

УДК 004.89

И. В. ШОСТАК, М. А. ДАНОВА

Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ»

ПОДХОД К КОМПЛЕКСНОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ НАЦИОНАЛЬНЫХ ФОРСАЙТ-ПРОЕКТОВ

Приведена постановка задачи информатизации этапов национального форсайт-проекта по выбору приоритетных направлений научно-технического развития страны, результат решения данной задачи - перечень приоритетных направлений развития науки и технологий для прогнозируемого объекта. В качестве формальной основы выбраны методы библиометрии и наукометрии (подсчета количества публикаций), многокритериальных задач принятия решений (t-упорядочения, Парето-оптимальности) и патентного анализа (анализа кривых динамики изобретательской активности). Для иллюстрации применения на практике результатов исследования рассмотрен форсайт-проект по развитию наноиндустрии в Украине.

Ключевые слова: *уровень компетентности эксперта, библиометрия, патентный анализ, t-упорядочение, Парето оптимальность, многокритериальные задачи, научно-техническое развитие, форсайт, компьютерная система прогнозирования.*

Введение

На сегодняшний день в большинстве стран мира (США, Японии, Великобритании, Франции, Швеции, России и пр.), в частности, и в Украине, методология Форсайт зарекомендовала себя как наиболее эффективный инструмент выбора приоритетов в сфере науки и технологий. Данная методология применяется для прогнозирования научно-технического развития (НТР) на всех уровнях, от корпоративного до национального. На основе Форсайта разрабатываются средне- и долгосрочные, на 5-30 лет, стратегии развития экономики, науки, технологий, нацеленные на повышение конкурентоспособности и, в целом, обеспечение эффективного развития социально-экономической сферы.

В настоящее время отсутствует единая модель Форсайта, каждая страна адаптирует ее к своим условиям с учетом национальных интересов, используя при этом различные методики прогнозирования будущего. Однако анализ публикаций отечественных и зарубежных источников [1-8], посвященных исследованию теоретических и практических аспектов применения методологии Форсайт, показал, что существует необходимость дальнейшего исследования проблемы, связанной с автоматизацией методологии Форсайт. Так, украинский вариант методологии Форсайт [3] предполагает реализацию набора этапов (рис. 1), путем анкетирования группы экспертов. Авторами проанализированы пути автоматизации каждого из четырех этапов национального форсайт-проекта [9-12]. В результате этого анализа предложена информационная технология поддерж-

ки форсайт-проектов в Украине [13], основанная на специализированной методике выбора приоритетов [14], которая позволит повысить эффективность процесса национальных форсайт-проектов, за счет полной их компьютеризации на основе формальных методов.

Цель статьи состоит в описании компьютерной реализации форсайт-проектов, как информационной технологии, воплощенной в форме диалоговой компьютерной системы поддержки принятия решений (СППР) участников форсайт-проекта.

1. Постановка задачи

В качестве иллюстративного примера, с использованием предложенной информационной технологии [13], рассмотрим обобщенную процедуру реализации форсайт-проекта по определению перспективных НТР нанотехнологий.

Исходными данными являются обязательные этапы национальной методики прогнозно-аналитических исследований (рис. 1), адаптированной под использование в рамках компьютеризированной СППР реализации каждого этапа методологии Форсайт [14].

Ход решения задачи состоит из таких шагов:

1. Формирование экспертных панелей, т.е. формируется численность и состав экспертной группы для участия в форсайт-проекте на основании оценки уровня компетентности каждого эксперта.

2. Формирование исходного перечня направлений наноиндустрии. Необходимо провести анализ состояния и перспектив развития наноиндустрии с применением методов библиометрии (метод подсче-

