

УДК 004.02

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ЗНАНИЯМИ В ОБЛАСТИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Борис Евгеньевич Большаков, доктор технических наук, академик РАН, зав. каф. устойчивого инновационного развития Международного университета природы, общества и человека «Дубна»

Екатерина Федоровна Шамаева, аспирант кафедры устойчивого инновационного развития Международного университета природы, общества и человека «Дубна»

Аннотация

В работе осуществляется обоснование требований к качеству методов управления знаниями в области устойчивого развития, проводится системный анализ используемых методов на их соответствие сформулированным требованиям, формулируются выводы и перспективы развития.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: знание; методы управления знаниями; устойчивое развитие.

SYSTEM ANALYSIS OF MANAGEMENT METHOD OF THE KNOWLEDGE IN THE SPHERE OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Boris Bolshakov , PhD in Engineering, Member of Russian Academy of Natural Sciences, the Head of the Department of Sustainable Innovative Development (the International University of Nature, Society and Man “Dubna”)

Ekaterina Shamaeva, Graduate of the Department of Sustainable Innovative Development (the International University of Nature, Society and Man “Dubna”)

Abstract

In the following article there is the foundation of management method quality specifications in the sphere of sustainable development. The system analysis of the methods on the correspondence between the methods and formulated specifications is carried out. The summary and some developmental prospects are formulated.

KEYWORDS: knowledge, knowledge management method, sustainable development.

Обоснование требований к качеству методов управления знаниями в области устойчивого развития

В 1987 г. на Пленарном заседании 42-й сессии Генеральной Ассамблеи ООН был принят базовый принцип устойчивого развития, в соответствии с которым общество и государство берут на себя ответственность обеспечить **возможности удовлетворять неисчезающие потребности** как настоящего, так и будущих поколений [6,7].

Базовый принцип устойчивого развития включает две группы понятий [6]:

- **возможность и потребность**, необходимые для сохранения и развития систем любой природы и назначения.

Сохранению подлежит рост возможности удовлетворять неисчезающие потребности, развитию – рост возможностей за счет реализации новаций и повышения качества управления.

Возникает естественный вопрос, в каких единицах измерять возможности и потребности, по каким критериям судить, удовлетворяются они или нет, и если да, то насколько? Что и как измерять, чтобы эффективно управлять устойчивым развитием общества? Эти вопросы относятся к проблеме выбора меры.

Значимость введения меры можно проиллюстрировать следующим примером. В различных предметных областях существует своя мера [7]:

- мера в философии — синтез качества и количества;
- мера в математике (мера множества) — длина и ее обобщения: точка, отрезок, площадь, объем и множества более общей природы;
- мера в физике: величина (система СИ, CGS и др.);
- мера в экологии: отходы (т/год; ккал/год);
- мера в экономике: деньги;
- мера в политике: власть, могущество;
- мера в социальной жизни: качество жизни;
- мера в информатике: байт.

Как связаны эти меры, и как измерить устойчивость развития систем различного назначения?

Вопрос об измерении устойчивого развития чрезвычайно важен. В настоящее время для измерения устойчивого развития в мире существует несколько вариантов:

- первый — построение интегрированного индикатора, выражающего суть устойчивого развития системы в целом.
- второй - построение набора индикаторов, отражающих отдельные аспекты устойчивого развития исследуемой системы.

Наиболее яркий пример второго подхода – это комплекс из 134 показателей [12], предназначенных, по мнению авторов, для оценки социальных, экологических и экономических аспектов устойчивого развития.

Для измерения устойчивого развития используются разнородные, не аддитивные и не соразмерные показатели, с которыми нельзя осуществлять арифметические операции, в том числе и в ситуации, когда эти показатели нормированы и приведены к условно безразмерному виду, то есть к условным долям, за которыми стоят те или иные физически разнородные величины.

