

РОЛЬ И МЕТОДЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ В МОДЕРНИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ

ROLE AND METHODS OF TECHNOLOGICAL FORECASTING IN ECONOMICS MODERNIZATION

Окончание. Начало в номере 9

Н. Н. Зеленов,
аспирант

Технологическое прогнозирование – это процесс предсказания будущих характеристик технологий, их временного распределения и степени изменения технологических параметров, атрибутов и возможностей. В статье сделана попытка рассмотрения природы технологического прогнозирования и истории его практического применения, проведено исследование основных используемых для этого в настоящее время методов и границ применимости каждого метода, а также факторов, обуславливающих выбор наиболее подходящего метода. Дана характеристика перспектив развития технологического прогнозирования.

Technological forecasting is a process of prediction future technological characteristics, their distribution in time and the rate at which technological parameters, attributes and capabilities change. An attempt is made in the paper to scrutinize the nature, history and practical application of technological forecasting, main methods and techniques currently used for these purposes, feasibility limits of each method, factors determining the choice of the most suitable method. Assessment is given to technological forecasting development prospects.

Prédiction technologique est un processus de la prévision de caractéristiques technologiques futures, de leur distribution en temps et de la cadence du changement des paramètres technologiques, des attributs et des capacités. Un essai est fait dans l'article d'examiner la nature, l'histoire et l'application pratique de la prédiction technologique, les méthodes et techniques principales couramment usées dans ces buts, les limites d'application de chaque méthode, les facteurs déterminants le choix de la méthode la plus convenable. Evaluation est donnée à la perspective du développement de la prédiction technologique.

Technologische Prognostizierung ist ein Voraussichtsprozess anlässlich künftiger technologischer Kennwerten, ihrer Zeitverteilung und dem Wechseltempo der technologischen Kennwerten, Attributen und Kapazitäten. Ein Versuch ist gemacht in der Artikel das Natur, die Geschichte und praktische Anwendung der technologischen Prognostizierung, die Methoden und Verfahren gegenwärtig geübt zu diesem Zweck, Verwendungsgrenze jeder Methode und die den Wahl der meist geeigneten Methode definierende Faktoren zu betrachten. Entwicklungsperspektiven der technologischen Prognostizierung werden eingeschätzt.

Ключевые слова: технологическое прогнозирование, природа, метод, предел применения, фактор выбора.

Key words: technological forecasting, nature, method, application limit, factor of choice.

Mots clefs: prédiction technologique, nature, méthode, limite d'application, facteurs de choix.

Schlüsselwörter: technologische Prognostizierung, Natur, Methode, Verwendungsgrenze, Wahlfaktor.

8. Модель замещения. Данная модель основывается на трех предпосылках:

- Многие технологические улучшения могут рассматриваться как конкурентные заменители способа удовлетворения одной и той же потребности на альтернативный.
- Если начинается процесс замещения, то он продлится до конца.
- Темп замещения старого на новое пропорционален оставшемуся количеству старого, которое будет замещено.

Опыт показывает, что замещение происходит экспоненциально на начальных этапах, а после соответствует S-образной линии тренда. Когда начинается процесс замещения, новый процесс, продукт или услуга начинают демонстрировать свои преимущества по сравнению со старыми процессом, продуктом или услугой.

Пока новая технология способна захватывать рынок, темп замещения заметно ускоряется, но затем сглаживается по мере достижения уровня насыщения рынка. Примерами подобной модели

в сталелитейной промышленности являются: замена нанесения покрытия способом окунания в подогретый лакокрасочный материал электролитическим процессом; мартеновских печей конвертерными; одноклетевых станов горячей прокатки многоклетевыми станами. Это – примеры из многих технологических инноваций, замещение которых происходило по S-образной кривой.

Модель замещения может быть полезной для нескольких типов исследования, например, для раннего обнаружения технологического устаревания используемых подходов. Главным достоинством модели замещения является простота конструирования: подобно всем методам прогнозирования, основанных на числовых данных, эта модель проецирует конкретное и неизменяемое будущее, основанное на прошлых событиях, поскольку предполагается, что подобное развитие событий неизбежно.