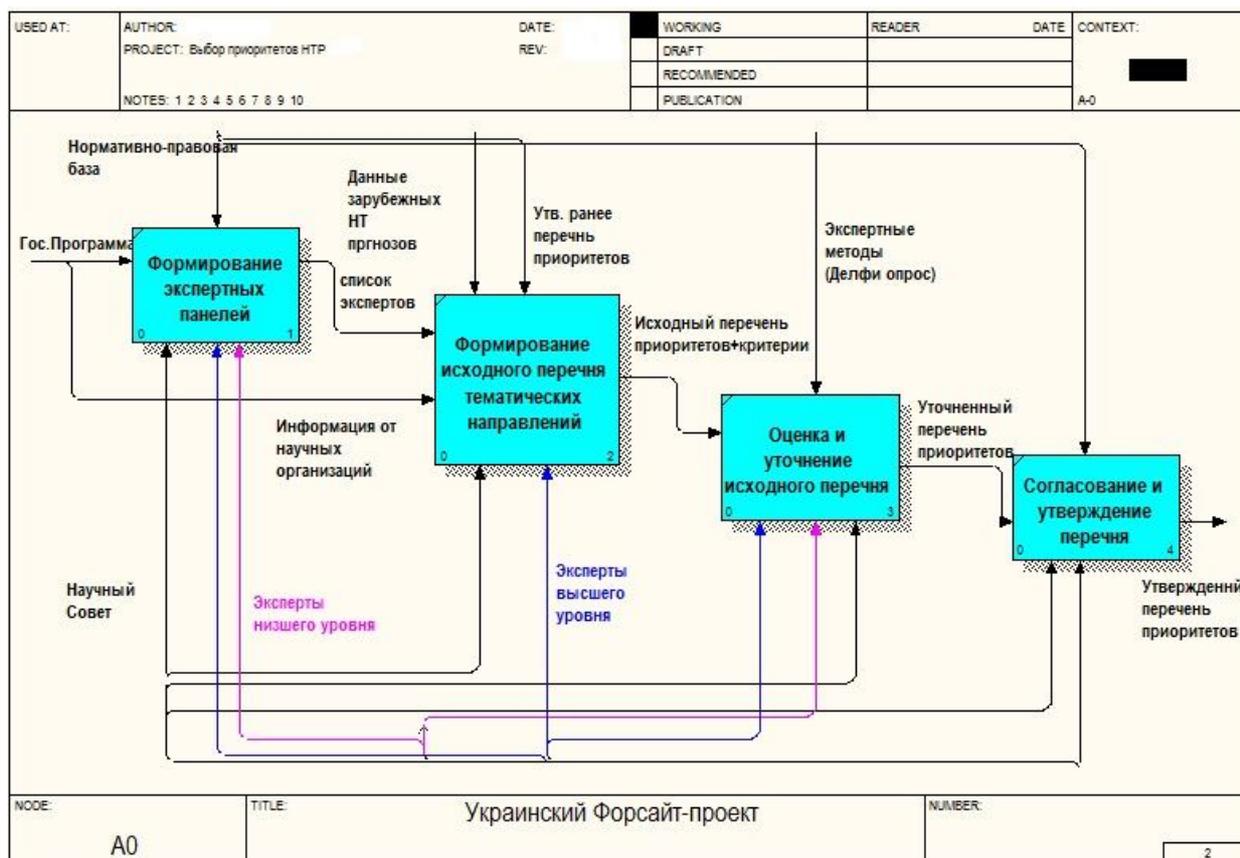


Рис. 1. Этапы национального прогнозно-аналитического исследования по выбору наиболее перспективных направлений развития науки и техники

та количества публикаций) [15], наукометрии (метод анализа цитирования, контент-анализ, тезаурусный и сленговый методы) [16] и патентного анализа (анализ кривых динамики изобретательской активности) [17]. После чего, для полученных перечней научно-технических направлений развития наноиндустрии рассчитываются значения критериев их оценки, предусмотренных национальной методикой форсайтных исследований [2]. Таким образом, все «ведущие» направления будут иметь количественные оценки по каждому из критериев, что в дальнейшем позволит определить ряд приоритетных.

3. Выбор приоритетных направлений развития наноиндустрии. Исходными данными для выбора приоритетных направлений являются перечень направлений наноиндустрии, а также множество значений критериев их оценки по каждому из направлений. Процедура выбора приоритетных направлений развития наноиндустрии заключается в ранжировке этих направлений по заданным критериям при помощи методов Парето-оптимальности и t-упорядочения.

4. Согласование и утверждение приоритетных направлений. В соответствии с действующей методикой [2] осуществляется строго регламентированная процедура согласования и утверждения приори-

тетных направлений.

В результате решения задачи будет создана информационная технология реализации форсайт-проекта по выбору приоритетов при прогнозировании НТР наноиндустрии. В дальнейшем предполагается воплотить разработанную информационную технологию в форме диалоговой компьютерной СППР участниками форсайт-проекта.

Примем следующие допущения, что для объективного анализа каждого из направлений наноиндустрии достаточно:

- 1) информации, полученной из выбранных источников;
- 2) заданных временных интервалов;
- 3) расчета значений по основным критериям их оценки.

2. Формирование экспертных панелей

Состав экспертов, участвующих в прогнозировании - ключевой параметр, определяющий качество будущего прогноза. Таким образом, для проведения качественной экспертизы необходимо решить следующие задачи:

- 1) оценить уровень компетентности экспертов;
- 2) определить численность экспертной груп-

пы;

3) сформировать окончательный список экспертов, участвующих в экспертизе.