В предложенном авторами списке показателей отсутствуют какие-либо меры потребностей и возможностей. По этой причине отсутствует связь показателей с базовым

принципом устойчивого развития. Это обстоятельство порождает ложные оценки и иллюзию устойчивого развития, особенно, в предкризисных и кризисных условиях.

Тот факт, что индикаторы устойчивого развития постоянно подвергаются изменению и дополнению, говорит о том, что этого набора недостаточно для эффективного управления.

Возникает необходимость определения возможностей и потребностей систем различного назначения в измеримой форме, допускающей проведение системного анализа и управления знаниями с использованием устойчивых универсальных мер.

С 1965 года в науке открыта система пространственно-временных LT-размерностей Бартини-Кузнецова, которые по определению являются устойчивыми универсальными величинами¹ [1, 2, 3, 6, 7, 8]

В этой системе LT-величина указывается в квадратных скобках $[L^R T^S]$ и определяется как произведение целочисленных степеней R и S длины L и времени T, где R и S – целые положительные и отрицательные числа от минус до плюс бесконечности [6, 7].

Каждая величина в LT-системе – это определенный класс систем с определенным качеством-мерой-законом, определяемых именем, LT-размерностью и единицами измерения (сантиметр и секунда).

В системе LT-величин однородность означает принадлежность к одному качеству-классу систем с одной пространственно-временной или LT-размерностью [12]. В рамках одной LT-размерности все объекты принадлежат к одному качеству-классу, то есть однородны. Разнородность – это принадлежность к разным качествам-классам систем с разной LT-размерностью. Кроме того в LT-системе всегда существует некий оператор A, который обеспечивает преобразование величин разной размерности на основе принципа соразмерности. Например, $[L^R T^S] \rightarrow [L^5 T^{-5}]$, то есть $[L^R T^S] \times A = [L^5 T^{-5}]$, где $A = [L^{5-R} T^{-(S+5)}]$ [10].

Использование универсальных LT-величин дает возможность:

1. определять и устанавливать границы действия разнородных систем, их законов сохранения и изменения;
2. соразмерять и соизмерять возможности и потребности систем любой природы и различного назначения;

¹ Величина – это качественно-количественная определенность, где качество определяется именем, размерностью и единицей измерения, а количество – численным значением величины [6].
 Универсальная величина – величина, связь которой с пространством-временем определена [2, 6, 7].
 Устойчивая LT-величина – величина, являющаяся инвариантом в определенном классе систем [2, 6, 7].

3. определять индикаторы устойчивого развития в терминах устойчивых универсальных мер;
4. осуществлять разработку методов управления знаниями и новациями, удовлетворяющих требованиям устойчивого развития.

В LT-системе закон – это утверждение о том, что некоторая величина является инвариантом в определенном классе систем с определенным качеством – LT-размерностью данной величины. Стандартная форма записи общего закона сохранения систем выглядит так: $[L^R T^S] = \text{const}$.

Например, величина энергия является инвариантом в классе систем с определенным качеством LT-размерностью величины энергии $[L^5 T^{-4}] = E$. На LT-языке закон сохранения энергии записывается так: $[L^5 T^{-4}] = \text{const}$.

Как известно, закон сохранения энергии действует в условиях отсутствия притоков энергии в систему и оттоков из системы, так как $\dot{E} = 0$.

Закон сохранения энергии является замкнутым для потоков энергии (мощности – энергии в единицу времени).

В то же время объектом управления устойчивым развитием являются все живые (включая социальные, технические, экономические, экологические) системы – открытые для потоков энергии, обладающие определенными возможностями действовать во времени, относящиеся к классу систем с размерностью LT-величины мощность $[L^5 T^{-5}]$.

Величина мощность $[L^5 T^{-5}]$ является инвариантом в классе открытых для потоков энергии систем.

На LT-языке закон сохранения мощности записывается так: $[L^5 T^{-5}] = \text{const}$.

