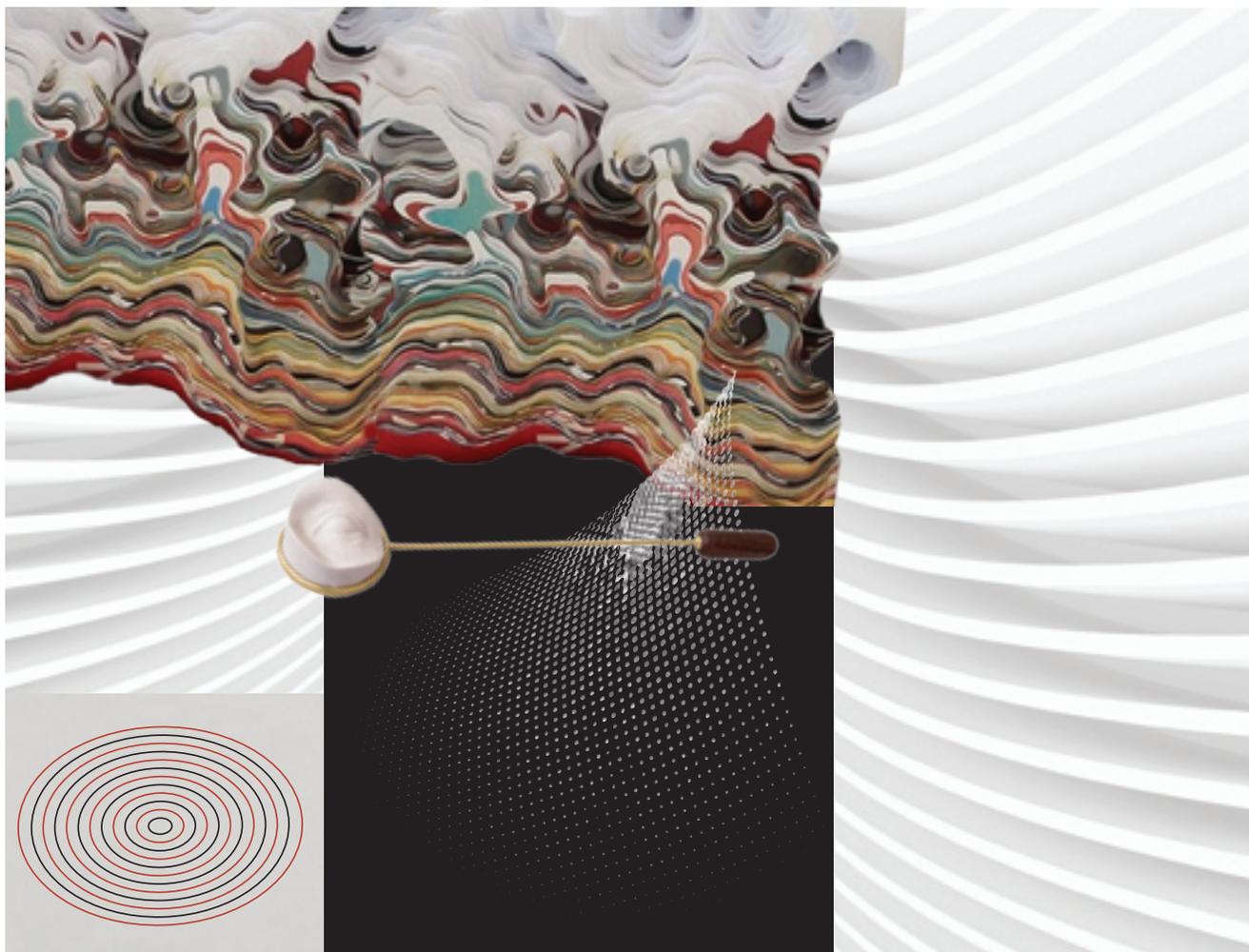


От исследовательского проекта к исследовательскому портфелю: адаптация к масштабу и сложности*

Джонатан Линтон, Николас Вонортас



Инвестиции в научную и инновационную деятельность подвергаются все более серьезной оценке, прежде всего в тех странах, где их масштабы особенно велики.

Каков оптимальный объем таких расходов?

Можно ли определить, в какой момент эффект от научной деятельности перестает обеспечивать окупаемость вложений?

