УДК 06.54.31 82.29

ПРОГНОЗНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ: ФОРКАСТ, ФОРСАЙТ, ФОРСОТ

Л.М. Самков, кандидат технических наук, доцент, главный научный сотрудник
Югорский НИИ информационных технологий (Ханты-Мансийск) Россия

Аннотация. *Предложена концепция форсот-проектирования, обратного по отношению к форсайт-проектированию. Проведен анализ происхождения и причин широкого использования форсайт-проектирования, обоснована необходимость форсот-проектирования. Сформулировано обобщение, включающее двойственные друг другу понятия исследований и разработок, относящихся как к настоящему, так и к будущему. Анонсировано дальнейшее развитие, применительно к форсот-проектированию, оптимизационной модели исследований и разработок, предложенной нами 40 лет назад. Приведены ссылки на форсот-проекты, разработанные автором в последние годы.*

Ключевые слова*: форкаст, форсайт, форсот, прогнозирование, проектирование, дорожная карта, мемристор, космос, термоядерный реактор.*

Введение

Нынешнюю стадию развития общества относят к пятому технологическому укладу, для которого характерно использование научных достижений в области микроэлектроники, информатики, биотехнологии, генной инженерии, новых видов энергии, материалов, освоения космического пространства. Беспрецедентно ускоряется технический прогресс, что выражается законом Мура (микроэлектроника), темпами расшифровки генома человека (биоинформатика) и т.п.

Перестройка технологий и появление новых производств зачастую происходит сразу же после получения соответствующих научных и технологических результатов (например, 3D-принтер).

Возникает необходимость более глубокого прогнозирования и планирования, объединяющего научные, технологические, социальные, экологические, коммерческие факторы, влияющие на реализуемость проекта, привнести системность в планы и прогнозы, увязать их в единый объект.

Даже бессмысленные с одной точки зрения проекты могут быть осуществлены, если имеется фактор, которому отдано предпочтение волей руководства. Примером может послужить проект «Аполлон», не имевший никакого коммерческого значения, малопродуктивный для получения научных результатов, но необходимый политически. Было осуществлено несколько экспедиций посещения Луны, после чего о Луне на полвека забыли [9]. Наиболее значимыми оказались косвенные результаты, которые заранее не планировались: в ходе реализации проекта разработаны технологии, которые нашли применение в других отраслях [17]. То же можно сказать и о проекте шаттлов – при их низкой надежности и сомнительной экономичности, разработанные технические решения оказались полезными для широкой сферы приложений.

Форсайт и форкаст

Отмеченная выше необходимость системности планов и прогнозов реализована форсайт-методологии, которая появилась 30 лет назад, а теперь используется и в России для формирования решений долгосрочной политики [5]. Издается авторитетный научный журнал «Форсайт».

Автор концепции форсайта так излагает историю ее появления [22, с.1440]:

«В процессе проведения обширной программы интервью мы начали применять термин «форсайт» при выявлении областей исследований, которые скорее всего дадут наибольшие экономические и социальные результаты в качестве удобного сокращения для этих областей. Затем это постепенно стало формальным определением термина «форсайт». Например, в нашей книге [20, с. 7], мы определили форсайт как «методы, механизмы и процедуры, которыми мы пытаемся определить области базовых исследований для представления стратегического потенциала» Под стратегическим потенциалом мы подразумеваем «области ..., пополняющие базу знаний, которая, при условии финансирования, в конечном итоге может внести вклад в решение важных практических задач» [19, с. 6]. Получилось длинновато, поэтому форсайт быстро стал стандартным сокращением приведенного выражения.

В цитируемой статье Мартин указывает еще две причины создания такого мема – потребовалось броское название для привлечения финансирования и, кроме того, нужно было разграничить форсайт и традиционное (на тот момент) прогнозирование. Различие между форсайтом и прогнозированием, по Мартину, состоит в следующем [22, с. 1440]:

«Во-первых, форсайт рассматривается главным образом как процесс, а не как набор методов.

Во-вторых, методы прогнозирования представляют собой «черный ящик» преобразующий входные предположения в выходные – предсказания о будущем, в то же время форсайт гораздо более озабочен созданием четкого понимания возможных тенденций развития и сил, формирующих эти тенденции. То есть форсайт вскрывает этот черный ящик – Л.С.

