

УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ

УДК 004.89

Туркин И.Б. , Шостак И.В., Данова М.А.
Национальный аэрокосмический университет
им. Н.Е. Жуковского "ХАИ"

КОМПЬЮТЕРИЗАЦИЯ ФОРСАЙТ- МЕТОДОЛОГИИ В ЧАСТИ ВЫБОРА ПРИОРИТЕТОВ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ НАУЧНО- ТЕХНИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

В статье отражена актуальность проблемы автоматизации форсайт-проектов по выбору приоритетов при прогнозировании научно-технического развития крупномасштабных объектов. Обсуждены особенности компьютеризации каждого из четырех этапов технологии Форсайт. Показано, что наиболее проблемным для автоматизации является этап «Оценка и уточнение перечней тематических направлений», поскольку предусмотренные существующей методикой процедуры и методы плохо формализованы и основаны на использовании экспертной информации. Сформулирована задача синтеза информационной технологии поддержки принятия решений участниками форсайт-проекта.

У статті відображена актуальність проблеми автоматизації форсайт - проектів по вибору пріоритетів при прогнозуванні науково -технічного розвитку великомасштабних об'єктів. Обговорено особливості комп'ютеризації кожного з чотирьох етапів технології Форсайт. Показано, що найбільш проблемним для автоматизації є етап «Оцінка та уточнення переліків тематичних напрямів», оскільки передбачені існуючою методикою процедури і методи погано формалізовані і засновані на використанні експертної інформації. Сформульовано задачу синтезу інформаційної технології підтримки прийняття рішень учасниками форсайт -проекту.

The paper reflects the relevance of automation foresight-projects on the choice of priorities in the prediction of scientific and technological development of large-scale objects. The characteristics of the computerization of each of the four stages of technology foresight are discussed. It is shown that the most problematic for automation is a step "Evaluation and refinement of lists of subject directions", because provided by an existing technique procedures and methods are badly formalized and based on the use of expert information . The problem of synthesis of information technology to support decision-making members of the foresight project is formulated.

Ключевые слова: прогнозирование развития, форсайт-методология, информационные технологии, автоматизация прогнозирования.

Введение

На сегодняшний день в большинстве передовых стран мира (США, Японии России и в Украине) методология Форсайт применяется для прогнозирования научно-технического развития (НТР) на всех уровнях – от корпоративного до национального [1-5]. Результатами прогнозирования НТР на основе методологии Форсайт являются перечни технологий, либо направления исследований и

разработок, которые требуют первоочередного инвестирования.

В современных условиях использование технологии Форсайт при прогнозировании научно-технического развития (НТР) крупномасштабных объектов (КМО) требует привлечения большого числа специалистов из разных областей, а методы, используемые для ее реализации носят ручной характер, что влечет за собой снижение точности

полученных результатов. Особенностью реализации Форсайт-проектов на национальном уровне является с одной стороны, необходимость комбинации различных методов, входящих в состав методологии Форсайт, а с другой – привлечение значительного числа экспертов, что порождает ряд серьезных проблем, истоки которых в экспертном характере данной методологии. Так, в проводимом в Украине прогнозно-аналитическом исследовании, в рамках утвержденной Кабинетом Министров Украины в 2005-2006 годах Государственной программы по прогнозированию научно-технологического и инновационного развития

на 2004-2006 годы [6] участвовало более 600 экспертов.

Национальная Форсайт-методика прогнозно-аналитических исследований, составленная Б.А. Малицким и др. [7] предполагает реализацию набора этапов (рис. 1), путем анкетирования группы экспертов, при этом компьютеризация процессов ограничена лишь фиксацией данных от экспертов и их статистической обработке. Следствием этого является недостаточная эффективность форсайт-проектов, реализуемых в Украине, прежде всего, из-за субъективности, присущей экспертному оцениванию