Структура общего закона сохранения мощности: $N = P + G$, где N – полная мощность на входе в систему $[L^5 T^{-5}]$; P – полезная (активная) мощность на выходе из системы $[L^5 T^{-5}]$; G – мощность потерь как пассивная мощность на выходе из системы $[L^5 T^{-5}]$.

В работах [2, 6, 7] показано, что мощность является мерой возможностей системы действовать во времени. Выделяют три группы возможностей системы с мерой мощность:

- потенциальная возможность – определяется мерой полной мощности на входе в систему $N [L^5 T^{-5}]$;
- реальная возможность – имеет меру полезной (активной) мощности на выходе из системы $P [L^5 T^{-5}]$;

- упущенная возможность – имеет меру потерь (пассивной) мощности на выходе из системы $G [L^5T^{-5}]$;

На языке системного анализа указанные три группы возможностей системы с мерой мощность определяют базовые параметры состояния открытых систем любой природы и различного назначения, используемые в качестве объектов управления устойчивым развитием.

Значения имеющихся возможностей (с мерой полной, полезной и потерь мощности) для текущего времени определяют исходное состояние системы.

Значения требуемых возможностей (полной, полезной и потерь мощности) для обеспечения роста и развития системы определяют конечное (требуемое) состояние системы.

В терминах базового принципа устойчивого развития требуемое состояние системы является необходимым – определяющим потребности системы, выраженными в терминах возросшей мощности. Всякая удовлетворенная потребность есть возросшая возможность – мощность. Справедливо и обратное утверждение, возросшая определенным образом мощность (возможность) является указанием на удовлетворенную потребность. На языке системного анализа переход из исходного состояния системы в конечное (требуемое принципом устойчивого развития) осуществляется преобразованием с инвариантом мощность, то есть переходом от начальной мощности к конечной, обеспечивая соизмеримость и соразмерность возможностей и потребностей систем любой природы в процессе развития.

Мы подошли к постановке проблемы выбора методов управления знаниями в области устойчивого развития.

Можно констатировать, что сегодня выбор методов управления знаниями не связан с требованиями устойчивого развития и осуществляется на основе критериев, адекватных конкретной ситуации, к которым относят [13, 14]:

1. Обоснованность. Метод должен соответствовать типу решаемой задачи.
2. Когнитивность. Необходимо учитывать временные затраты лица, принимающего решения (ЛПР), необходимые для применения метода.
3. Эффективность. Метод должен предоставлять возможность выполнения максимального числа операций на ЭВМ и приводить к конечному результату.
4. Проверяемость. Метод должен допускать возможность проверки достоверности информации, которую ЛПР предоставляет в качестве исходных данных.

5. Чувствительность. Для операций, выполняемых ЛПР, метод должен быть нечувствительным по отношению к изменениям количества критериев и альтернатив, то есть в случае добавления или удаления критериев и альтернатив участие ЛПР в применении метода требуется только в отношении этих изменений.

Перечисленные требования являются необходимыми в решении текущих задач управления, но не достаточными в управлении знаниями и новациями в области устойчивого развития.

В представленном списке требований отсутствует указание на необходимость представления информации и знаний в терминах устойчивых универсальных мер, что является обязательным требованием устойчивого развития к качеству методов.

Системный анализ методов управления знаниями в области устойчивого развития с позиции требований устойчивого развития

Метод – это правила вывода в процессе решения задач.

Задача – это система с тремя элементами: «вход», «процесс», «выход», где «вход» – это исходная система координат, «процесс» – это алгоритм решения задач, «выход» – это конечная (требуемая) система координат [6].

Дерево логически возможных классов задач представлено на рис. 1.