Как добиться получения отдачи от подобных затрат тем, кто их осуществляет?

DOI: 10.17323/1995-459X.2015.2.38.43.

Цитирование: Linton J., Vonortas N. (2015) From Research Project to Research Portfolio: Meeting Scale and Complexity. *Foresight-Russia*, vol. 9, no 2, pp. 38–43. DOI: 10.17323/1995-459x.2015.2.38.43.

Джонатан Линтон — заведующий Лабораторией исследований науки и технологий, Институт статистических исследований и экономики знаний (ИСИЭЗ) НИУ ВШЭ; профессор, Университет Оттавы (University of Ottawa), Канада; главный редактор, журнал *Technovation*. Адрес: 101000, Москва, ул. Мясницкая, 11. E-mail: Linton@uOttawa.ca

Николас Вонортас — профессор, Университет Джорджа Вашингтона (George Washington University), США; заведующий кафедрой, Департамент науки и технологий, Государственный университет Кампинаса (State University of Campinas), Бразилия. Адрес: 1957 E Street, NW, Washington, DC 20052, United States. E-mail: vonortas@gwu.edu

Ключевые слова

исследования и разработки (ИиР); экспертиза научных проектов; портфель проектов; портфельный подход; оценка результативности научной деятельности

* Исследование осуществлено в рамках Программы фундаментальных исследований НИУ ВШЭ и при финансовой поддержке Правительства РФ в рамках реализации «Дорожной карты» Программы 5/100 Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики».

Беспрецедентные размеры и ключевой вклад научной сферы в экономический рост и национальное благосостояние подталкивают к более глубокому осмыслению достигнутых эффектов от инвестиций в ее развитие и связанных с этим проблем [Lane, 2009]. Увеличение объемов и усложнение научной деятельности — вследствие конвергенции прежде не связанных друг с другом направлений и глобальных вызовов в таких областях, как здравоохранение, окружающая среда, энергетика, образование, — выступают дополнительным аргументом в пользу реконфигурации существующей системы науки и инноваций с позиций достижения стоящих перед обществом целей [Kintisch, 2006].

Если до сих пор практика управления и принятия решений в сфере науки, технологий и инноваций базировалась в первую очередь на политических интересах и бюджетных соображениях, то сегодня стоит вопрос о переходе на более рациональные принципы. В поиске новых путей повышения эффективности и результативности инвестиций общества более активную роль призвано играть научное сообщество.

В статье представлены новые подходы к анализу научной деятельности, включающие специальные инструменты принятия решений. Они применимы не только к отдельным научным проектам, но и к объединяющим их портфелям. Эти инструменты позволяют более точно оценить неопределенность, присущую научной деятельности, и иные специфические факторы, связанные с трансформацией полученных знаний в повышение национального благосостояния. Сочетание экспертизы качества научных исследований и систематического портфельного метаанализа представляется не просто возможным, но и необходимым.

Потребность в переменах стала особенно очевидной в последние годы. В государственном и промышленном секторах постепенно менялся порядок учета затрат на науку. Американский Конгресс в середине 1990-х гг. принял «Акт о показателях и результатах работы правительства» (Government Performance and Results Act, GPRA); несколькими годами позднее Административно-бюджетное управление США (Office of Management and Budget) утвердило «Инструментарий оценки и рейтингования программ» (Program Assessment Rating Tool, PART), однако в настоящее время он не используется.

Заметим, что проводимые реформы нередко оказывали негативное влияние. Так, недавно предложенный в США проект «Акта о повышении качества научных исследований» (High Quality Research Act) [Mervis, 2013] подвергся достаточно жесткой критике. Необходимость улучшения качества никем не оспаривается, однако требование о введении сертификации каждой из составляющих сложной системы финансирования научных исследований в отдельности как гарантии получения в будущем общественного эффекта выглядит чрезмерным. В противовес административным кругам ученые способны предложить альтернативную, более обоснованную систему оценки научных портфелей, которая бы обеспечивала значительное совершенствование процессов выработки инвестиционных решений. Подобная тема со всей очевидностью отвечает пробле-

матике исследований в области научной и инновационной политики.