В-третьих, понятия прогнозирования и форсайта связаны с очень разными онтологическими предполо-

© Самков Л.М. / Samkov L.M., 2015

жениями о будущем. В обычном прогнозировании цель состоит в том, чтобы прийти к предсказаниям, которые могут быть оправданы «научно» ... Основное предположение состоит в том, что только одно возможное будущее существует, и оно может быть связано однолинейно и детерминировано с настоящим и прошлым.

В отличие от этого, цель форсайта – оценить систематически, насколько это возможно, какие шансы для развития и альтернативные варианты действий сейчас допустимы, а затем аналитически определить, к каким альтернативным результатам в будущем те или иные варианты развития, возможно, приведут». [21, с. 5, 25, с. 4]

Уместно привести также суждение из отечественного источника, в котором указываются дополнительные отличия форсайта от прогнозирования, вытекающие из практики использования обоих этих концепций, а также ту среду, в которой они используются:

«Форсайт существенно отличается от прогнозирования. Форсайт вовлекает всех ключевых участников развития: научно-техническую сферу, бизнес, правительство, общественность. Традиционное же прогнозирование (*Forecasting*) осуществляется учеными. Форсайт развивает сотрудничество и кооперацию между бизнесом, государством и учеными. Развивает способность и культуру предвидения в обществе. Предусматривает возможность выбора варианта действий в зависимости от «видения» будущего. Содержит элементы активного влияния на будущее (путем определения зон исследований и появления технологий, которые могут принести наибольшие экономические и социальные выгоды и осуществления ранней концентрации ресурсов на этих направлениях)» [4, с. 10].

Отмеченные отличия отражены в происхождении этих терминов, которые мы вынуждены анализировать в английском [24], а не в русском языке. Они представляют собой добавление префикса «*fore-*» («перед-», «пред-») к смысловой части – «*cast-ing*» и «*sight*». Корень «*cast*» полисемичен, к прогнозированию имеют отношение смыслы «шанс», «метать кости», «вычисления». Соответственно смысл слов «*forecast*» и «*forecasting*» – «предварительный расчет шансов, возможностей», причем только для одной задачи. В русском языке для этого используется термин «прогнозирование». В английском же «*prognosis*» используется только в медицине (прогноз болезни) и в метеорологии (прогноз погоды), то есть для тех случаев, когда предвычислить ничего нельзя (хотя современное развитие прикладной математики уже позволяет делать такие попытки).

Слово «*sight*» также полисемично, среди прочих оно включает такие смыслы как «поле зрения», «видимость», «вид», «зрелище», «образ чего-либо». Соответственно «*foresight*» означает «предвидение».

Таким образом, прогнозирование (которое дальше будем называть форкаст, пользуясь такой же транслитерацией, как и для форсайта) выдает некий набор суждений о будущем, которые могут быть не увязаны друг с другом, противоречивы – они сформулированы разными прогнозистами и опираются на различные источники информации. В отличие от форкаста форсайт стремится построить целостный образ мира будущего, позволяющий найти предпочтительные области в нем и составить дорожную карту продвижения к этим областям.

Допустим, дорожная карта форсайт-проекта указывает на необходимость создания перспективного технического объекта в неблизком будущем. При этом, на основе точной математической модели сформулирован количественный критерий реализации этого объекта. Например, для создания термоядерного реактора с положительным выходом энергии на основе точной модели был сформулирован критерий Лоусона [15, т. 2 с. 613], согласно которому нужно получить определенное сочетание значений нескольких показателей – температура и плотность плазмы, время удержания. Но технология получения этих значений отсутствует, нужно провести исследования и разработки по созданию таких технологий. То есть возникает задача спланировать движение в обратном, чем в форсайте, направлении – от заданного будущего состояния к нынешнему, от заданного перспективного объекта к современному объекту – прототипу. В результате решения такой обратной задачи получаем обратную дорожную карту.

Аналогичный подход используется в форкасте – определяются два вида прогнозов – поисковые (исследовательские) и нормативные (целевые) [1, с. 10].

Исследовательские прогнозы вырабатывают будущие значения показателей уже существующих объектов в предположении, что последние не будут подвергаться управленческим воздействиям. Кроме того, исследовательские прогнозы могут предсказывать возможное в будущем появление объектов и явлений, не существующих в настоящем (например, высокотемпературная сверхпроводимость). То есть происходит движение от заданного настоящего к неизвестному будущему состоянию.