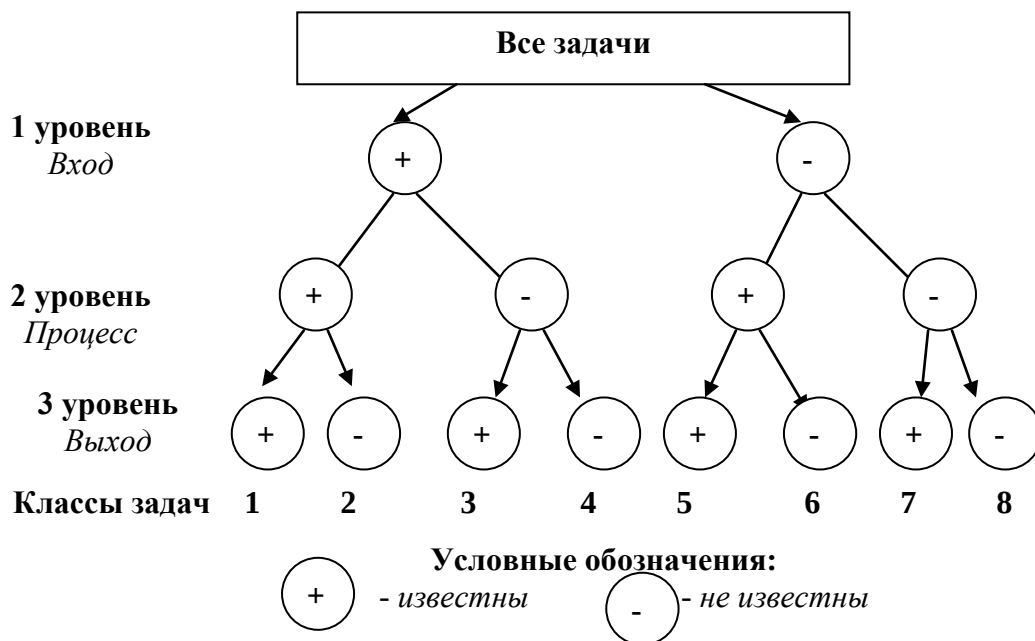


Рис. 1. Классы задач

В соответствии с этим логически возможны следующие классы задач [6]:

- Ситуация 1 – класс решенных задач;
- Ситуация 2 – класс задач прогнозирования;
- Ситуация 3 – класс задач проектирования;
- Ситуация 4 – класс не поставленных задач (не известны цель и метод);

- Ситуация 5 – класс задач распознавания образов;
- Ситуация 6 – класс не поставленных задач (не известны цель и причина);
- Ситуация 7 – класс не поставленных задач (не известны причина и метод);
- Ситуация 8 – класс нерешенных задач;

Задача поставлена, когда заданы 2 элемента системы.

Задача не поставлена, если не известны более двух элементов.

Решенная задача – есть результат преобразования инварианта объекта в конечную систему координат.

Алгоритм решения задач есть правило перехода из исходной системы координат в конечную [6].

Управление знаниями – это процесс решения задач с помощью определенного метода. Выделяются три группы методов управления знаниями [16, 17, 18]:

- методы сбора и хранения знаний (вход);
- методы обработки и интегральной оценки знаний (процесс);
- методы управления реализацией знаний (выход).

Методы сбора и хранения

Целью мониторинга и систематизации знаний в области устойчивого развития является сбор и хранение информации об устойчивом развитии системы любого назначения.

Для сбора и хранения используются следующие методы:

1. базы и хранилища данных (Data Warehouse).

Базой данных в области устойчивого развития служит информационно-телекоммуникационная система «Интернет-портал «Международная научная школа устойчивого развития», где представлены базовые принципы мировоззрения, теории, методологии и технологии проектирования устойчивого развития в системе «природа-общество – человек» (<http://lt-nur.uni-dubna.ru>).

2. базы знаний;

База научных знаний в области устойчивого развития – это проективное пространство понятий, которые можно преобразовывать из исходной системы координат в конечную по определенным правилам. Если понятие не выражено в устойчивых универсальных мерах, то знание не принадлежит к конечной системе координат и нуждается в доопределении. Можно констатировать, что в стране и мире до сих пор отсутствуют работающие базы научных знаний об устойчивом развитии системы природа-общество-человек [6].