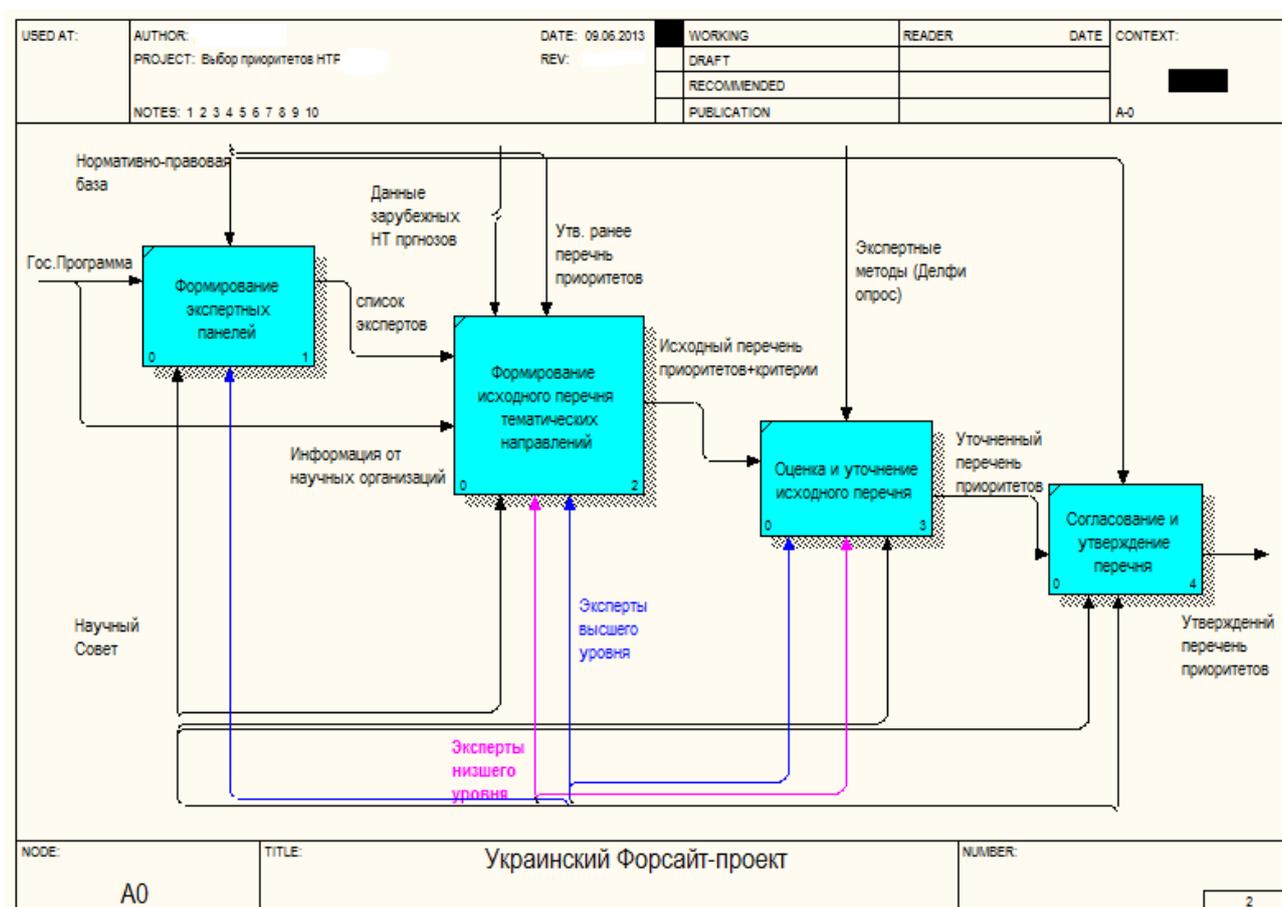


Рис. 1 Этапы национального прогнозно-аналитического исследования по выбору наиболее перспективных направлений развития науки и техники

Анализ отечественных и зарубежных источников показал, что существует необходимость дальнейшего исследования проблемы, связанной с автоматизацией Форсайт технологии.