Экспертные методы

Мониторинг. Многие методы прогнозирования построены на обязательности предположения о том, что исследователь знает то, что он ищет. Хотя

исследователь и может обладать значительными знаниями, иногда случаются технологические сюрпризы. Мониторинг, или инновационный трекинг, позволяет исследователю оставаться в курсе развития технологий. Этот подход основан на предположении, что новое открытие проходит несколько стадий до появления на публике в качестве инновации, и что некоторые будущие технологии находятся сейчас в стадии разработки. Существуют нижеследующие стадии исследования.

1. Начальная идея или предложение – концепция.
2. Постулирование теории – предложение по научным исследованиям.
3. Верификация теории – научное открытие.
4. Лабораторная демонстрация.
5. Полевые испытания.
6. Коммерческое внедрение.
7. Широкое распространение.

Если исследование проводится не военным агентством или университетом, то процесс, за исключением первой стадии, открыт для тех, кто знает, где искать – учебные материалы, научные журналы, письма торговых ассоциаций и другие подобные источники. Когда достаточный объем информации накоплен, данные должны быть подвергнуты перекрестной проверке с инкорпорированием информации по прочим событиям для определения возможности генерации новой технологии или продукта, создания инновации. В случае частных компаний, применяются все меры для сохранения процесса в секрете как можно дольше – поэтому возникающие технологии редко видны до пятой стадии, когда инновация уже очевидна. К счастью, большая часть (49% в 1990-е¹) фундаментальных исследований проводится университетами, поэтому для тех, кто в курсе событий, сюрпризы довольно редки. На рис. 7 показано, как инновация может являться результатом комбинации событий за период времени.

Многие компании формируют целые внутренние подразделения для обзора научной и технической литературы, включая патенты, и даже разрабатывают средства формулирования и распространения новых возможностей. Государственные органы, например, министерство обороны, используют данный метод, чтобы оставаться в курсе изменяющихся технологий.

Способы мониторинга могут показаться упрощенными, однако их потенциальная ценность огром-

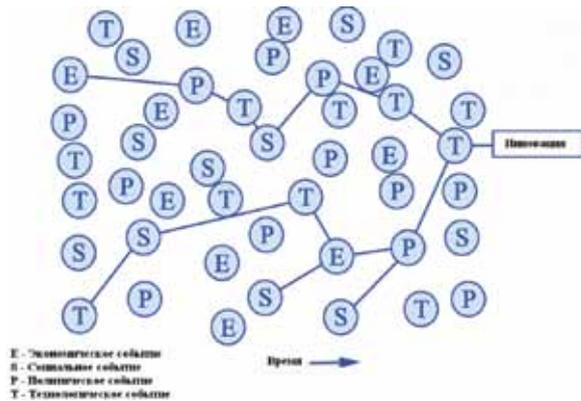


Рис. 7. Инновация является результатом комбинации событий за период времени

на. Если исследователь отслеживает и собирает информацию должным образом, то этот метод может дать превосходные данные для прогнозирования трендов. Недавно были разработаны программные средства для поиска и связывания информации на основе технологии гипертекста (hypertext) – такие программы будут незаменимы для процесса мониторинга инноваций.

Сетевой анализ. Сетевой анализ является формализацией и продолжением мониторинга. Эта техника может применяться в двух вариантах: 1) как метод исследования возможных технологических направлений и систем, которые могут возникнуть в результате расширения текущих научных исследований; 2) при условии определения желаемой возможности или конечной системы в качестве метода определения того, какие результаты исследований требуются для их достижения. Первый вариант применения является исследовательским прогнозированием, во время как второй – нормативным (предписывающим) прогнозированием: в первом исследуются возможные будущие технологии, во втором – определяются желаемые будущие возможности.

Термин «сетевая модель» отражает тот факт, что сети являются общепринятой формой представления и организации данных. Настоящие примеры подобного анализа довольно сложны для визуализации, поэтому обратимся к гипотетическому примеру. Предположим, что мы закончили мониторинг подходящих информационных источников, и у нас есть результаты недавних исследований r_1, r_2, \dots, r_k . Мы предполагаем, что их можно скомбинировать так, как показано на рис. 8, чтобы достичь научных возможностей s_1, s_2, \dots, s_j . Эти научные возможности, в свою очередь, могут быть скомбинированы для достижения технических компонентов t_1, t_2, \dots

¹ U.S. Bureau of the Census. Statistical Abstract of the United States, 107th ed. Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1986

тн. В конечном итоге, технические компоненты могут быть соединены для создания конечных систем V_1, V_2, \dots, V_n (рис. 9).