Системные требования устойчивого развития к качеству методов сбора и хранения знаний в области устойчивого развития:

1. Полнота собираемой информации.

Имеется в виду полнота семантической структуры знания, содержащей ответы на 8 вопросов: Зачем? Почему? Кто? Что? Где? Когда? Как? Сколько? [6, 7]

2. Требования к устойчивости и универсальности системы измерения.

Определяется системой устойчивых универсальных величин [2, 6, 7].

3. Возможность проектирования баз знаний с использованием устойчивых универсальных измерителей, включая: пространство понятий и правила их преобразования [6, 7].

Ниже проведен анализ методов сбора и хранения на их соответствие требованиям устойчивого развития. Результаты анализа представлены в таблице 1.

Табл.1. Анализ методов сбора и хранения

Методы сбора и хранения	Обеспечивает ли метод полноту собираемой информации?								Предъявляет ли метод требования к устойчивости и универсальности системы измерения? 0 – не предъявляет 1 - предъявляет	Обеспечивает ли метод создание базы знаний с использованием устойчивых универсальных измерителей? 0 – не обеспечивает 1- обеспечивает		
	0 – не обеспечивают				1 - обеспечивают					<i>простран- ство понятий</i>	<i>простран- ство инвариан- тов</i>	<i>прост- ран- ство преобра- зований</i>
	<i>Зачем?</i>	<i>Почему?</i>	<i>Кто?</i>	<i>Что?</i>	<i>Где?</i>	<i>Когда?</i>	<i>Как?</i>	<i>Сколько?</i>				
Базы и хранилища данных	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
Базы знаний	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0

Проведенный анализ показывает, что методы, которые полностью удовлетворяют всем сформулированным требованиям устойчивого развития, не найдены. Существующие информационно-поисковые системы, базы данных и базы знаний не обеспечивают семантическую полноту и допускают использование данных, информации и знания, не выраженных в терминах устойчивых универсальных величин.

Поэтому существует потребность в развитии методов с целью обеспечения:

- полноты собираемой информации о знаниях;
- устойчивости и универсальности системы измерения знаний;
- проектирования базы знаний с использованием устойчивых универсальных измерителей.

Методы обработки и интегральной оценки знаний

Целью методов обработки и интегральной оценки знаний в области устойчивого развития является оценка вклада в рост возможностей удовлетворять неисчезающие потребности (вклад в устойчивость развития) в условиях неопределенности, нелинейности и рисков неэффективного управления развитием.

Для анализа выделены следующие методы:

- методы многокритериальной оценки;
- методы многоцелевого математического программирования;
- статистические методы
- методы динамического моделирования;
- методы имитационного моделирования;
- методы организации сложных экспертиз.

Анализ указанных методов по отечественным и зарубежным источникам [19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 и другие] с рассмотрением исходных предпосылок, основных понятий, используемых правил (алгоритмов) позволил систематизировать их основные достоинства и недостатки.

Достоинства

- возможность работы со слабо формализованными задачами;
- возможность учитывать множество неформализованных критериев при оценке множества неформализованных альтернатив;
- возможность формирования и оценки множества альтернатив;

- задавая различные альтернативы поведения, меняя уравнения и структуру модели, можно получить наборы результатов, характеризующих поведение моделируемой системы и последствия, к которым приводят те или иные решения.
- позволяет отразить нелинейные связи между элементами и динамику изменения каждого элемента;
- позволяет передавать результаты моделирования, используемые для принятия управленческих решений, из модели в базы данных информационных систем;

Недостатки

- отсутствует процедура определения целевой функции, критериев и альтернатив в терминах устойчивых универсальных измерителей, отсюда субъективный характер целевой функции, который может наводить систему на ложные результаты.
- отсутствует процедура проверки критериев и альтернатив на соразмерность;
- методы динамического моделирования живых систем опираются на законы замкнутых (а не открытых для потоков энергии) систем, что с необходимостью порождает пределы роста и ложный вывод о невозможности дальнейшего развития системы.
- отсутствуют правила определения границ применимости метода;
- отсутствуют критерии эффективности работы экспертов;
- отсутствует процедура объективной оценки компетентности экспертов;

Как видно из приведенного списка недостатков используемые методы для интегральной оценки знаний не удовлетворяют ряду требований с позиции эффективного управления устойчивым развитием.

