

УДК 008.2

**АДАПТАЦИЯ МИРОВЫХ ПРАКТИК К ПРОБЛЕМЕ
ДОЛГОСРОЧНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
СОСТОЯНИЯ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ**

Попов Олег Русланович

к.т.н., доцент, доцент каф. ИТиПМ

Южный университет (ИУБИП)

e-mail: cs41825@aanet.ru

Аннотация: Целевая установка исследования заключается в формировании понятийного аппарата и формализации прогнозных метрик оценки состояния самоорганизующихся интеллектуальных техногенных систем. В качестве методологической основы исследования выбран подход, основанный на интеграции прогнозных исследований, планирования и проектирования в некий системный многоуровневый комплекс деятельности.

На основе анализа мирового опыта ведения проектного управления предлагается методика расчета показателя уровня зрелости самоорганизующихся интеллектуальных систем SML, интегрирующего технологические уровни готовности – «TPL» и уровни социоэкономической адаптированности – «SPL» прогнозируемых технологий, входящих в исследуемую социотехническую систему.

Проведено описание соответствия уровней TPL и уровней SPL прогнозируемых технологий. Строится матрица зрелости, позволяющая количественно оценить показатель SML на системном уровне, что выражается индексом зрелости от 0 до 1. Проведено описание соответствия диапазона индекса SML и уровня зрелости социотехнической системы (STS) с приведением примеров возможной реализации идей прогнозируемых технологий, согласно концепции технологической платформы SCBIN.

Ключевые слова: самоорганизующаяся интеллектуальная система, долгосрочное технологическое прогнозирование, социотехническая система, уровень зрелости системы, индекс зрелости/

**ADAPTATION OF WORLD PRACTICES TO THE PROBLEM OF
LONG-TERM TECHNOLOGICAL FORECASTING OF THE STATE OF
SELF-ORGANIZING INTELLIGENT SYSTEMS**

Popov O.R.

Abstract: Based on the analysis of the world experience in project management, a method is proposed for calculating the maturity level of self-organizing intelligent systems SML, which integrates the technological levels of readiness – "TPL" and the levels of socio – economic adaptability - "SPL" of the predicted technologies included in the studied socio-technical system. A maturity matrix is constructed that allows us to quantify the SML indicator at the system level, which is expressed by a maturity index from 0 to 1.

Keywords: self-organizing intelligent system, long-term technological forecasting, sociotechnical system, system maturity level, maturity index

Действенным методологическим принципом, направленным на повышение эффективности формирования стратегий развития сложных систем, является подход, основанный на интеграции прогнозных исследований, планирования и проектирования в некий системный многоуровневый комплекс деятельности [1,2,3].

Опираясь на мировой опыт ведения проектного управления, основанный на методах системного инжиниринга [4], полагаем целевую установку исследования, сформировать понятийный аппарат и формализовать прогнозные метрики оценки состояния самоорганизующихся интеллектуальных техногенных систем.

Как известно, признанными международным сообществом инструментами реализации системной инженерии (Systems Engineering) при создании наукоемких технологий, является ряд унифицированных продуктов: в том числе, «методика оценки уровней готовности технологий - TRL (Technology Readiness Levels); методика оценки уровней готовности интеграции (технологий) – IRL (Integration Readiness Level); методика оценки уровня готовности систем – SRL (System Readiness Level)»[5].

Методология TRL была разработана Стэнном Садином в НАСА в 1974 году и включала уровни готовности технологии с 1-го по 7-й[6]. В 1995 году Джон К. Мэнкинс написал статью[7], в которой внес расширенные описания для каждого TRL и расширил ее масштаб до 9 уровней – TRL1- TRL9, причем 9-я – самая зрелая технология. К 2008 году данная шкала используется в Европейском космическом агентстве (ЕКА).

По возрастанию зрелости данная методология включает точный анализ прохождения всех стадий жизненного цикла (ЖЦ) технологии – фундаментальные, доказательные и лабораторные исследования, тестирование, развитие и запуск.

