А. В. *Ресурсные источники инновационного экономического роста в регионе.* - Пермь: Пермский ЦНТИ, 2007. – 236 с.
23. ПЕРМИНОВА Н. В., МЕЕРСОН М. Э., МЫЛЬНИКОВ Л. А. *Система подготовки принятия решений в инновационном менеджменте нефтегазовой промышленности // Нефть и газ.* – 2007. – №4. – С. 113–117.
24. СЭНДИДЖ Ч., ФРАЙБУРГЕР В., РОТЦОЛЛ К. *Реклама: теория и практика.* – М.: Прогресс, 1999.
25. ТАХА Х. А. *Введение в исследование операций.* - М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. – 912 с.
26. ЦЫГАНОВ В. В., БОРОДИН В. А., ШИШКИН Г. Б. *Интеллектуальное предприятие: механизмы овладения капиталом и властью (теория и практика управления эволюцией организации).* – М.: Университетская книга, 2004. – 768 с.
27. YORDON E., CONSTANTINE L. *Structured Design.* – NJ: Yordon Press, Prevtice – Hall, 1979.
28. YUAN-SHENG HUANG, JIAN-XUN QI, JUN-HUA ZHOU *Method of Risk Discernment in Technological Innovation Based on Path Graph and Variable Weight Fuzzy Synthetic Evaluation // Proc. Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, Second International Conference, FSKD 2005, Changsha, China, August 27–29, 2005.* – Part I. – P. 635–644.

INNOVATION PROJECTS MANAGEMENT WITH INTEGRAL CRITERIA'S FUNCTION

Leonid Mylnikov, Perm State Technical University, Perm,
Cand.Sc., assistant professor (leonid@pstu.ru).

Abstract: An approach to innovative projects management based on the project's integrated estimate is proposed. Specific methods and techniques applied depend upon the project and are determined by a subject domain and preferences of a decision-maker. The proposed approach aims to control the innovation project lifecycle by appropriate decisions and, thus, choices of the best alternatives during project execution. Strict limitations on the resources and permissible actions are typical for project management. The approach under consideration supports sustainable development of a single project or a group of projects, when wrong decisions are revealed at the very early stages, thus resulting in economy and better concentration of resources on the most promising innovations.

Keywords: innovation project, management, decision-support system, algorithm, analysis, optimization.

*Статья представлена к публикации
членом редакционной коллегии В. В. Клочковым*