Уточним системные требования с позиции устойчивого развития:

1. Возможность работы с разнородной информацией с соблюдением принципов соразмерности и соизмеримости [2, 6].

Под разнородной информацией понимается информация, которая представлена в принципах и понятиях естественных, технических, социальных, экономических, экологических знаний с разной пространственно-временной размерностью [6]. Принцип соразмерности требует наличие правила, удовлетворяющего П-теореме [2]. Принцип соизмеримости требует соблюдения принципа соразмерности и целочисленного соотношения значений величин [2].

2. Возможность разделения на части и возможность объединения частей в целое на основе системы устойчивых универсальных мер.
3. Требования к границам применимости метода:

- возможность работы с информацией в условиях неопределенности

- а. в условиях неопределенности на входные знания.

- В условиях, когда начальные данные и информация не выражены в терминах устойчивых универсальных величинах.

- б. в условиях неопределенности алгоритма оценки знаний.

- В условиях, когда структура знания не определена.

- с. в условиях неопределенности на выходные знания.

- В условиях, когда неизвестна целевая функция управления знаниями.

- возможность работы с информацией в условиях нелинейности.

Здесь три или более параметров изучаемой системы не зависимы или связаны нелинейной зависимостью [2, 5]. При этом следует обратить внимание на то, что многие нелинейные эффекты, зачастую связаны с тем, что неправильно понимается взаимосвязь и взаимозависимость изучаемых явлений друг от друга.

Умение довести нелинейную задачу до линейной, означает в переводе на математический язык линеаризовать нелинейную задачу. Можно предположить, что для всякой нелинейной задачи существует расширение пространственно-временной размерности, которое позволит линеаризовать задачу.

С позиции изложенных требований проведен анализ методов обработки и интегральной оценки новаций. Результаты представлены в таблице 2.

Табл.2. Анализ методов обработки и интегральной оценки

№ п/ п	Методы обработки и интегральной оценки знаний	Обеспечивает ли метод работу с разнородной информацией с соблюдением принципа соизмеримости и соразмерности? 0 – не обеспечивает 1 – обеспечивает	Существуют ли в методе правила разделения на части на основе устойчивых универсаль- ных мер? 0 – не существуют 1 – существуют	Существуют ли в методе правила объединения частей в целое на основе устойчивых универсальных мер? 0 – не существуют 1 – существуют	Границы применимости метода			
					Обеспечивает ли метод работу с информацией в условиях неопределенности? 0- не обеспечивает 1 – обеспечивает			Обеспечивает ли метод работу с информацией в условиях нелинейности? 0 – не обеспечивает 1 – обеспечивает
					на входе	в процессе	на выходе	
1	Методы многокритериаль- ной оценки	0	0	0	0	0	1	0
2	Методы многоцелевого математического программирования	0	0	0	0	0	1	0
3	Статистические методы	0	0	0	0	0	1	0
4	Методы динамического моделирования	0	0	0	0	0	1	1
5	Методы имитационного моделирования	0	0	0	1	0	1	1
6	Методы организации сложных экспертиз	0	0	0	1	0	1	0

Проведенный анализ показывает, что рассмотренные методы не полностью удовлетворяют сформулированным требованиям. Существует потребность в развитие методов с целью обеспечения:

- возможности работы с разнородной информацией с соблюдением принципа соразмерности и соизмеримости;
- возможности разделения и объединения знаний на основе устойчивых универсальных величин;
- возможности работы в условиях неопределенности и нелинейности.