Обозначим через Q множество экспертов, тогда для оценки уровня компетентности каждого i -го эксперта ($i=1, \dots, m$) воспользуемся обобщенным показателем уровня компетентности (K_i) приведенным в [18], который учитывает как профессиональную деятельность, так и личные качества экспертов

$$K_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 K_{ij}, \quad (1)$$

где K_{i1} - коэффициент, отражающий уровень профессиональной подготовки и информированности i -го эксперта (принимает такие значения как доктор наук, кандидат наук и т.д. и измеряется в баллах $0,5 \leq K_{i1} \leq 1$);

K_{i2} - коэффициент, отражающий уровень базовой аргументации i -го эксперта при принятии им решения (принимает такие значения как интуиция, производственный опыт, теоретический анализ и пр. и измеряется в баллах $0,05 \leq K_{i2} \leq 1$);

K_{i3} - коэффициент, отражающий личные качества i -го эксперта, и вычисляемый на основе самооценки ($0 \leq K_{i3} \leq 1$):

$$K_{i3} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n K_{i3j}, \quad (2)$$

где K_{i3j} - коэффициент отражающий самооценку i -го эксперта по наличию у него j -го личного качества;

n - количество личных качеств эксперта);

K_{i4} - коэффициент, отражающий личные качества i -го эксперта, и вычисляемый коллегами экспертами ($0 \leq K_{i4} \leq 1$):

$$K_{i4} = \frac{1}{n \cdot m} \sum_{l=1}^m \sum_{j=1}^n K_{i4jl}, \quad (3)$$

где K_{i4jl} - коэффициент, данный l -м экспертом о наличии j -го личного качества у i -го эксперта;

n - количество личных качеств эксперта;

m - количество экспертов, участвующих в оценке i -го эксперта).

В качестве критерия оценки необходимого числа экспертов воспользуемся следующей формулой

$$N_{\min} = 0,5(3/\varepsilon + 5), \quad (4)$$

где N_{\min} - минимально необходимое число экспертов;

ε - параметр, задающий минимальный уровень ошибки экспертизы ($0 < \varepsilon \leq 1$).

При допустимой ошибке экспертного анализа в 5 % ($\varepsilon = 0,05$) количество экспертов должно быть не менее 32. Согласно [19] необходимое количество экспертов для группового оценивания должно быть не менее 7–9 человек, следовательно, число экспертов, участвующих в прогнозировании, находится в пределах $7 \leq N \leq 32$.

Чтобы получить окончательный список всех экспертов, прошедших аттестацию, их ранжируют согласно уровня компетентности (значению обобщенного показателя K_i) и в соответствии с отношением (4) формируется список экспертов, участвующих в экспертизе.

Таким образом, в рамках проводимого нами прогнозного исследования аттестовано 20 кандидатов в эксперты, из них 12 отобраны для дальнейшего участия в экспертизе, что входит в рассчитанный ранее допустимый диапазон. Окончательный список экспертов, участвующих в экспертизе, приведен в таблице 1.

Таблица 1

Список экспертов

№ п/п	Код эксперта	Обобщенный показатель уровня компетентности эксперта, K_i	Ранг эксперта
1	Fn_0003	1	1
2	Fn_0011	0,98	2
3	Fn_0001	0,93	2
4	Fn_0005	0,91	2
5	Fn_0006	0,87	3
6	Fn_00017	0,81	3
7	Fn_0020	0,74	4
8	Fn_0002	0,72	4
9	Fn_0018	0,7	4
10	Fn_0007	0,65	5
11	Fn_0009	0,61	5
12	Fn_0015	0,57	6

3. Формирование исходного перечня направлений наноиндустрии

В качестве исходных данных выступают направления развития нанотехнологий [20]:

- I. Наноматериалы.
- II. Нанoeлектроника.
- III. Нанofотоника.
- IV. Нанобиотехнологии.
- V. Наномедицина.

VI. Методы и инструменты исследования и сертификации наноматериалов и нанопустройств.

VII. Технологии и специальное оборудование для создания и производства наноматериалов и нанопустройств.

Для формирования исходного перечня тематических направлений воспользуемся методами подсчета количества публикаций и анализом кривых динамики изобретательской активности, с учетом принятых нами допущений. Рассмотрим подробно работу каждого из методов.

С целью выделить "ведущие" тематические направления в *методе подсчета количества публикаций* вначале проводят анализ количества прореферированных научных документов из разных областей знаний, а затем рассчитывают среднюю скорость роста количества публикаций за определенный интервал времени (от 5-ти и более лет). Для анализа украинского документального потока по нанотехнологиям выбрана общегосударственная реферативная база данных (БД) "Україніка наукова" [21]. Результаты данного анализа за 5-ти летний временной интервал (2009 – 2013 гг.) представлены в таблице 2.