Вызовы для действующей системы экспертизы

Механизм экспертизы является важным звеном в функционировании науки, однако отношение к нему далеко не однозначно [Feller, 2013]. Серьезную озабоченность вызывают замкнутость на устоявшихся научных направлениях и сложность увязки отдельных перспективных проектов с актуальными общественными вызовами. Эти вопросы не являются неразрешимыми, однако их решению препятствует существенное ослабление поддержки науки со стороны общественности — конечного потребителя научных результатов ввиду того, что для большей ее части научная сфера непрозрачна. Ученые воспринимаются как члены некоего закрытого клуба, самостоятельно принимающие решения о внутреннем распределении средств, щедро выделяемых обществом. Подобное отношение можно изменить путем введения системы научных портфелей, нацеленных на достижение актуальных целей и оцениваемых с помощью соответствующих механизмов.

Целеполагание для научных исследований является проблематичным только в том случае, если осуществляется некорректно. Соответственно научное сообщество способно обеспечить полную прозрачность инструментария формулирования целей. Для разрешения вопросов, вызывающих наибольшую озабоченность у внешних стейкхолдеров, не требуется существенной трансформации базовых принципов экспертного оценивания. Процесс распределения финансирования по отдельным дисциплинам либо функциональным задачам может быть усовершенствован при условии четкого установления целей и предметного охвата по каждому направлению, включая его широту, полноту и даже возможные зоны пересечения либо дублирования проектов. Следует также оценить возможные риски, как в целом, так и по отдельным направлениям; обозначить целевую ориентацию портфеля либо ее отсутствие, принадлежность к той или иной дисциплине либо междисциплинарность.

После того как будут сформулированы цели для каждого специализированного научного фонда, потребуются определенные корректировки экспертных процедур. В настоящее время после распределения средств по научным фондам проектные портфели не оцениваются на предмет соответствия поставленным задачам. Успех в применении портфельного подхода достигается лишь при условии анализа качества самих предлагаемых проектов, их сходства с другими рассматриваемыми инициативами либо отличия от них с точки зрения содержания и рисков. Таким образом, по итогам экспертизы по-прежнему отбираются наиболее качественные проекты, однако, если какие-то из них не отвечают задачам портфеля в целом, они подлежат замене на более релевантные. При использовании портфельного подхода экспертные комиссии должны учитывать связанные с проектами риски и степень их взаимного соответствия. Именно при таком принципе у потенциальных недоброжелателей не будет повода

высказаться против индивидуальных или совокупных результатов.

Решению этой задачи способствует специальный инструментарий, который в последние 20 лет получил заметное развитие¹.

Переход к портфельной концепции

Инфраструктура знаний, служащих основой для портфельного управления, достаточно совершенна, но все же нуждается в определенной доработке. Это обусловлено тем, что в сравнении с другими инвестиционными направлениями, где используется данная методология, исследовательская деятельность имеет свою специфику. В отличие от других объектов инвестирования, например физического капитала и финансов, научные проекты и портфели характеризуются более высокой вероятностью стремительного успеха либо провала, что объясняется не только рыночной, но и технологической неопределенностью. Кроме того, следует учитывать и такие аспекты, как интеллектуальная собственность и ограниченная возможность присвоения результатов. Наконец, научная деятельность носит кумулятивный характер — как правило, исследования базируются на ранее полученных результатах. Современная практика управления проектами и портфелями в сфере науки, технологий и инноваций не соответствует кратко-, средне- и долгосрочным потребностям общества.

В ближайшие несколько лет критически важно отказать от инструментов управления, которые, несмотря на свою популярность и релевантность для реальной экономики, планирования капиталовложений и финансового анализа, неприменимы к сфере науки, оперирующей в зоне высокой неопределенности.

В частности, это касается расчета чистой приведенной стоимости (Net Present Value, NPV), который приемлем лишь в отношении проектов с четко прогнозируемыми результатами и финансовыми потоками (например, в случае строительства платного моста)². Отсутствие предсказуемости — неизбежное сопутствующее условие для научных исследований, которое следует принять как данность и научиться извлекать из него преимущества. Необходимо учитывать как возможную синергию, так и дублирование проектов и скорректировать наполнение портфеля таким образом, чтобы обеспечить максимальный совокупный эффект от его реализации. Определенная степень репликации обеспечивает достаточную широту и глубину исследований [Nelson, 1990]. Однако следует различать репликацию и неоправданное дублирование, связанное, например, с выделением дополнительных ресурсов на инфраструктуру, которая могла бы использоваться для реализации нескольких исследовательских проектов. Напомним и о таких факторах, как кумулятивный эффект науки и ограниченность в применении результатов.