Нормативные же прогнозы исходят из некоторой цели (введенной в прогнозную систему извне), которая должна быть достигнута в будущем. Затем запускают противоположную динамику моделирования – от заданного будущего к предыдущим состояниям. Например, для создания космического лифта (цель) требуется конструкционный материал с прочностью, в 100 раз превышающую прочность имеющихся [7]. Для этого, в свою очередь, требуется провести некоторый комплекс исследований и разработок, которым также соответствуют те или иные количественно определенные цели.

Форкаст, несмотря на свою некоторую хаотичность, а может быть, как раз благодаря ей, предсказывает такие перспективные объекты, для которых нет прототипов, то есть они не могут присутствовать в дорожной карте форсайт-проекта. Примером может послужить мемристор, предсказанный почти полвека назад [16], и материально реализованный в 2008 году [26], который оказался близким функциональным аналогом биологического нейрона, причем имеющий размер в десятки раз меньший, чем размер нейрона [18]. Разумеется, до 2008 года мемристор не попал бы в дорожную карту форсайт-проекта создания искусственных нейросетей, если бы таковой тогда был составлен. Причиной этого является коммерческая и экономическая обусловленность

пунктов дорожной карты.

В результате возникла парадоксальная ситуация – освоение новшества умышленно тормозится самим же его производителем, а не конкурентом. Мемристор оказался готовым к производству слишком быстро, когда корпорации не успели заработать на предыдущем поколении техники все, что намеревались:

«Наш партнер, Hynix, является крупным производителем флэш-памяти, и мемристоры подорвут его бизнес, отняв часть рынка у флэш-памяти, – сказал господин Вильямс. – Так что подобрать время для выпуска мемристоров на рынок оказалось очень важным. Гораздо больше денег сейчас тратится на моделирование и понимание рынка, чем на исследовательскую работу». Что касается этой самой исследовательской работы, она, по словам Стэна Вильямса, в основном завершена, так что выпуск новой памяти сможет освоить любая фабрика [6].

Мемристор является примером необходимости реализации обратной дорожной карты, аналогичной той, которая используется в нормативном прогнозировании, но отличающаяся полномасштабным использованием фундаментальных научных исследований гипотетических объектов и их разработок. Мемристор был предсказан путем использования утонченной математической модели и реализовал материализацию нейрона. Предпринимались и другие попытки такой материализации путем создания различных нейрочипов, но не такие успешные. Нейросети, как правило, моделировались виртуально.

Форсот

Приведенный пример характеризует новый тип проектирования, когда количественно определена цель, определены условия ее достижения, на основе чего формулируются задачи исследований и разработок, необходимых для реализации этих условий. Такой метод проектирования предполагает построение и реализацию обратной дорожной карты, основанное на точных расчетах. Поскольку будущее зафиксировано, то неопределенность процесса движения к настоящему существенно снижена.

Следуя лингвистической русско-английской модели, использованной выше, будем именовать такой метод прогнозного проектирования форсот-проектированием. *Forethought* означает «идея или проект, предварительно досконально обдуманные», «предчувствие», «упреждение» (*An idea or design previously thought out; an anticipation*) [24].

Похожий метод был нами использован полвека назад при программно-целевом планировании специальных технических объектов, в то время он получил название «непрерывное прогнозирование» [8] с целью подчеркнуть необходимость непрерывного слежения за тенденциями развития технологии. Как правило, в те времена прогнозы составлялись с пятилетней периодичностью, ими пользовались плановики. Более частые прогнозы не давали им принципиально новой информации, поскольку прогнозные базы для смежных прогнозов почти совпадают. Но для проектировщиков было важно своевременно уловить новую тенденцию технологического развития, для оперативного реагирования в условиях стратегического противостояния. То есть значение придавалось не прогнозной базе в целом, а отдельным событиям. В этом случае прогнозирование сопутствует самому процессу проектирования и приобретает непрерывный характер. Традиционно проектировщик имеет в своем распоряжении информацию о настоящем, уже содержащуюся в справочниках. Ему не нужно самому исследовать прочность материалов, все уже сделано в предыдущих исследованиях. При форсот-проектировании перспективного объекта проектировщику нужна аналогичным образом информация о будущем, а не о настоящем – о прогнозируемых технологических возможностях, которые еще только предстоит получить в исследованиях. При таком разделении труда проектировщик сам не прогнозирует, а лишь использует прогнозы, составленные другими в результате проведения фундаментальных исследований подобно тому, как обычный проектировщик не заботится исследованием свойств конструкционных материалов.