Методы управления реализацией

Цель управления реализацией знаний в области устойчивого развития – получение различного рода эффекта за минимальное время с минимальными затратами ресурсов.

Для достижения целей управления реализацией используются:

- математические методы в логистике (логистические методы). Применяются статистические методы анализа, методы имитационного моделирования, деревья решений.
- методы маркетинга. В маркетинге используются статистические методы анализа, методы экспертного оценивания, социологические методы (анкетирование, опросы), маркетинговые модели (PEST-анализ, SNW-анализ, SWOT-анализ, матрица БКГ).
- методы электронной коммерции. Электронная коммерция – такая форма поставки продукции, при которой выбор и заказ товаров осуществляется через компьютерные сети, а расчеты между покупателем и поставщиком осуществляются с использованием электронных средств платежа.

Системные требования устойчивого развития к качеству методов управления реализацией знаний в области устойчивого развития:

- скорость или расчет дефектов в системе управления.
Определяются на стадии мониторинга, оценки и реализации.
- точность управления или расчет отклонений от требований базового принципа устойчивого развития.
- эффективность или расчет ожидаемого эффекта от реализации знаний:

На соответствие изложенным требованиям проведен анализ методов управления реализацией знаний. Результаты анализа представлены в таблице 3.

Табл. 3. Анализ методов управления реализацией

№ п/п	Методы управления реализацией	Позволяет ли метод осуществлять расчет									
		дефектов в системе управления 0- позволяет 1 – не позволяет			отклонений от требований базового принципа устойчивого развития 0- позволяет 1 – не позволяет				ожидаемого эффекта от реализации 0- позволяет 1 – не позволяет		
		мони- торинг	оцен- ка	реали- зация	стои- мост- ные изме- рите- ли	нату- раль- ные изме- рите- ли	без- раз- мер- ные изме- рите- ли	устой- чивые уни- версаль- ные изме- рители	экономи- ческого	социально- экономического	экологи- ческого
1	Логистические методы	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0
2	Методы маркетинга	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0
3	Методы электронной коммерции	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0

Проведенный анализ показывает, что рассмотренные методы управления реализацией частично удовлетворяют сформулированным требованиям. Существует потребность в развитии методов управления реализацией знаний в области устойчивого развития.

Выводы и перспективы развития

Проведенный анализ показывает, что управление знаниями в области устойчивого развития не располагает адекватными методами, объединяющими язык системы и объекта управления, что негативно сказывается на качестве управления знаниями и новациями.

Существующие методы мониторинга, интегральной оценки и управления реализацией знаний в области устойчивого развития не обеспечивают семантическую полноту и соразмерность, соизмеримость знания, не позволяют создать базу знаний на основе устойчивых универсальных измерителей, затрудняют принятие эффективных решений по реализации знаний в условиях неопределенности, нелинейности и рисков неэффективного управления развитием.

Перспективы развития методов управления знаниями заключаются в создании системы управления знаниями и новациями в области устойчивого развития, которая обеспечивает единство языка системы и объектов управления. Преобразование группы новаций из исходной системы координат в требуемую базовым принципом устойчивого развития, выраженного в устойчивых универсальных величинах, авторы связывают с возможностью использования и развития идей методологии тензорного анализа двойственных сетей [10] на основе теории пространственно-временных размерностей Бартини-Кузнецова [1, 8].

Такую систему необходимо разрабатывать.