Существует несколько подходов к оценке научных инвестиционных портфелей [Liquiti, 2012]:

- *Качественные многозадачные методы.* Проекты сортируются по специальным категориям на основе таксономии характеристик, затем гармонизируются с общей стратегией организации и распределением ресурсов.
 - *Количественные многозадачные методы.* Для каждого значимого параметра исследовательских проектов используется система взвешенного ранжирования, с ее помощью рассчитывается интегральный индекс. Отбор инициатив с применением методов линейного программирования, позволяющих учитывать определенные ограничения, дает возможность максимизировать интегральный индекс портфеля. Альтернативный инструмент — анализ среды функционирования (*data envelopment analysis*) — направлен на определение комбинации весовых значений признаков, обеспечивающей максимальную эффективность отдельных проектов.
 - *Количественные однозадачные методы.* Посредством нелинейного программирования выявляется корреляция между проектами, которые должны отбираться таким образом, чтобы вариативность целевого уровня экономического эффекта для конкретного портфеля была минимальной. В случае сложных портфелей, характеризующихся множественными нелинейными связями, используются нестандартные распределения вероятности и комплексные стохастические правила принятия решений, например моделирование по методу Монте-Карло).
 - *Динамические методы.* Экономия от масштаба и от охвата, взаимосвязанность, степень комплементарности и взаимозаменяемости научных проектов обуславливают различные риски и эффекты в зависимости от их комбинаций и последовательности реализации. Для формирования альтернативных портфелей практикуются методы реальных опционов и «деревья принятия решений» [Vonortas, Desai, 2007]. Эти инструменты пока не нашли широкого применения в государственном секторе науки, но обладают значительным потенциалом и заслуживают более пристального рассмотрения.
- В среднесрочной перспективе предстоит обеспечить наиболее адекватный охват рисков и эффектов и баланс между ними, комбинируя инициативы с высоким уровнем риска и максимальной потенциальной отдачей и проекты с более низкими значениями этих показателей. Процедуры отбора, способствующие более точному определению термина «эффект», могут, например, основываться на методах реальных опционов, что даст возможность учитывать потенциальные выгоды и затраты (провалы), в то время как экспертиза позволит оценить технический риск [Vonortas, 2008].

¹ Например, в США специальные экспертные комиссии уже функционируют при таких ведомствах, как Национальный научный фонд (National Science Foundation, NSF), Министерство энергетики (Department of Energy, DoE), Национальные институты здравоохранения (National Institutes of Health, NIH) и др. Их деятельность нуждается в существенном расширении функций, а также систематическом применении формальных аналитических инструментов и моделей.

² $NPV(i) = \sum_{t=0}^N \frac{R_t}{(1+i)^t}$, где N — общее число периодов, t — рассматриваемый период, R — прибыль за период t , i — процентная ставка.

При таком подходе портфель рассматривается как набор опций, благодаря чему значительно повышается степень учета рыночных и технических рисков, связанных с научными исследованиями. Важную роль в этом плане играют экспертные комиссии, выполняющие базовые исследовательские функции.

Поскольку распределение вероятности научных открытий не является Гауссовым, инструменты финансового управления портфелями не могут применяться без соответствующей корректировки [Vonortas, 2008]. Для формирования сбалансированного портфеля необходимо использовать модели, учитывающие специфику различных вероятностных распределений, которые нуждаются в дальнейшей разработке и практическом тестировании. В отношении развития методов на основе реальных опционов [Triantis, 2003; Brosch, 2008] предстоит оценить, как взаимосвязь между ожидаемыми результатами отдельных проектов повлияет на реализацию портфеля в целом. Дальнейшая задача заключается в выявлении взаимосвязей, определяющих риски и эффект для всего портфеля, и, наконец, способов применения полученной информации для улучшения процесса формирования портфелей.

Долгосрочные горизонты связываются с институционализацией анализа исследовательских портфелей и отказом от распространенной практики, когда инициативы с низким уровнем риска принимаются к финансированию с помощью традиционных методик, а высокорисковые одобряются лишь исходя из расплывчатых аргументов о том, что они представляют общественный интерес.