Обычное научное исследование отличаются от форсайт-исследования тем, что первое направлено на построение картины мира настоящего, а второе –картины мира будущего.

Научные исследования подразделяются на экспериментальные, феноменологические и теоретические.

В экспериментах производятся наблюдения отдельных явлений, измерения показателей, первичная обработка результатов экспериментов.

В феноменологических исследованиях производится построение эмпирических закономерностей и феноменологических моделей, упорядочивающих эмпирику и позволяющих правильно интерполировать недостающие данные.

В теоретических исследованиях осуществляется обобщение экспериментальных данных и феноменологических моделей в виде фундаментальных теорий.

Примером может служить развитие небесной механики: наблюдения Тихо-Браге стимулировали создание феноменологических законов Кеплера, которые, в свою очередь привели к теории тяготения Ньютона.

Четвертым элементом рассматриваемой последовательности является задача, обратная исследовательской, это – проектирование объекта, не существующего в природе. [10, с. 139].

Исследование – это определение свойств заданного объекта – на входе имеем объект, на выходе – значения его свойств.

Проектирование – это создание объекта с заданными свойствами – на входе имеем перечень свойств и требуемых значений, на выходе – объект, обладающий этими значениями свойств.

Вышеизложенное позволяет аналогичным образом структурировать процесс исследования и проектирования будущего по аналогии с исследованиями и проектированием настоящего. Разумеется, эти аналогии имеют ограничения, ими можно пользоваться лишь как эвристическим методологическим методом.

1. Экспериментальные исследования → при прогнозировании соответствующая деятельность не содержит прогнозной специфики.
2. Феноменологические исследования → форкаст
3. Теоретические исследования → форсайт
4. Проектирование → форсот

Модель связи исследований и разработок в традиционном понимании была нами разработана сорок лет назад [10]. Сформирована структура планирования крупных проектов в виде двудольного дерева целей, включающего взаимосвязи задач проектирования с релевантными им исследовательскими темами, а также иерархическими связями, которые применительно к форсайту и форсоту естественным образом интерпретируются как фрагменты дорожных карт. Модификацию указанной структуры применительно к прогнозным исследованиям мы предполагаем изложить в следующей статье.

Форсот-проект создания перспективного объекта включает следующие этапы (здесь мы используем элементы методологии [3, с. 311]:

1. Определяется цель создания объекта – какие потребности общества он должен выполнять. При этом используется вербальное моделирование и экспертные оценки ограниченного набора целевых показателей.
2. Составляется список способов достижения цели, с использованием максимально полного набора возможностей, включая также создание гипотетических объектов.
3. Для каждого способа определяются прототипы (ретроспективные аналоги), подлежащие существенному улучшению либо полной замене. В последнем случае определяются способы замещения. В число прототипов могут включаться гипотетические объекты, например, ядерные двигатели для космических кораблей (форсот-прототип).
4. Для каждого способа формируются физические и экономические модели проектируемого объекта с использованием фундаментальных исследований.
5. Для каждой модели определяются показатели и зависимости между ними – структурные и прогнозные.
6. Для каждого показателя формируется набор данных – фактических, расчетных, прогнозных и экспертных.
7. Определяются предельные, целевые и тупиковые (в дорожной карте) значения показателей.
8. Разрабатывается архитектура объекта и сценарии его функционирования.
9. Разрабатываются альтернативные технические решения относительно конструкции объекта, обеспечивающие реализацию сценариев его функционирования.
10. Формируются правила принятия решений по оценке реализуемости технических решений и определению приоритетов их финансирования.
11. Планируются и осуществляются фундаментальные исследования, необходимые для создания гипотетических объектов.
12. Планируется и осуществляется проектирование объектов, входящих в составленную дорожную карту и относящихся к различным вариантам достижения цели, с возможным объединением совпадающих элементов, общих для нескольких вариантов. Они получают приоритет при планировании.