Литература

1. Бартини, Р. Система кинематических величин//Доклады Академии Наук. – М., 1965.
2. Большаков, Б.Е. Закон природы. – Москва-Дубна: РАЕН-МУПОЧ, 2002.
3. Большаков, Б.Е., Кузнецов, О.Л. Устойчивое развитие: универсальный принцип синтеза естественных, технических и социальных знаний// Сборник трудов кафедры устойчивого инновационного развития Университета «Дубна» [Электронный ресурс], режим доступа: <http://www.uni-dubna.ru/>, свободный. – 2007.
4. Калихман, И.Л., Войтенко, М.А. Динамическое программирование. – М.: Высшая школа, 1979.
5. Корн, Г. Справочник по математике. – М.: Наука, 1973.
6. Кузнецов, О.Л., Большаков, Б.Е. Устойчивое развитие: научные основы проектирования в системе природа-общество-человек: учебное пособие. – Спб – Москва – Дубна: Гуманистика, 2002.

7. Кузнецов, О.Л., Кузнецов, П.Г., Большаков, Б.Е. Система природа-общество-человек: устойчивое развитие. – М.: Ноосфера, 2000.
8. Кузнецов, П.Г. Искусственный интеллект и разум человеческой популяции// Е.А.Александрова Основы теории эвристических решений. – М., 1975.
9. Медоуз, Д.Х., Медоуз, Д.Л., Рэндерс, Й., Беренс, В. Пределы роста – М.: МГУ, 1991.
10. Петров, А.Е. Тензорный метод двойственных систем. – М., 2007.
11. Forrester, J. Way Industrial Dynamics. – New York, 1961.
12. Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies. Third edition. October 2007. United Nations, 2007. 99 p. URL: <http://www.un.org/> (дата обращения: 21.08.2009)
13. Miettinen K. M. Nonlinear Multiobjective Optimization. Boston: Kluwer, 1999. 298 p.
14. Sorokin, Y., Bolshakov, B. Sustainable Development and ODS Phase-Out: Strengthening the Interlinks. // Proceedings of 5-th International Conference “EMAN 2009: Environmental Accounting Sustainable Development Indicators”. 23-24 April, 2009, Prague, Czech Republic. – Usti nad Labem: J.E. Purkune University, 2009. H13_INDIC, - P. 1-12.
15. Образцова, Р.Н., Кузнецов, П.Г., Пшеничников, С.Б. Инженерно-экономический анализ транспортных систем. – М., 1996.
16. Баранчеев, В. Управление знаниями: учебное пособие// Маркетинг: спец. Выпуск № 29. – М.: Центр маркетинговых исследований, 2005.
17. Мильнер, Б.З. Управление Знаниями. – М.: ИНФРА-М, 2003.
18. Лабозкий, В.В. Управление знаниями: учебное пособие. – Минск, 2006.
19. Hobbs B.F., Chankong V., Hamadeh W., Stakhiv E. Z. Does Choice of Multicriteria Method Matter? An Experiment in Water Resources Planning // Water Resources Research. 1992. Vol. 28. Issue 7. p. 1767-1779.
20. Stewart R. E. A Critical Survey on the Status of Multiple Criteria Decision Making Theory and Practice // Omega. 1992. Vol. 20. Issue 5-6. p. 569-586.
21. Гришин, В.К. Статистические методы анализа и планирования экспериментов. - М.: МГУ, 1975.
22. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий: пер. с англ. - М.: Радио и связь, 1993.
23. Кини, Р.Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. М.: Радио и связь, 1981, 597 с.
24. Roy, B. Multicriteria Methodology for Decision Aiding. London : Kluwer Academic Publishers, 1996.
25. Ферстер, Э., Ренц, Б. Методы корреляционного регрессионного анализа. – М.: Финансы и статистика, 1983.
26. Моисеев, Н.Н. Математические задачи системного анализа. – М., 1981.
27. Волкова, В.Н., Денисов, А.А. Методы организации сложных экспертиз: учебное пособие. – СПб.: СПб ГТУ, 1998.
28. Вагнер, Г. Основы исследования операций. – М.: Мир, 1973.
29. Литвак, Б.Г. Экспертная информация: методы получения и анализа. – М.: Радио и связь, 1982.
30. Емельянов, А.А. Имитационное моделирование экономических процессов. – М.: Финансы и статистика, 2002.