Применение универсальных аналитических подходов, обеспечивающих оценку различных уровней риска, позволит заменить имеющий отрицательную окраску термин «риск» более нейтральным, отражающим позитивные и негативные аспекты вариативности. Не стоит отказываться от поддержки фундаментальных исследований по широкому спектру направлений. Тем самым будут сведены к минимуму потенциальные убытки, ставшие следствием того, что значимость развития тех или иных областей и их социально-экономические выгоды оказались недооцененными.

Эта цель более достижима, чем может показаться. Следует установить ряд целевых показателей с точки зрения экономического эффекта, социальных преимуществ (в том числе в сферах здравоохранения, экологии, национальной безопасности), толерантности к риску, охвата различных направлений и дисциплин, уровня концентрации на определенных участках «траектории открытий» — от «чистой» науки до разработки продуктов и приложений. В результате появится возможность сформировать оптимальный портфель проектов и затем скорректировать его на более динамичной основе — с учетом ускорения научного прогресса и конвергенции традиционно самостоятельных областей. В число перспективных разрабатываемых методов [van Bekkum, Pennings, 2009; Zapata, Reklaitis, 2010; Bhattacharyya, 2011] входят высококачественные инструменты принятия решений, позволяющие управленцам, не владеющим соответствующими специаль-

ными знаниями, избегать упрощенных заключений об утверждении финансирования или отказе в нем тем или иным проектам, мотивированных эмоциональными соображениями.

Эффекты от внедрения портфельного подхода

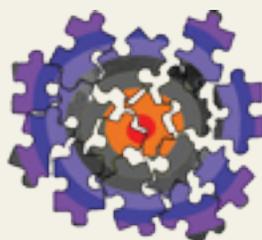
Различия в эффектах от применения традиционного и портфельного подходов к финансированию научной деятельности наглядно отражены на рис. 1. Каждый научный проект можно сравнить с фрагментом мозаики. Классический процесс экспертизы (левая часть рисунка), как правило, приводит к некорректной состыковке отдельных компонентов мозаики, что проявляется, с одной стороны, в непреднамеренном дублировании, а с другой — в появлении нежелательных пробелов между ними. Мнения экспертов в отношении высокорисковых и одновременно многообещающих проектов в силу их противоречивого характера и нескоординированных решений нередко расходятся, что приводит к отказу в финансировании. Такие инициативы (помечены яркими цветами) включаются в систему лишь при условии признания их соответствия национальным интересам (в этом случае разногласия между экспертами игнорируются). Иллюстрация портфельного подхода (правая часть рисунка) отличается большим цветовым разнообразием, поскольку проекты отбираются из соображений оптимального наполнения портфеля. В итоге предложения, оцененные экспертами неоднозначно, но максимально соответствующие задачам портфеля, не отклоняются.

При классическом процессе экспертизы проектам с низким уровнем риска (обозначены серым цветом) обычно отдается предпочтение перед неоднозначно оцениваемыми высокорисковыми инициативами. Применение портфельного подхода создает цельную картину с широким охватом предметных областей и рисков без непреднамеренного пересечения проектов. Тем не менее размытые границы диапазонов, символизирующих целевые показатели, свидетельствуют, что портфельный подход выступает более прогрессивным решением, но не панацеей.

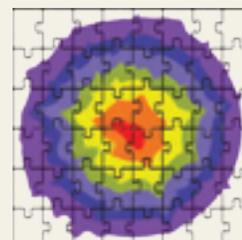
Широкое применение портфельного подхода обеспечивает:

Рис. 1. Эффекты от проектного и портфельного подходов к финансированию научных исследований

Проектный подход



Портфельный подход



Источник: составлено авторами.

- более эффективное распределение ресурсов:
 - принятие решений на основе научной ценности отдельных проектов и портфелей;
 - раннюю идентификацию пробелов в исследованиях;
 - выявление «мостов» между различными проектами;
 - холистический подход к глобальным вызовам в научной сфере.
- совершенствование информационной базы для обоснования государственного финансирования науки (отдельные высокорисковые проекты могут оказаться безрезультатными, что естественно, однако портфели формируются таким образом, чтобы минимизировать общую вероятность технического и рыночного провала);
- существенное повышение эффективности использования научного потенциала, более точное выявление пробелов и возможностей при сохранении ключевой роли системы экспертизы.