Цель данной статьи состоит в описании подхода к комплексной компьютеризации национальных форсайт-проектов по выбору приоритетов при прогнозировании научно-технического развития крупномасштабных объектов.

Постановка задачи

Исходными данными для компьютеризации форсайт-проекта, проводимого в Украине, являются обязательные этапы национальной методики прогнозно-аналитических исследований, адаптированной под использование в рамках компьютеризированной системы поддержки принятия решений реализации каждого этапа методологии Форсайт [8].

Необходимо обосновать выбор средств компьютеризации для начального и завершающего этапов методики прогнозно-аналитических исследований на основе Форсайта, а также разработать формальные средства представления и реализации таких процедур как: формирование исходного перечня тематических направлений и системы критериев их оценки, а также оценку и уточнение этих перечней.

Исходя из особенностей предметной области «Научно-техническое прогнозирование», наиболее адекватным математическим аппаратом, представляющим процедуру оценки и уточнения перечней тематических направлений следует считать методы t-упорядочения и Парето-оптимальности.

Для формирования как исходного перечня тематических направлений, так и системы критериев их оценки наиболее подходящими являются методы библиометрии, наукометрии, патентного анализа и text mining.

В результате решения задачи будет создана информационная технология реализации национального форсайт-проекта по выбору приоритетов при прогнозировании НТР КМО. В дальнейшем предполагается воплотить разработанную информационную технологию в форме диалоговой компьютерной системы поддержки принятия решений участниками форсайт-проекта.

Этап формирования экспертных панелей

В национальной Форсайт-методике прогнозно-аналитических исследований, составленной Б.А. Малицким и др. [7] подбор экспертов осуществляется методом «снежного кома», при котором первая порция респондентов, как правило, отыскивается случайным образом. После окончания каждого интервью респондента просят назвать других представителей исследуемой совокупности. Каждую следующую порцию респондентов составляют те, кого указали предыдущие респонденты. В результате возникновения «эффекта снежного кома» выборка быстро растет. Описанный метод имеет ряд недостатков, препятствующих компьютеризации процессов:

- число туров до остановки процесса наращивания "снежного кома" нельзя заранее предсказать, а потому нельзя предварительно установить продолжительность и стоимость этой работы;

- хотя первая порция респондентов отбирается случайным образом, полученные таким способом выборки не репрезентативны. Смещение происходит оттого, что лица, которых указывает респондент, по своим социально-демографическим характеристикам более схожи с ним, чем это было бы при случайном отборе.

Состав экспертов, участвующих в прогнозировании, ключевой параметр, определяющий качество будущего прогноза. Исходя из этого, подбор экспертов является «узким местом» данного этапа форсайт-проекта. Основными критериями выбора экспертов будем считать следующие:

- уровень компетентности и грамотности эксперта в данной конкретно обозначенной области. Здесь можно опереться на следующие данные:

- профиль и уровень образования;
- профиль деятельности (насколько тесная связь с обозначенной областью);
- какой опыт работы по профилю (учитывается стаж работы непосредственно в данной области и общий стаж работы);
- уровень решаемости проблем (соответствует ли занимаемая должность уровню и характеру обозначенной проблемы);
- наличие ранее выполненных экспертиз, сбывшихся прогнозов;

- показатели публикационной активности, построенные на основе индексов Хирша, РИНЦ и др.;

- показатели результативности участия в различных конкурсах и программах финансирования научных исследований.

- степень незаинтересованности и объективности эксперта-участника при оценке, обобщении и анализе данных, принятии решения в обозначенной области;

- умение работы в команде (этот критерий особенно важен для группового

экспертного опроса), то есть, обладает ли претендент коммуникативными навыками, способностью к партнерскому сотрудничеству, характерна ли для него гибкость взглядов и "незакостенелость" мнений, нонконформизм (непринятие общих норм, целей, ценностей).

В проводимых исследованиях по выбору приоритетов число экспертов целесообразно определять по Е.С. Вентцель [9] с заданной доверительной вероятностью (а) и погрешностью (Е) (табл.).