В патентном исследовании, с целью определения перспективности конкретного направления, проводится анализ кривых динамики изобретательской активности по каждому научно-техническому направлению, который заключается в построении кумулятивных рядов патентования, характеризуе-

мых возрастанием суммарного числа патентов, относящихся к данному направлению [17]. В качестве источника патентной информации использована интерактивная БД «Изобретения (полезные модели) в Украине» [22]. Поиск осуществлялся с временным интервалом в 5 лет (2009-2013 гг.) согласно международной патентной классификации по классу В82 «Нанотехнология», а также по классам, относящимся по сути к нанотехнологиям [23]: А61К 9/51 – нанокапсулы для медицинских препаратов; В05D 1/00 – способы нанесения жидкостей или других текучих веществ на поверхность; С01В 31/02 – получение углерода (углеродные наноструктуры, например, нанотрубки, наноспираль и т. п.); G01Q 10/00-90/00 – техника сканирующего зонда или устройства; различные применения техники сканирующего зонда, например, микроскопия сканирующего зонда (SPM); G02F 1/017 – оптические квантовые колодцы; H01F 10/32 – многослойные структуры со спиновой связью, например, наноструктурированные сверхрешетки; H01F 41/30 – способы и устройства для нанесения наноструктур, например, посредством молекулярно-пучковой эпитаксии; H01L 29/775 – квантуемый по проводам полевой транзистор с каналом с кристаллическим газоносителем при подаче на затвор напряжения одной полярности (квантовые проводники). На основании полученных данных построим кумулятивные кривые, характеризующие нарастание числа патентов за исследуемый период (рис. 2).

Таблица 2

Распределение научных публикаций в nanoиндустрии по тематическим направлениям за 2009-2013 гг.

№ п/п	Направление	Количество научных документов (статьи, авторефераты, книги), шт.						Удельный вес в общем количестве публикаций, %
		2009	2010	2011	2012	2013	Всего	
1.	Наноматериалы	140	108	133	89	40	510	28%
2.	Нанозлектроника	36	43	28	26	27	160	9%
3.	Нанопотоника	25	26	31	29	22	133	7%
4.	Нанобиотехнологии	54	36	13	32	22	157	9%
5.	Наномедицина	74	92	91	83	66	406	22%
6.	Методы и инструменты исследования и сертификации наноматериалов и нанопустройств	57	35	42	46	47	227	13%
7.	Технологии и специальное оборудование для создания и производства наноматериалов и нанопустройств	82	43	77	69	72	343	18%
Всего публикаций		398	392	405	346	272	1813	100%



Рис. 2. Изменение суммарного количества патентов по направлениям нанотехнологий

Для кумулятивных рядов патентования интенсивность развития исследуемого направления определяется углом наклона кривой динамики патентования к временной оси, т.е. к средним точкам этих участков кривых для каждого направления развития проводят касательные и определяют тангенс угла наклона касательной, а на его основе - коэффициент весомости исследуемого направления наноиндустрии (табл. 3)

$$K_i = \frac{\operatorname{tg}\alpha_i}{\sum_{i=1}^n \operatorname{tg}\alpha_i}, \quad (5)$$

где K_i - коэффициент весомости i -го направления наноиндустрии, причем $\sum K_i = 1$;

$\operatorname{tg}\alpha_i$ - тангенс угла наклона касательной к кривой динамики изобретательской активности i -го направления наноиндустрии;

$\sum \operatorname{tg}\alpha_i$ - сумма тангенсов углов наклона касательных к кривым динамики изобретательской активности всех направлений наноиндустрии.

Таблица 3

Показатели перспективности исследуемых направлений наноиндустрии

№ п/п	Направление	$\operatorname{tg}\alpha_i$	K_i
1	Наноматериалы	6,5	0,18
2	Нанозлектроника	3,5	0,1
3	Нанофотоника	3,5	0,1
4	Нанобиотехнологии	3,5	0,1
5	Наномедицина	8,5	0,23
6	Методы и инструменты исследования и сертификации наноматериалов и наноустройств	4,5	0,12
7	Технологии и специальное оборудование для создания и производства наноматериалов и наноустройств	6,5	0,18
Всего		36,5	1

экспертизы и, как правило, корректируются оценки. Скорректированная информация вновь поступает в аналитическую группу для проверки согласованности. Значения коэффициентов вариации экспертных оценок по направлениям nanoиндустрии, участвующих в оценке, отражены в таблице 5.