Устойчивых эффектов можно добиться за счет рассмотренных далее радикальных политических мер:

1. Институционализация методов портфельного анализа и принятия решений в государственном секторе; дальнейшее продвижение первоначальных мер в этом направлении, принятых федеральными научными ведомствами. При этом необходимо учитывать взаимосвязь инициатив и соотношения «риск/эффект» для каждой из них в отдельности и для их совокупности, потенциально способной образовать портфель. Для этого потребуются дополнительные сведения не только на этапах, предваряющих реализацию программы, но и после ее завершения, что обеспечит более глубокий анализ ситуации. Кроме того, руководителям программ предстоит научиться использовать полученную информацию для оценки соотношения затрат

и преимуществ, уровня корреляции проектов, синергетического эффекта и выявления взаимоисключающих ситуаций.

2. Подготовка научных менеджеров. Новое поколение управленцев должно обладать знаниями специфики научно-технологической политики и владеть сложными современными инструментами принятия решений, что гарантирует целевую ориентацию портфелей на решение актуальных социально-экономических проблем. Несмотря на появление многочисленных действенных методик, трансформация сложных политических задач в качественные портфели научных проектов в определенной степени остается искусством.
3. Более четкое определение критерия «эффект» для оценки предлагаемых проектов. Притом что отдельные инициативы оцениваются с позиций научной ценности, их результаты нуждаются в точной характеристике в терминах связей с другими компонентами соответствующих портфелей и с более общими задачами.

Подводя итоги, отметим, что ввиду увеличения масштабов и сложности научно-технической сферы в сочетании с конвергенцией традиционно самостоятельных научных областей современные методики управления научно-технологической и инновационной деятельностью стали неработоспособными. Мы разделяем мнение некоторых экспертов о необходимости наращивания исследований в сфере научной политики [OSTP, 1998]. В частности, существует настоятельная потребность в дальнейшем развитии системы поддержки управления научной деятельностью. Портфельный подход к менеджменту исследований и разработок позволит радикально повысить эффективность использования имеющегося научного потенциала, выявить существующие пробелы и возможности для дальнейшего развития. F

Bhattacharyya P.K. (2011) Fuzzy R&D project selection of interdependent projects // *Computers & Mathematics with Applications*. № 62. P. 3857–3870.

Brosch R. (2008) *Portfolios of Real Options*. Berlin: Springer.

Casault S., Groen A. (2012) Examination of the behavior of R&D returns using a power law // *Science and Public Policy*. Vol. 40. P. 219–228.

Feller E. (2013) Peer review and expert panels as techniques for evaluating the quality of academic research // *Handbook on the Theory and Practice of Program Evaluation* / Eds. N. Link, N.S. Vonortas. Cheltenham: Edward Elgar.

Kintisch E. (2006) Ray Orbach asks science to serve society // *Science*. № 313. P. 1874.

Lane J. (2009) Assessing the impact of science funding // *Science*. № 324. P. 1273–1275.

Linquiti P. (2012) *Application of Finance Theory and Real Option Techniques to Public Sector Investments Made Under Uncertainty* (PhD Thesis). Washington, D.C.: The George Washington University.

Mervis J. (2013) Proposed Change in Awarding Grants at NSF Spurs Partisan Sniping // *Science*. № 340. P. 670.

Nelson R.R. (1990) Capitalism as an engine of progress // *Research Policy*. Vol. 19. P. 193–214.

OSTP (1998) *The Science of Science Policy: A Federal Research Roadmap*. Washington, D.C.: Office of Science and Technology Policy.

Triantis A. (2003) Real Options. *Handbook of Modern Finance* / Eds. D. Logue, J. Seward. New York: Research Institute of America. P. D1–D32.

van Bekkum S., Pennings E. (2009) A real options perspective on R&D portfolio diversification // *Research Policy*. Vol. 38. P. 1150–1158.

Vonortas N.S. (2008) *Real Options for Research Investment Portfolio Analysis at the U.S. Department of Energy*. Washington, D.C.: Office of Science, US DoE.

Vonortas N.S., Desai C.A. (2007) 'Real options' framework to assess public research investments // *Science and Public Policy*. Vol. 34. P. 699–708.

Zapata J.E., Reklaitis G.V. (2010) Valuation of project portfolios: An endogenously discounted method // *European Journal of Operational Research*. № 206. P. 653–666.