Перечисленные этапы образуют алгоритмическую сетевую структуру, содержащую циклы, обратные связи, условные операторы. Мониторинг исполнения заданий позволяет своевременно прекращать работы, для которых возникли тупиковые условия. Система является открытой, то есть извне может поступать информация о новых, прорывных результатах исследований и разработок, результаты независимых прогнозов. Могут поступать политические директивы и дополнительное финансирование изменяться приоритеты финансирования. Форсот-проект должен, таким образом, обладать высокой степенью адаптивности.

Реализуемость форсот-проекта

Показатели могут быть физические, технические, социальные, экономические, политические.

Реализуемость проекта определяется интегральной оценкой этих показателей, которая объединяет качественные и количественные, необходимые, достаточные, бивалентные показатели [12, 23]. Совместный их учет требует использования методов построения интегральных оценок, отражающих их взаимодействие, логическую структуру, возможности взаимной компенсации позитивных и негативных тенденций [11].

Поскольку значения показателей являются прогнозными и фактическая их динамика может отклониться от прогноза, то и заключения, сделанные на основании интегральной оценки, могут меняться со временем. Например, форсот-проект трансконтинентальной магистрали «Евразия – Америка» через Берингов пролив технически реализуем, но экономические показатели, например, отсутствие потребности в высоком трафике, являются тупиковыми и такой проект не реализуем по экономическим параметрам. Однако со временем может появиться потребность в масштабных грузопассажирских перевозках и проект станет реализуемым.

Изменение политического фактора привело к тому, что ранее тупиковый в отношении экономических показателей форсот-проект Керченского моста стал реализуемым, причем именно в экономическом отношении.

Если факторы, выражаемые логическими показателями, не приводят к тупику, осуществляется расчет интегральной оценки с использованием логики бивалентных показателей для свертки значений различных показателей. То есть интегральная оценка формируется на основании количественных моделей показателей, каждая из которых снабжена своим условием возникновения тупика. На этом этапе, например, отвергаются варианты форсот-проекта системы космических запусков, требующие перемещения людей с ускорением более 10g [2]