Следуя обозначенной целевой установке исследования, введем показатель «уровень зрелости системы» SML (SystemMaturityLevel) - меру оценки зрелости социотехнической системы (STS), адаптируя его в «существующие инструменты системной инженерии для принятия обоснованных решений на стадиях жизненного цикла (ЖЦ)»[5] прогнозируемой технологии. Методика расчета SML интегрирует технические риски и вопросы социально-экономической адаптации технологии на системном уровне, и является способом долгосрочного прогнозирования состояния самоорганизующихся интеллектуальных систем.

Поскольку «сложность современных социотехнических систем связана в первую очередь не с техническими, а с социальными факторами»[8] предлагаемая методика расчета SML интегрирует в себе технологические уровни готовности – «TPL» и уровни социоэкономической адаптированности – «SPL» прогнозируемых концепций технологий, входящих в исследуемую систему.

Этапы предложенного подхода, основанного на использовании нормированных матриц TPL и SPL для расчета SML системы, описываются в порядке, предложенном в [5] и адаптированным, исходя из поставленных целей:

- создать столбец, состоящий из значений TPL для прогнозируемой технологии;
- создать строку, состоящую из значений SPL для прогнозируемой технологии;

- используя TPL и SPL матрицы, создать матрицу, состоящую из SML значений;
- используя расчетную формулу вычислить соответственно SML индекс для всей системы.

Предположим, технология имеет связанное прогнозное значение TPL в диапазоне от 1 до N. TPL столбец состоит в данном случае из одной колонки, содержащей значения TPL для прогнозируемой технологии, следовательно TPL_t является значением TPL для технологии t:

$$[TPL]_{tn} = \begin{bmatrix} TPL_1 \\ TPL_2 \\ \dots \\ TPL_n \end{bmatrix}$$

Предположим, уровень социоэкономической адаптированности технологии имеет связанное значение SPL в диапазоне от 1 до N. SPL показатель состоит в данном случае из одной строки, содержащей значения SPL для прогнозируемой технологии, следовательно, SPL_s является значением SPL для соответствующей технологии t:

$$[SPL]_{sn} = [SPL_1 \quad SPL_2 \quad \dots \quad SPL_n]$$

Формула для расчета SML матрицы выглядит так:

$$SML_{tsn} = [TPL_{tn}] * [SPL_{sn}] \quad (1)$$

Обоснуем это следующим образом. Для построения матрицы зрелости SML самоорганизующейся социотехнической системы (STS) необходимо определить степень взаимодействия уровня технологической готовности идеи (концепции) и соответствующего ему уровня социоэкономической адаптированности различных прогнозируемых технологий. Данную оценку производит команда экспертов-аналитиков, имеющих научно-исследовательскую квалификацию и опыт составления форсайт-прогнозов, а также навыки долгосрочного технологического прогнозирования в соответствии с таблицей 1. SML-матрица показывает, величину

эквивалентную уровню социоэкономического риска прогнозируемой технологии с позиции общей социотехнической системы. Для системы, имеющей N уровней зрелости, SMLtsn - это значение (степень) взаимодействия между уровнем технологической готовности концепции t и уровнем ее социоэкономической адаптированности s:

$$SMLtsn = \begin{bmatrix} TPL_1SPL_1 & TPL_1SPL_2 & \dots & TPL_1SPL_n \\ TPL_2SPL_1 & TPL_2SPL_2 & \dots & TPL_2SPL_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ TPL_nSPL_1 & \dots & \dots & TPL_nSPL_n \end{bmatrix}$$

Данная матрица позволяет количественно оценить показатель зрелости для всей системы. Показатель SML применяется на системном уровне и представляет собой индекс зрелости от 0 до 1.