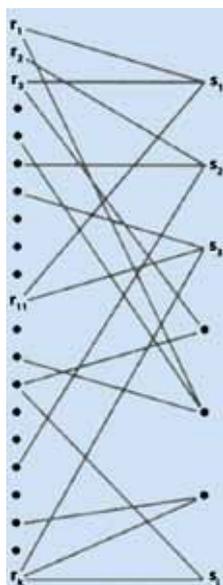


Рис. 8. Пример сетевого анализа: связь результатов исследования и научных возможностей

Путь от результатов исследований к конечным системам является исследовательским, но направление анализа можно развернуть в обратном направлении: вместо поиска системных импликаций научных результатов, мы можем начать с определения одной или нескольких желаемых конечных систем. Идя в обратном направлении, следуя той же самой логике, мы ищем компоненты и результаты научных исследований, необходимые для генерации возможностей, т.е. применяем нормативный подход к прогнозированию.

Если различным конечным системам задать веса, определяющие их относительную важность, становится возможным расставить приоритеты на результаты научных исследований на основе важности конкретной конечной системы, достижению которой способствует конкретное исследование.

Следует также отметить, что если мы знаем затраты на проведение научных исследований, можем оценить отношение между результатами и затратами на исследование и имеем бюджетное ограничение, то с помощью математического моделирования сможем определить лучший порядок проведения исследований и степень финансирования различных исследовательских проектов.

Как исследовательский, так и нормативный подходы к прогнозированию можно использовать стохастически, т.е. дать оценку вероятности того, что пары: исследование/возможность, возможность/компонент, компонент/система могут быть достигнуты. Однако следует подчеркнуть, что подобная

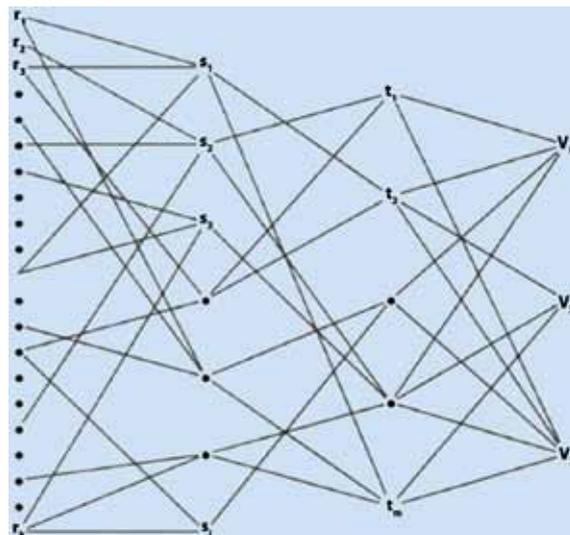


Рис. 9. Пример сетевого анализа: связь результатов исследования, научных возможностей, технических компонентов и конечных систем

формализация на практике вряд ли целесообразна, поскольку первичные данные получаются исключительно на основе экспертной оценки.

Сценарный метод. Сценарный подход к технологическому прогнозированию получил широкое распространение в последние годы. Он пытается описать будущую технологию или технологическое событие вместе с условиями окружающей среды. Сценарий – гипотетический взгляд на будущее, основанный на прошлом опыте и предположении, как правило, содержащем строгий анализ. С помощью сценариев можно охватить практически любой временной период, но обычно не более десяти-двадцати лет. Начинается анализ с задания исходных данных, которые затем обрабатывают и экстраполируют для получения картины будущих технологий. Часто разрабатываются три сценария: первый описывает будущее при условии сохранения текущих трендов и является основой для двух остальных сценариев, которые описывают оптимистический и пессимистический варианты будущего на основе предположений о лучших / худших условиях окружающей среды, соответственно.