From Research Project to Research Portfolio: Meeting Scale and Complexity

Jonathan Linton

Head, Research Laboratory for Science and Technology Studies, Institute for Statistical Studies and Economics of Knowledge, National Research University — Higher School of Economics; Professor, University of Ottawa, Canada, and Editor-in-Chief, *Technovation* journal. Address: 11, Myasnitkaya str., Moscow 101000, Russian Federation. E-mail: linton@uottawa.ca

Nicholas Vonortas

Professor, George Washington University, United States; São Paulo Excellence Chair, Department of Science and Technology Policy, State University of Campinas, Brazil. Address: 1957 E Street, NW, Washington, DC 20052, United States. E-mail: vonortas@gwu.edu

Abstract

The article considers how the past and present tendency to focus on selecting the best projects based on the sole criterion of meritorious science may result in a sub-optimal portfolio. The authors argue that scientists need to proactively engage in the discussion over the need to improve the efficiency and effectiveness of societal investments to ensure that the next generation of the management and decision-making process for our science, technology and innovation system is rooted in sound principles.

The classic peer review process tends to provide unintended overlap and allows for an ill fit between some of the pieces and unwanted gaps to occur. Areas of high risk and

high return can be missed due to their controversial nature and split decisions typically resulting in negative funding decisions. In general, high risk and a high frequency of split decisions tend to be replaced with lower risk initiatives. The authors propose herein supplementing peer review with research portfolio evaluation approaches and decision-making tools that can better assess research uncertainties and other special features of the transformation of the resulting knowledge into improved social well-being. A coupling of research quality review by peers with more systematic portfolio meta-analysis of recommended projects is both possible and essential.

Keywords

research and development (R&D); peer review of R&D projects; project portfolio; portfolio-based approach; research performance evaluation

DOI: 10.17323/1995-459X.2015.2.38.43

Citation

Linton J., Vonortas N. (2015) From Research Project to Research Portfolio: Meeting Scale and Complexity. *Foresight–Russia*, vol. 9, no 2, pp. 38–43. DOI: 10.17323/1995-459x.2015.2.38.43.

References

- Bhattacharyya P.K. (2011) Fuzzy R&D project selection of interdependent projects. *Computers & Mathematics with Applications*, no 62, pp. 3857–3870.
- Brosch R. (2008) *Portfolios of Real Options*, Berlin: Springer.
- Casault S., Groen A. (2012) Examination of the behavior of R&D returns using a power law. *Science and Public Policy*, vol. 40, pp. 219–228.
- Feller E. (2013) Peer review and expert panels as techniques for evaluating the quality of academic research. *Handbook on the Theory and Practice of Program Evaluation* (eds. N. Link, N.S. Vonortas), Cheltenham: Edward Elgar.
- Kintisch E. (2006) Ray Orbach asks science to serve society. *Science*, no 313, p. 1874.
- Lane J. (2009) Assessing the impact of science funding. *Science*, no 324, pp. 1273–1275.
- Linquiti P. (2012) *Application of Finance Theory and Real Option Techniques to Public Sector Investments Made Under Uncertainty* (PhD Thesis), Washington, D.C.: The George Washington University.
- Mervis J. (2013) Proposed Change in Awarding Grants at NSF Spurs Partisan Sniping. *Science*, no 340, p. 670.
- Nelson R.R. (1990) Capitalism as an engine of progress. *Research Policy*, vol. 19, pp. 193–214.
- OSTP (1998) *The Science of Science Policy: A Federal Research Roadmap*, Washington, D.C.: Office of Science and Technology Policy.
- Triantis A. (2003) Real Options. *Handbook of Modern Finance* (eds. D. Logue, J. Seward), New York: Research Institute of America, pp. D1–D32.
- van Bekkum S., Pennings E. (2009) A real options perspective on R&D portfolio diversification. *Research Policy*, vol. 38, pp. 1150–1158.
- Vonortas N.S. (2008) *Real Options for Research Investment Portfolio Analysis at the U.S. Department of Energy*, Washington, D.C.: Office of Science, US DoE.
- Vonortas N.S., Desai C.A. (2007) ‘Real options’ framework to assess public research investments. *Science and Public Policy*, vol. 34, pp. 699–708.
- Zapata J.E., Reklaitis G.V. (2010) Valuation of project portfolios: An endogenously discounted method. *European Journal of Operational Research*, no 206, pp. 653–666.