Таблица

Определение числа экспертов в зависимости от уровня доверительной вероятности (а) и погрешности (Е) (по Е.С. Вентцель)

Доверительная вероятность (надежность), (а) %	Задаваемая до начала опроса предельно допустимая ошибка (Е)						
	3	2	1	0,5	0,3	0,2	0,1
99	1	2	7	26	74	165	663
95	1	1	4	15	43	96	384
90	1	1	3	11	31	67	270
85	1	1	2	8	23	51	207
80	1	1	2	7	19	41	164
75	1	1	2	5	15	33	132
70	1	1	2	4	12	27	109
65	1	1	1	4	10	22	86
60	1	1	1	3	8	18	71
55	1	1	1	2	7	15	57
50	1	1	1	2	5	11	45

В выделенном квадрате представлены 10 наиболее часто встречающихся вариантов числа экспертов для обеспечения репрезентативности выборки, исключающей проведение повторного анализа.

В качестве критерия оценки необходимого числа экспертов будем применять следующую формулу [10]:

$$n_{\min} = 0,5 \left(\frac{3}{\varepsilon} + 5 \right),$$

где n_{\min} – минимально необходимое число экспертов;

$$\varepsilon = \frac{b - b'}{b_{\max}} \quad \text{– относительное изменение}$$

среднего значения ответов экспертов при добавлении еще одного эксперта;

b – среднее значение ответов экспертов

b' – среднее значение ответов экспертов при добавлении еще одного эксперта;

b_{\max} – максимальное значение в ответах экспертов.

Описанные выше соображения в дальнейшем будут представлены в виде процедуры подбора экспертов, допускающей компьютерную реализацию.

Этап составления исходного перечня тематических направлений НТР КМО и системы критериев их оценки

Для формирования исходного перечня тематических направлений привлекаются не только научные организации и учреждения, а также и координационные советы существующих Государственных программ. Исходными данными являются: утвержденные ранее перечни тематических

направлений НТР КМО; данные зарубежных научно-технических прогнозов; украинская патентная база; данные о научной литературе и периодике (УкрИНТЭИ, Scopus, украинские электронные ресурсы свободного доступа [11]).

Процедура формирования исходного перечня тематических направлений и системы критериев их оценки заключается в применении к указанным выше исходным данным методов наукометрии (метод анализа цитирования ("цитат-индекс"), контент-анализ, тезаурусный и сленговый методы), библиометрии (статистический метод, метод подсчета количества публикаций), патентного анализа (методика комплексной оценки патентного массива Н.М. Тимофеевой), а также метода text mining (классификация, кластеризация, анализ связей). В результате формируются более совершенные перечни научно-технических направлений развития КМО, а также системы критериев их оценки.

Этап оценки и уточнения исходного перечня тематических направлений НТР КМО

Исходными данными для выбора приоритетных направлений являются перечни целей и тематических направлений НТР объекта прогнозирования, а также система критериев их оценки, причем каждый из критериев имеет качественное или количественное значение по каждому из тематических направлений. Компьютеризация же описанного этапа строится на применении методов t -упорядочения и Парето-оптимальности, которые позволяют проранжировать тематические направления относительно главных целей по заданным критериям.

Реализация задачи оценки и уточнения перечня тематических направлений методом Парето-оптимальности

Данная задача относится к классу многокритериальных задач принятия решений, поскольку задача принятия решений (ЗПР) возникает, когда присутствует несколько вариантов действий (альтернатив) для достижения заданного или желаемого результата [12]. При этом требуется выбрать наилучшую в определенном смысле альтернативу. Математическая модель многокритериальной ЗПР для нашего случая

может быть представлена в виде $D_f = \langle X, f_1, f_2, \dots, f_m \rangle$, где X – множество допустимых альтернатив (исходов); f_j – числовая функция, заданная на множестве X , при этом $f_j(\alpha)$ есть оценка исхода $\alpha \in X$ по j -му критерию ($j = \overline{1, m}$).