Согласно полученным значениям коэффициента можно сделать вывод о согласованности мнений экспертов. Следующий шаг - расчет групповой оценки каждого тематического направления [26] с учетом весовых коэффициентов экспертов из табл. 1 (как средневзвешенную, по методу средних балльных оценок). Таким образом, получаем множество значений критериев для каждого направления nanoиндустрии (табл. 6).

4. Выбор приоритетных направлений развития nanoиндустрии

Поставленная задача, о выборе наиболее приоритетных направлений развития nanoиндустрии, относится к классу многокритериальных задач принятия решений (МЗПР). Обоснование вышесказанного утверждения отражено авторами в [14]. Цель решения МЗПР состоит в выделении множества Парето [27], т.е. в получение направлений, имеющих как можно более высокие оценки по каждому критерию.

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 (тематических направлений); f_j – числовая функция, заданная на множестве X , при этом $f_j(x)$ есть оценка альтернативы $x \in X$ по j -му критерию ($j=1, m$).

Все критериальные функции f_j отражают полезность тематического направления $x \in X$ с позиций различных критериев и должны быть соизмеримыми, т.е. значения каждой критериальной функции изменяются в одних и тех же пределах $[a, b]$:

$$\forall x \in X : 0 \leq a \leq f_j(x) \leq b, j = \overline{1, m}.$$

При этом наименее предпочтительная по любому из частных критериев $f_j(x)$ альтернатива получит оценку a , а наиболее предпочтительная — оценку b ($a=0, b=1$) [27]. Значения новых критериальных функций $\bar{f}_j(x)$ приведены в таблице 7.

Указанные выше числовые функции $f_j(x)$ ($j=1, m$) образуют векторный критерий $f=(f_1, f_2, \dots, f_m)$. Для всякой альтернативы $x \in X$ набор ее оценок по всем критериям, т.е. набор

$$(f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x)) \in R^m,$$

есть векторная оценка альтернативы x (R_m – пространство m -мерных векторов). Все возможные векторные оценки образуют множество возможных оценок

$$Y = f(X) = \{y \in R^m \mid y = f(x) \text{ при нектором } x \in X\}.$$

Таблица 5

Значение коэффициента вариации для направлений nanoиндустрии

№ п/п	Направление	V _j , %		
		K _б	K _{мр}	K _{нл}
1.	Наноматериалы	17%	32%	32%
2.	Наномедицина	20%	28%	30%
3.	Методы и инструменты исследования и сертификации наноматериалов и наноустройств	19%	33%	32%
4.	Технологии и специальное оборудование для создания и производства наноматериалов и наноустройств	22%	30%	30%

Таблица 6

Значения основных коэффициентов для направлений nanoиндустрии

№ п/п	Направление	K _ф , млн. грн	K _{нтд} , шт.	K _б	K _{мр}	K _{нл}
1.	Наноматериалы	44,5	17	26,96	11,21	11,04
2.	Наномедицина	30,7	18	27,33	13,2	10,86
3.	Методы и инструменты исследования и сертификации наноматериалов и наноустройств	36	12	27,89	11,1	10,93
4.	Технологии и специальное оборудование для создания и производства наноматериалов и наноустройств	65,8	19	28,47	15,82	12,74

Таблица 7

Значения критериальных функций в промежутке [0, 1]

№ п/п	Направление (x_i)	Критериальные функции ($\bar{f}_j(x)$ *)				
		$\bar{f}_1(x)$	$\bar{f}_2(x)$	$\bar{f}_3(x)$	$\bar{f}_4(x)$	$\bar{f}_5(x)$
1.	Наноматериалы (x_1)	0,61	0,11	0,29	0,01	0,003
2.	Наномедицина (x_2)	0,36	0,13	0,3	0,04	0
3.	Методы и инструменты исследования и сертификации наноматериалов и нанопустройств (x_3)	0,46	0,02	0,31	0,004	0,02
4.	Технологии и специальное оборудование для создания и производства наноматериалов и нанопустройств (x_4)	1	0,15	0,32	0,09	0,09

*при этом $\bar{f}_1(x)$ соответствует критерию K_Φ , $\bar{f}_2(x)$ - K_{HTD} , $\bar{f}_3(x)$ - K_Φ , $\bar{f}_4(x)$ - K_{MP} , $\bar{f}_5(x)$ - K_{HT} .