Заключение

Элементы изложенной методологии прогнозного проектирования были нами реализованы в трех форсот-проектах, описанных в [13, 14, 23]. Они относятся к космическим проектам и элементной базе нейронных сетей. Развитие методологии форсот-проектирования должно привести к легализации финансирования поисковых исследований и разработок, которые осуществляются в отношении гипотетических объектов. Примером разумности такого подхода служит политически обусловленный проект «Аполлон», который был экономически бессмысленным, в научном отношении малопродуктивным, но имевшим «прорывное» значение в создании новых технологий [17].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бестужев-Лада, И. В. Рабочая книга по прогнозированию / И. В. Бестужев-Лада. – М. : 1982. – 297 с.
2. Верн, Ж. С Земли на Луну прямым путем за 97 часов 20 минут / Ж. Верн // Собр. соч. в 6 т. Т.1. – М. : Современный писатель. – 1993.
3. Диксон, Дж. Проектирование систем – Изобретательство, анализ и принятие решений / Дж. Диксон. – М. : Мир, 1969. – 440 с.
4. Крюков, С. В. Форсайт – от прогноза к формированию будущего / С. В. Крюков // Terra Economicus, 2010. – Т. 8. – № 3-2. – С. 7–17.
5. Положение о Координационном совете промышленного и технологического форсайта Российской Федерации, утв. приказом Минпромторга России от 06.12.2011 №1680.
6. Разработка мемристоров завершена, но HP и Hynix не хотят подрывать рынок флэш-памяти. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.ixbt.com/news/hard/index.shtml?16/15/46 (дата обращения 05.06.2015).
7. Садов, Ю. А. О концепции нагруженного секционированного космического лифта / Ю. А. Садов и др. // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша, 2011. – №39. – 25 с.
8. Самков, Л. М. Информационно-прогностическая подсистема как составная часть системы непрерывного прогнозирования / Л. М. Самков и др. // Опыт и задачи прогнозирования в промышленности. – Л. : ЛДНТП, 1976. – С. 31–34. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://parzefal.com/source/009005.pdf (дата обращения 05.06.2015).
9. Самков, Л. М. Космические программы: когда безумствует мечта – души прекрасные порывы / Л. М.Самков // Вестник Югорского государственного университета, 2011. – Выпуск 3(22). – С. 102–106.
10. Самков, Л. М. Модель оптимизации программы научных исследований / Л. М. Самков // III Всесоюзный симпозиум по проблемам планирования и управления научными исследованиями и разработками. – материалы симпозиума, часть 1. – М. : ЦЭМИ, 1975. – С. 139–143. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://parzefal.com/source/009002.pdf (дата обращения 05.06.2015).
11. Самков, Л. М. Онлайновая информационно-аналитическая система мониторинга индикаторов жизнеобеспечения территориальных объектов / Л. М. Самков и др. // Управление большими системами. – М. : ИПУ, 2008. – Выпуск 24. – С. 112–129.
12. Самков, Л. М. Оперативная идентификация в системах мониторинга устойчивого развития территориальных объектов / Л. М. Самков // Идентификация систем и задачи управления, Международная конференция 26-28 сентября 2000. – М. : ИПУ. – С. 1816–1823.
13. Самков, Л. М. Прогнозный проект космической инфраструктуры: баллистика и логистика / Л. М. Самков // Управление большими системами. – М. : ИПУ, 2015. – Выпуск 54. – С. 6–44.
14. Самков, Л. М. Прогнозный проект системы космического позиционирования / Л. М. Самков // сборник статей Шестнадцатой международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные исследования, разработка и применение высоких технологий в промышленности и экономике», 5-6 декабря 2013 г. – СПб : 2013. – С. 51–55. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://parzefal.com/source/009002.pdf (дата обращения 05.06.2015).
15. Физическая энциклопедия. – М. : Советская энциклопедия, 1988.
16. Chua, L. O. Memristor – the missing circuit element / L. O. Chua // IEEE Transactions on Circuit Theory, 1971. – CT-18 (5) – P. 507–519.
17. Gaudin, S. NASA's Apollo technology has changed history / S. Gaudin // Computerworld. 2009. Jul 20. – URL: http://www.computerworld.com/article/2525898/app-development/nasa-s-apollo-technology-has-changed-history.html (дата обращения 05.06.2015).
18. Indiveri, G. Integration of nanoscalememristor synapses in neuromorphic computing architectures / G. Indiveri et al. // Nanotechnology, 2013. – Vol. 24. – №38. – P. 384–410.
19. Irvine, J. Foresight in Science: Picking the Winners / J. Irvine et al. // Frances Pinter Publishers, London, 1984.
20. Martin, B. R. Project Foresight, a proposal submitted to the Cabinet Office / B. R. Martin, et al. // SPRU, University of Sussex, Brighton, UK, 1983.
21. Martin, B. R. Research Foresight: Priority-Setting in Science / B. R. Martin et al. // Pinter Publishers, London and New York, 1989.
22. Martin, B. R. The origins of the concept of ‘foresight’ in science and technology: An insider's perspective / B. R. Martin // Elsevier Technological Forecasting and Social Change, 2010. – P.1438–1447.
23. Samkov, L. M. Memristive logic of the neural networks / L. M. Samkov // The Way of Science, 2015. – № 4 (14). – P. 10–12.
24. Shorter Oxford English Dictionary Sixth Edition Oxford Dictionaries, 2007.
25. Solem, E. Foresight in government: a necessary but rare component / E. Solem // Futures Can. 8, 1986. – P. 3–7.
26. Strukov, D. B. The missing memristor found / D. B. Strukov et al. // Nature, 2008. – №453 (7191) – P. 80–83.

Материал поступил в редакцию 05.06.15.

FORECASTING DEVELOPMENT: FORECAST, FORESIGHT, FORETHOUGHT

L.M. Samkov, Ph.D., Associate Professor, Chief Researcher
Ugra Research Institute of Information Technologies (Khanty-Mansiysk), Russia

Abstract. *The concept of the forethought project as inverted to the foresight project is proposed. The analysis of the origins and reasons for the wide use of foresight projects is conducted. The forethought projects necessity is proved. The generalized view, comprising mutually dual concepts of research and development relating to both the present and the future is determined. The further development of an optimization model of research and development adapted to the forethought projecting, which we proposed 40 years ago, is announced. Links to the forethought projects developed by the author in recent years are presented.*

Keywords*: forecast, foresight, forethought, forecasting, development, roadmap, memristor, outer space, fusion reactor.*