В многокритериальной ЗПР цель принимающего решение – получение исхода, имеющего как можно более высокие оценки по каждому критерию.

Пусть Y_j – множество значений функции f_j , т.е. множество всех оценок по j -му критерию ($j = \overline{1, m}$)

$$Y = \prod_{j=1}^m Y_j.$$

Любой элемент $y \in Y$ представляет собой вектор $y = (y_1, y_2, \dots, y_m)$, где $y \in Y_j$. Для всякого исхода $\alpha \in X$ набор его оценок по всем критериям, т.е. набор $(f_1(\alpha), f_2(\alpha), \dots, f_m(\alpha))$ есть векторная оценка исхода α . Векторная оценка содержит полную информацию о ценности (полезности) этого исхода для принимающего решение и сравнение любых двух исходов заменяется сравнением их векторных оценок.

Основное отношение, по которому производится сравнение векторных оценок (значит, и сравнение исходов), – это отношение доминирования по Парето. Здесь предпочтительным считается такой исход, для которого не существует другого исхода лучше данного хотя бы по одному критерию и не хуже него по всем остальным. Отношение доминирования по Парето определяется следующим образом.

Говорят, что векторная оценка $y = (y_1, y_2, \dots, y_m)$ доминирует по Парето векторную оценку $y' = (y'_1, y'_2, \dots, y'_m)$, если выполняется неравенство $y_j \geq y'_j$, причем по крайней мере для одного индекса $j = \overline{1, m}$ неравенство должно быть строгим [12].

Перенеся данные понятия на исходы получим, что исход α_1 доминирует по Парето

исход α_2 , если векторная оценка исхода α_1 доминирует по Парето векторную оценку исхода α_2 .

Содержательно условие доминирования по Парето означает, что исход α_1 не хуже, чем исход α_2 по любому из рассматриваемых критериев, причем по крайней мере, по одному из этих критериев α_1 лучше α_2 .

Исход $\alpha^* \in X$ называется Парето-оптимальным исходом в множестве X , если он не доминируется по Парето никаким другим исходом из множества X [12]. Парето-оптимальность исхода α^* означает, что он не может быть улучшен ни по одному из критериев без ухудшения по какому-нибудь другому критерию, т.е. что нельзя дальше улучшать значение одного критерия, не ухудшая при этом хотя бы одного из остальных.

Сужение области Парето методом t – упорядочения для реализации задачи оценки и уточнения перечня тематических направлений

При наличии дополнительной информации о системе предпочтений пользователя могут быть применены различные методы сужения исходного множества альтернатив — ставится задача сужения множества Парето с целью выбора нескольких альтернатив в качестве окончательного результата. Одним из таких методов является метод t – упорядочения, учитывающий предпочтения лица принимающего решение.

Пусть решается детерминистская многокритериальная задача

$$f_i(x) \rightarrow \max, f_i: X \rightarrow R, i = \overline{1, m},$$

где X – произвольное абстрактное множество.

Все критериальные функции отражают "полезность" объекта с позиций различных критериев и являются соизмеримыми – значения каждой критериальной функции изменяются в одних и тех же пределах $[a, b]$:

$$\forall x \in X: 0 \leq a \leq f_i \leq b, i = \overline{1, m}$$

Нормированные критерии f_i и f_j называются равноценными [13] (что

записывается в виде $f_i = f_j$), если всякие две векторные оценки Z, W , где $Z = (z_1, \dots, z_i, \dots, z_j, \dots, z_m)$, $Z = f(x)$, $x \in X$, $W = (z_1, \dots, z_i + \delta, \dots, z_j - \delta, \dots, z_m)$ одинаковы по предпочтительности при любом δ (большем или меньшем нуля), удовлетворяющем неравенствам:

$$a \leq z_i + \delta \leq b, a \leq z_j - \delta \leq b.$$

Критерий f_i более важен, чем критерий f_j [9] (что записывается в виде $f_i \geq f_j$), если векторная оценка $Z = (z_1, \dots, z_i, \dots, z_j, \dots, z_m)$ менее предпочтительна, чем оценка $W = (z_1, \dots, z_i + \delta, \dots, z_j - \delta, \dots, z_m)$, где $\delta \in \{\delta | z_i + \delta \leq b, a \leq z_j - \delta\}$.