В нашем случае $m=5$ и $Y=\{y_1, y_2, y_3, y_4\}$, т.е. согласно значениям критериальных функций (табл. 7) получим следующие векторные оценки альтернатив:

$$y_1 = (0,61; 0,11; 0,29; 0,01; 0,003),$$

$$y_2 = (0,36; 0,13; 0,29; 0,3; 0,04; 0),$$

$$y_3 = (0,46; 0,02; 0,31; 0,004; 0,02),$$

$$y_4 = (1; 0,15; 0,32; 0,09; 0,09).$$

Для отыскания множества парето-оптимальных векторов полагаем $Y_1 = Y$ и сравниваем первую оценку с остальными. Полученные пары (y_1, y_2 ; y_1, y_3 ; y_1, y_4) оказываются несравнимыми по отношению Парето. Таким образом, ставится задача, сужения исходного множества альтернатив, а как следствие и множества Парето, с целью выбора нескольких альтернатив в качестве окончательного результата. Одним из таких методов является метод t -упорядочения [28], использующий ординальную информацию лица, принимающего решения (ЛПР) об относительной значимости критериев.

В качестве исходной информации для алгоритма t -упорядочения принимается множество S высказываний ЛПР об относительной важности частных критериев вида $S = \{f_k = f_j; \dots; f_q > f_p\}$, которое необходимо расширить за счет добавления новых транзитивных высказываний, являющихся следствиями уже имеющихся. В нашем случае согласно [2] имеем следующее множество ординальной информации об относительной важности критериев $S = \{f_1 = f_3; f_2 > f_5; f_3 > f_4\}$, которое в дальнейшем расширено за счет добавления транзитивных высказываний. Конечное множество выглядит следующим образом

$$S = \left\{ \begin{array}{l} f_1 = f_3; f_2 > f_5; f_3 > f_2; f_3 > f_4; \\ f_3 > f_5; f_1 > f_5; f_1 > f_2; f_1 > f_4 \end{array} \right\}. \quad (6)$$

С учетом полученного множества (2) при сравнении двух векторных оценок строится отношение предпочтения по методу t -упорядочения [28]:

$$Z^t \succ W \leftrightarrow [\exists W' \in WE: Z \succ W'] \vee [\exists W'' \in WI: Z \succ W''], \quad (7)$$

$$Z \succ W \leftrightarrow \forall j \in [1: m]: z_j \geq w_j,$$

где Z, W – векторные оценки ($Z = (z_1, \dots, z_m)$; $W = (w_1, \dots, w_m)$);

WE – множество W -эквивалентных векторов ($f_k = f_j$);

WI – множество W -улучшенных векторов ($f_k = f_j; f_q > f_p$).

На основании (7) сравним пару векторных оценок y_1, y_2 . Вектор y_1 фиксируем, а по вектору y_2 получаем следующие множества улучшенных векторов, согласно (6):

$$y'_2 = (0,38; 0,11; 0,3; 0,04; 0);$$

$$y''_2 = (0,39; 0,11; 0,29; 0,04; 0);$$

$$y'''_2 = (0,39; 0,11; 0,29; 0,01; 0,03);$$

$$y''''_2 = (0,417; 0,11; 0,29; 0,01; 0,003).$$

Получаем $y''''_2 \succ y_2$, $y_1 \succ y''''_2 \succ y_2$ и, следовательно, $y_1^t \succ y_2$.

Таким образом, вектор y_1 запоминаем как парето-оптимальный и вместе с вектором y_2 удаляем из множества Y_1 . Получаем множество $Y_2 = \{y_3, y_4\}$. Вектора y_3 и y_4 не сравнимы по Парето, поэтому к ним применяем метод t -упорядочения, при этом вектор y_3 фиксируем, а y_4 преобразуем на основании множества S . Получаем: $y''''_4 = (0,46; 0,02; 1,146; 0,004; 0,02)$, $y''''_4 \succ y_3$, $y_4^t \succ y_3$.

В итоге получаем следующее множество парето-оптимальных векторов

$$P(Y) = \{y_1, y_4\}. \quad (8)$$

На основании полученного результата можно сделать вывод, что приоритетными направлениями развития nanoиндустрии являются – наноматериалы и технологии, и специальное оборудование для создания и производства наноматериалов и нанопустройств.

ройств, т.к. их векторные оценки составляют множество Парето.

5. Согласование и утверждение приоритетных направлений развития nanoиндустрии

В рамках рассматриваемой концепции комплексной автоматизации форсайт-проектов, согласование и утверждение перечня тематических направлений будет реализовано в соответствии с подходом, изложенным в [29]. В соответствии с этим подходом для реализации форсайт-проекта синтезируется специальная компьютерная среда, в которую погружены все участники проекта.