Хотя наиболее известные сценарии имеют дело с мировыми событиями, подобными голоду, войне или экологическим катастрофам (например, книга Д.Оруэлла «1984» является тщательно разработанным сценарием будущего), сценарии также полезны для прогнозирования результатов внедрения и распространения технологических изменений. Когда организация разрабатывает сценарий, она должна определить организационные, экономические, социальные, технологические, политические и прочие переменные, которые могут повлиять на ее функционирование. Путем определения, какие переменные имеют наибольшее

влияние на организацию и какие, если они есть, поддаются контролю, организация может получить четкое представление своего потенциального будущего, а также возможных путей приобретения контроля его достижения.

Морфологический анализ. Это тоже нормативная техника прогнозирования, поскольку данный вид анализа делает предположение о том, что будет нужно обществу в будущем, а дальше исследует возможные пути удовлетворения этих потребностей. Из всех доступных на данный момент техник прогнозирования новых продуктов и процессов, морфологический анализ является одной из наиболее системных. Для данного вида анализа обычно используется матрица, которая называется морфологическим ящиком.

Дерево целей. В большинстве своем, проекты по технологическому совершенствованию очень сложны: их завершение зависит от существенных улучшений в существующих технологиях, достижение которых обычно плохо скоординировано. Многие продукты являются также результатом технологических изменений, которые изначально задумывались совсем для других целей. Исследователь должен быть способен различать большое количество потенциально поддерживающих технологий и прогнозировать их будущее. Дерево целей, незначительная модификация сетевого анализа, рассмотренного выше, является хорошим инструментом для такой работы.

Метод Дельфи. Возможно, наиболее известный из различных экспертных подходов к прогнозированию, метод Дельфи использует группу лиц, делающих анонимные, субъективные суждения о возможном времени, когда определенная технологическая возможность будет доступна. Результаты этих оценок агрегируются администратором процесса и презентуются группе, которая затем использует эту обратную связь для следующего раунда суждений. После нескольких итераций процесс останавливается, и области соглашений и разногласий отмечаются и документируются. Рассмотрим более детально некоторые характеристики этого процесса:

1. Сбор и распределение мнений. Участники группы могут выражать свое мнение по почте или могут быть собраны в одной комнате. В любом случае, мнения выражаются в письменной форме и являются анонимными: если процесс проводится тет-а-тет, то любые дискуссии по рассматриваемому предмету запрещаются, чтобы громкие и агрессивные участники группы не оказывали влияния

на мнения остальных. Заполненные бюллетени собираются администратором процесса, который агрегирует результаты в статистическом формате (например, путем распределения ответов). Эта информация передается всем участникам, которые затем могут сравнить, как соотносятся их индивидуальные суждения с анонимными взглядами прочих участников.

2. Итеративное голосование. Дополнительные бюллетени распределяются для последующего голосования между участниками группы, которые, в зависимости от своего желания, могут поменять или не менять свое предыдущее суждение. Участники группы, увидевшие свое мнение в меньшинстве, могут присоединиться к большинству, если чувствуют себя неуверенно. На них не оказывается никакого давления, поэтому тот, кто уверен в своем мнении, может не менять его.

3. Причины и консенсус. Этот итеративный процесс иногда сопровождают письменными аргументами в поддержку или в противовес какому-либо суждению. Процесс продолжается до достижения консенсуса (например, мнение 75% респондентов совпадает) или завершается после выполнения определенного числа итераций (обычно 4–5). Если консенсус достигнут, то для отображения прогноза используется статистическая мера результата, обычно мода или медиана; если консенсус не достигается, то прогноз представляется в форме распределения мнений респондентов в результате завершения последней итерации с пометкой о том, что консенсус не был достигнут.

4. Состав группы. Состав группы зависит от возможности участников прогнозирования: если она общая или абстрактная, то желателен гетерогенный состав группы, если техническая или специфическая, то группу должны составлять специалисты в этой области и профессионалы из других, но близких областей. Нужно найти баланс между узкими специалистами и специалистами широкого профиля, так же как и между практиками и теоретиками. Для гомогенной группы ее рекомендуется ограничивать десятью-пятнадцатью участниками, для гетерогенной, в целях достижения репрезентативности, эта цифра может быть больше, однако фактор количества респондентов не является критическим.