Таким образом, перенос δ единиц ($\delta > 0$) с частной оценки z_j на частную оценку z_i приводит к улучшению ситуации, если $f_i \geq f_j$.

Приведенные в этих определениях интерпретации ординальной информации лица, принимающего решения позволяют строить отношения доминирования более сильные, чем отношение Парето.

Этап согласования и утверждения тематических направлений

На данном, заключительном этапе национального форсайт-проекта, в соответствии с действующей методикой [7], осуществляется строго регламентированная процедура согласования и утверждения тематических направлений. В рамках рассматриваемой концепции комплексной автоматизации форсайт-проектов, согласование и утверждение перечня тематических направлений будет реализовано в соответствии с подходом, изложенным в [14]. В соответствии с этим подходом для реализации форсайт-проекта синтезируется специальная компьютерная среда, в которую погружены все участники проекта.

Общая схема, описанной выше информационной технологии показана на рис.2.

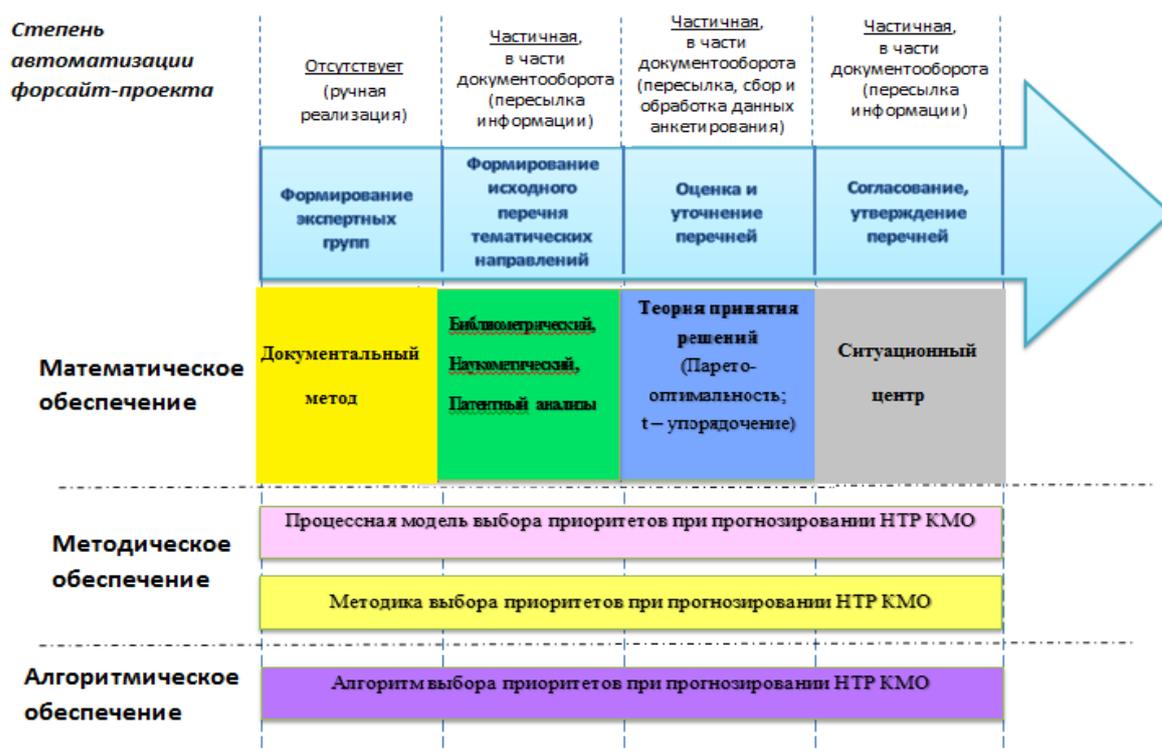


Рис. 2 Обобщенная схема этапов выполнения информационной технологии по выбору приоритетов НТР КМО на основе методологии Форсайт

Выводы

Проанализированы пути автоматизации каждого из четырех этапов национального форсайт-проекта по выбору приоритетов при прогнозировании НТР КМО. Изложен подход к комплексной автоматизации форсайт-проектов в Украине. Полученные результаты служат методической основой для создания системы комплексной автоматизации процесса прогнозирования НТР КМО.