Выводы

Предложен подход, предусматривающий автоматизацию каждого из четырех этапов национального форсайт-проекта по выбору приоритетов при прогнозировании НТР nanoиндустрии. Применение рассматриваемого подхода на практике даст возможность повысить эффективность форсайт-проектов за счет снижения временных затрат, а также экономии денежных и человеческих ресурсов. Полученные результаты служат методической основой для создания системы комплексной автоматизации национальных форсайт проектов по выбору приоритетных направлений НТР.

Литература

1. Шелюбская, Н. В. *Форсайт – механизм опеределения приоритетов формирования общества знаний стран Западной Европы* [Текст] / Н. В. Шелюбская. – К. : Фенікс, 2007. – 60 с.
2. Малицький, Б. А. *Методичні рекомендації щодо проведення прогнозно-аналітичного дослідження в рамках Державної програми прогнозування науково-технологічного та інноваційного розвитку України* [Текст] / Б. А. Малицький, О. С. Попович, В. П. Соловійов. - К. : Фенікс, 2004. - 52 с.
3. *Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки. Закон України від 11 липня 2001р. № 2623-III* [Текст] // *Відомості Верховної Ради України*. –2001. – № 48. – С. 253.
4. Havas, A. *Foresight in the Countries of Central and Eastern Europe* [Text] / A. Havas, M. Keenan // *The Handbook of Technology Foresight*. – Cheltenham : Edward Elgar, 2008. – P. 44-88.
5. *Проект Концепції довгосрочного прогноза науково-технологічного розвитку Російської Федерації на період до 2025 г.* [Текст]. – *Матеріали робочої групи*. – М., 2006. – 256 с.
6. Johnston R., *Foresight in Industrialising Asia* [Text] / R. Johnston, C. Sripaipan // *The Handbook of Technology Foresight*. – Cheltenham : Edward Elgar,

2008. – P. 333-356.

7. Loveridge, D. *United Kingdom Foresight Programme* [Text] /D. Loveridge, L. Georghiou, M. Neveda. – PREST : University of Manchester, 2001. – 200 p.

8. Cuhls, K. *Foresight in Germany* [Text] / K. Cuhls // *The Handbook of Technology Foresight*. – Cheltenham : Edward Elgar, 2008. – P. 256-286.

9. Данова, М. А. *Проблеми комплексної комп'ютеризації процесу прогнозування науково-технічного розвитку регіону* [Текст] / М. А. Данова, І. В. Шостак // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. – 2012. – № 7(59). – С. 236-240.

10. Данова, М. А. *Онтологічний підхід к комплексної комп'ютеризації процесу прогнозування науково-технічного розвитку регіону* [Текст] / М. А. Данова, І. В. Шостак // *Сучасні інформаційні технології в економіці та управлінні підприємствами, програмами та проектами : тез. доп. X Міжнарод. наук.-практ. конф. 10-16 вересня 2012 р.* – Алушта, 2012. – С. 60-61.

11. Данова, М. А. *Підхід к автоматизації процесу прогнозування науково-технічного розвитку регіону на основі форсайт технології* [Текст] / М. А. Данова, І. В. Шостак // *Зб. наук. праць військового інституту КНУ ім. Т. Г. Шевченка*. – Вип. 38. – К., 2012. – С. 151-154.

12. Данова, М. А. *Вопросы компьютеризации процесса прогнозирования научно-технического развития крупномасштабных объектов на основе технологии форсайт* [Текст] / М. А. Данова // *Сучасні інформаційні технології в економіці та управлінні підприємствами, програмами та проектами: тез. доп. 11 Міжнарод. наук.-практ. конф. (08-13 вересня 2013 р.)* – Рибач'є, 2013. – С. 16.

13. Данова, М. А. *Информационная технология поддержки форсайт-проектов в Украине* [Текст] / М. А. Данова, І. В. Шостак // *Зб. наук. праць військового інституту КНУ ім. Т. Г. Шевченка*. – Вип. 43. – К., 2013. – С. 211-217.

14. 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*. – 2013. – № 7(104). – С. 227-231.

15. Воверене, О. И. *Библиометрия – структурная часть методологии информатики потоков* [Текст] / О. И. Воверне // *НТИ. Сер. 1*. – 1985. – № 7. – С. 1-5.

16. Налимов, В. В. *Наукометрия. Изучения развития науки как информационного процесса* [Текст] / В. В. Налимов, З. М. Мульченко. – М. : Изд-во Наука, 1969. – 192 с.

17. Скорняков, Э. П. *Методические рекомендации по проведению патентных исследований* [Текст] / Э.П. Скорняков, Т. Б. Омарова, О. В. Чельшева. – М. : ИНИЦ Роспатента, 2000. – 87 с.

18. Постников, В. Н. *Анализ подходов к формированию состава экспертной группы, ориентиро-*

ванної на підготовку і прийняття рішень [Текст] / В. Н. Постников // Наука і образование. – 2012. – № 5. – С. 333-346.