Метод Дельфи применяется не только в технологическом прогнозировании; он нашел широкое применение в области принятия политических решений¹. Три главных его характеристики: ано-

¹ MANTEL, S. J., JR., et al. «A Social Service Measurement Model.» Operations Research, March-April 1975.

нимность, представление результатов в статистической форме, контролируемая обратная связь – делают его применимым и надежным процессом по извлечению числовой информации из субъективных оценок. На факторы, которые могут принимать в рассмотрение респонденты во время голосования, также не накладывается никаких ограничений. В результате, процесс становится особенно эффективным, когда мнения и суждения основываются на широком и комплексном наборе факторов.

Анализ взаимовлияний. Эта процедура является продолжением метода Дельфи; она увеличивает степень уверенности в прогнозе связанных событий, а также позволяет включать дополнительный набор факторов влияния даже за рамками тех, которые рассматривают респонденты в процессе Дельфи. Цель анализа взаимовлияний состоит в изучении взаимных воздействий событий в явном и систематическом виде и в учете этих воздействий при прогнозировании технологических возможностей. Набор событий для изучения в рамках анализа взаимовлияний обычно определяется в ходе метода Дельфи, когда производится распределение вероятностей и дат появления событий. Пересмотренный прогноз может быть подготовлен вручную или с помощью программных средств, которые были разработаны специально для поддержки данной методологии.

Использование технологического прогнозирования

Несмотря на широкое разнообразие моделей и подходов, доступных в настоящий момент для технологического прогнозирования, главными элементами, определяющими развитие будущей технологии, являются экономика, социополитика и существующая технология. Исследователь не должен игнорировать ни одну из этих областей при попытках технологического прогнозирования, поскольку они взаимодействуют в очень сложной манере, воздействуя на будущее и определяя его. Ключом к технологическому прогнозированию является аккуратное включение в методологию прогнозирования реалистичных и обоснованных оценок, суждений и мнений. В рамках выбора стратегии прогнозирования, одним из важнейших факторов является потенциальная экономическая ценность прогноза относительно затрат на его создание. Некоторые методы намного дороже остальных, некоторые дают лучшие результаты в определенных условиях. Простота построения, ана-

лиза, подгонки кривых и манипулирования огромными массивами данных посредством компьютеров ведет к соблазну использовать стратегию «попробовать все», которая, однако, больше запутывает, чем обеспечивает реальное понимание. До сих пор главным аспектом технологического прогнозирования является предположение о том, что изобретение и изменение создадут технологию, которая не будет простым продолжением прошлого. Если бы это было не так, то необходимость в технологическом прогнозировании отпала бы.

Обобщая, подчеркнем, что доступные данные должны быть представлены в виде временных рядов для определения факторов влияния, которые могут помочь в определении альтернативных методов прогнозирования. Как правило, данные доступны только для построения краткосрочных прогнозов, поэтому для решения краткосрочных проблем обычно применяют методы экстраполяции. Для долгосрочных прогнозов более применимы экспертные методы, поскольку горизонты прогнозирования отодвигаются, и риски неправильной экстраполяции резко возрастают. Экспертные методы также являются более подходящими, когда ощущается недостаток точных и достоверных данных или имеется недостаточно времени или финансирования для сбора и анализа точных сведений. Их также применяют для решения проблем с существенным количеством переменных, и их отношения сложны или недостаточно понятны.

Технологическое прогнозирование – неуклонно развивающееся искусство. Не прогнозировать – значит все равно прогнозировать с предубеждением, что будущее будет таким же, как прошлое, т.е. предсказать себя на объективно ошибочный прогноз.

Библиографический список

1. Mantel S.J., JR., et al. A Social Service Measurement Model. *Operations Research*, March-April 1975/
2. Meredith Jack R. Mantel, Jr Samuel J. *Technological Forecasting* // University of Cincinnati 1995 John Wiley & Sons, Inc.
3. Rosegger G. *The Economics of Production and Innovation*, 2nd ed. New York: Pergamon Press, 1986
4. U.S. Bureau of the Census. *Statistical Abstract of the United States*., 107th ed. Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1986

Зеленов Н. Н. – аспирант Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Zelenov N. N. – Post-graduate, «Economics Higher School» National Research University

e-mail: evgenii.zhukov@mail.ru