Список использованных источников

1. Loveridge, D. United Kingdom Foresight Programme [Text] / D. Loveridge, L. Georghiou, M. Neveda PREST. – University of Manchester, 2001. – 200 p.
2. Попович О.С. Стан формування цілісної системи пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки в Україні / О.С. Попович // Проблеми науки. – 2002. – № 7. – С. 31 – 35.
3. Об утверждении плана мероприятий по реализации основ политики Российской Федерации в области развития науки и технологий на период до 2010 года и дальнейшую перспективу: распоряжение Правительства РФ от 7 февраля 2006 г. № 156

// Собр. законодательства РФ. – 2003. – № 30. – 150 с.

4. Ben R.Martin. Technology foresight in a rapidly globalizing / Ben R.Martin. International Practice in Technology Foresight. Vienna: UNIDO. – 2002. – 14 p.

5. Winning Through Foresight: A Strategy Taking the Foresight Programme to the Millennium. – Office of Science and Technology. – London, 1996. – 117 p.

6. Про затвердження Державної програми прогнозування науково-технологічного та інноваційного розвитку на 2004 – 2006 роки [Текст]: постанова Кабінету Міністрів України від 25 серпня 2004 року № 1086.

7. Маліцький Б.А. Методичні рекомендації щодо проведення прогнозно-аналітичного дослідження в рамках Державної програми прогнозування науково-технологічного та інноваційного розвитку України [Текст] / Б.А. Маліцький, О.С. Попович, В.П. Соловйов. – К.: Фенікс, 2004. – 52 с.

8. Данова, М.А. Методика выбора приоритетов при прогнозировании научно-технического развития крупномасштабных

объектов на основе технологии Форсайт [Текст] / М.А. Данова // Авиационно-космическая техника и технология. – № 7(104). – 2013. – С. 227 – 231.

9. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения [Текст] / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – М.: Высш. Школа, 2000. – 480с.

10. Методы подбора экспертов [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.economy-web.org/?p=282>

11. Украинские электронные ресурсы свободного доступа [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://library.sumdu.edu.ua/index.php?option=co>

m_content&view=article&id=51&lang=ru&Itemid

12. Петровский, А.Б. Теория принятия решений: учебник для студ. высш. учеб. Заведений / А.Б. Петровский. – М.: Академия, 2009. – 400 с.

13. Поспелова, И.И. Многокритериальные задачи принятия решений: Учеб. пособие / И.И. Поспелова, Л.А. Лотов. – М.: МАКС Пресс, 2008. – 197 с.

14. Вишневский, В. Ситуационный центр как инструмент для проведения форсайтных исследований / В. Вишневский, С. Симонов // Материалы Международной научно-технической конференции ИТНЕА. – Киев. – 2010. – С. 40-45.

Сведения об авторах:



Туркин Игорь Борисович – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой инженерии программного обеспечения Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». Научные интересы: инженерия программного обеспечения.

E-mail: energy@d4.khai.edu



Шостак Игорь Владимирович – д.т.н., профессор кафедры инженерии программного обеспечения Национального аэрокосмического университета им. Н. Е. Жуковского «ХАИ». Научные интересы: инженерия программного обеспечения.

E-mail: iv_shostak@rumbler.ru



Данова Мария Александровна – аспирант, ассистент кафедры инженерии программного обеспечения Национального аэрокосмического университета им. Н. Е. Жуковского «ХАИ». Научные интересы: инженерия программного обеспечения.

E-mail: danovamariya@gmail.com