19. Андрейчиков, А. В. Анализ, синтез, планирование решений в экономике [Текст] / А. В. Андрейчиков, О. Н. Андрейчикова. – М. : Финансы и статистика, 2000. – 368 с.

20. Нанотехнології у XXI столітті: стратегічні пріоритети та ринкові підходи до впровадження [Текст] : моногр. / Г. О. Андрущук, А. В. Ямчук, Н. В. Березняк та ін. – К. : УкрІНТЕІ, 2011. – 275 с.

21. Загальнодержавна реферативна база даних "Україніка наукова" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis64r_81/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=REF_EX&P21DBN=REF&S21CNR=20&Z21ID=. – 20.05.2014.

22. Интерактивная БД «Изобретения (полезные модели) в Украине» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.ukrpatent.org/searchINV/>. – 20.05.2014.

23. Алфимов, М. В. Нанотехнологии: определение и классификация [Текст] / М. В. Алфимов,

Л. М. Гохберг, К. С. Фурсов // Российские нанотехнологии. – 2010. – Т.5, № 7-8. – С. 8-15.

24. Про затвердження Державної цільової науково-технічної програми «Нанотехнології та наноматеріали» на 2010-2014 роки [Текст] : постановова Кабінету Міністрів України від 28 жовтня 2009 р. № 1231.

25. Орлов, А. И. Прикладная статистика [Текст] / А. И. Орлов. – М. : Экзамен, 2006. – 656 с.

26. Экспертные технологи поддержки принятия решений [Текст] : моногр. // И. И. Коваленко, А. В. Швед. – Николаев : Илюион, 2013. – 216 с.

27. Петровский, А. Б. Теория принятия решений [Текст] : учеб. для вуз. / А. Б. Петровский. – М. : Изд-во Академия, 2009. – 400 с.

28. Поспелова, И. И. Многокритериальные задачи принятия решений [Текст] : учеб. пособие / И. И. Поспелова, Л. А. Лотов. – М. : МАКС Пресс, 2008. – 197 с.

29. Вишневский, В. Ситуационный центр как инструмент для проведения форсайтных исследований [Текст] / В. Вишневский, С. Симонов // Материалы Междунар. научн.-техн. конф. ІТНЕА, Украина. – К., 2010. – С. 40-45.

Поступила в редакцию 20.05.2014, рассмотрена на редколлегии 14.06.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф., зав. каф. экономики и маркетинга В. М. Вартамян, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

ПІДХІД ДО КОМПЛЕКСНОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ НАЦІОНАЛЬНИХ ФОРСАЙТ - ПРОЕКТІВ

І. В. Шостак, М. О. Данова

Наведено постановку задачі інформатизації етапів національного форсайт -проекту за вибором пріоритетних напрямів науково-технічного розвитку країни, результат рішення даної задачі - перелік пріоритетних напрямів розвитку науки і технологій для прогнозованого об'єкта. В якості формальної основи обрані методи бібліометрії і наукометрії (підрахунку кількості публікацій), багатокритеріальних задач прийняття рішень (t-впорядкування, Парето-оптимальності) та патентного аналізу (аналізу кривих динаміки винахідницької активності). Для ілюстрації застосування на практиці результатів дослідження розглянуто форсайт -проект з розвитку наоіндустрії в Україні.

Ключові слова: рівень компетентності експерта, бібліометрія, патентний аналіз, t – впорядкування, Парето оптимальність, багатокритеріальні задачі, науково-технічний розвиток, форсайт, комп'ютерна система прогнозування.

APPROACH TO COMPLEX AUTOMATION NATIONAL FORESIGHT PROJECTS

I. V. Shostak, M. A. Danova

The problem definition of informatization of stages the national foresight project at the choice of the priority directions of scientific and technical development of the country is given, result of the decision this task - list of the priority directions of development the science and technologies for predicted object. As a formal framework chosen methods bibliometrics and scientometrics (counting the number of publications), multicriteria decision making problems (t-ordering, Pareto optimality) and patent analysis (analysis of the dynamics of inventive activity curves). To illustrate the practical application of research results the foresight project on nanoindustry development in Ukraine is considered.

Key words: level of competence an expert, bibliometrics, patent analysis, t-ordering, Pareto optimality, multicriterion problems, scientific and technical development, the foresight, the computer system of forecasting.

Шостак Игорь Владимирович – д-р техн. наук, доцент, профессор каф. инженерии, ПО Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

Данова Мария Александровна – аспирант каф. инженерии, ПО Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: danovamariya@gmail.com.