Таблица 1

Интегрированное описание уровней готовности (TPL) и уровней социоэкономической адаптированности (SPL) прогнозируемых технологий (при N = 5)

N(уровень TPL/ SPL)	Описание уровня TPL	Описание уровня SPL
1	Идея технологии носит вероятностный характер	По прогнозируемой технологии отсутствуют даже гипотезы
2	Прототипы (концепты) технологии не будут разработаны долгое время	По прогнозируемой технологии возникают гипотезы
3	Прототипы (концепты) технологии еще не разработаны	По прогнозируемой технологии начинается обсуждение гипотез
4	Отмечаются основные принципы и концепты технологии в публикациях и сообщениях	По прогнозируемой технологии компромисс отсутствует
5	Сформирована концепция новой технологии	По прогнозируемой технологии компромисс существует

Индекс SML рассчитывается по формуле 2, где N – количество уровней интеграции готовности и социоэкономической адаптированности

долгосрочно прогнозируемых технологий (TPL/ SPL) плюс интеграция на саму себя:

$$SML = ([TPL_t] * [SPL_s])/N) / N \quad (2)$$

В таблице 2 представлено интегрированное определение диапазонов индекса SML и соответствующее описание уровня зрелости социотехнической системы (STS) с приведением примеров возможной реализации идей прогнозируемых технологий, согласно концепций технологической платформы SCBIN (SocioCognitoBioInfoNano)[9,10,11], триплета технологий и квартета их взаимодействий [12].

Таблица 2

Диапазоны уровня зрелости SML социотехнической системы

Индекс SML	Описание	Возможная реализация идеи
0,10-0,20	Вероятностное математическое описание	Иммортализм, хроновизор
0,20-0,40	Идея технологии описывается в произведениях научной-фантастики трудах футурологов	Контакт с внеземным разумом, астроинженерная деятельность, сфера Дайсона
0,40-0,60	Идея технологии продвигается деятельностью одержимых одиночек-изобретателей, технологических евангелистов и предпринимателей	Клейтроника, молекулярный ассемблер, солнечная гравитационная линза, роевая робототехника, криопротектор
0,60-0,80	Исследования и создание некоторых прототипов, требования к технологиям могут быть разработаны за счет достижения компромисса между сообществами	Плазменный двигатель, квантовый компьютер, квантовый радар, нанорадио, семантический интернет, экзокортекс, интерфейс мозг-компьютер, полное секвенирование генома, виротерапия, искусственный фотосинтез, электронный текстиль, культивируемое мясо
0,80-1,00	Диффузионная область Инновационных бизнес-проектов	Ионный двигатель, магнитная левитация, беспилотный транспорт, криптовалюты, машинное зрение, распознавание жестов, виртуальная реальность, роботизированная хирургия, беспроводная передача энергии, голографический дисплей, гибкая электроника, мемристор, графен, углеродные нанотрубки, металлическая пена, куполообразный город

Продолжение исследований проектируемого анализатора технологий будущего предусматривает создание по аналогии с мировым опытом реализации инструментария оценки TRL – полуавтоматического калькулятора оценки уровня SML для экспертов-аналитиков.

Библиографический список

1. Пирожкова, С.В. Прогнозные и футурологические исследования: к вопросу разграничения компетенций / С. В. Пирожкова // Философские науки. – 2016. – № 8. – С. 100-113. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27451061> (дата обращения: 10.04.2021).
2. Белоусов, Д.Р. Метод "картирования технологий" в поисковых прогнозах / Д.Р. Белоусов, И.О. Сухарева, А.С. Фролов // Форсайт. – 2012. – Т. 6. – № 2. – С. 6-16. – DOI 10.17323/1995-459X.2012.2.6.16. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17832820> (дата обращения: 10.04.2021).
3. Попов, О.Р. Выделение и анализ векторов самоорганизации интеллектуальных систем / О.Р. Попов, Г.И. Акперов // Интеллектуальные ресурсы – региональному развитию. – 2020. – № 2. – С. 48-54.– URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19492269> (дата обращения: 28.03.2021).
4. Крамаров С.О., Храмов В.В. Системно-инженерный подход к исследованиям сложных многомерных систем на основе мягких моделей // Интеллектуальные ресурсы – региональному развитию.– 2018.– Т.4, №1.– С.222-228.– URL:<https://elibrary.ru/item.asp?id=36739538> (дата обращения: 28.03.2020).
5. Баданов А.Ю., Рызванов Р.А. Адаптация лучших мировых практик по оценке уровней готовности технологий, уровней готовности интеграции, системного уровня готовности // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2017. – №4-1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/adaptatsiya-luchshih-mirovyh-praktik-po-otsenke-urovney-gotovnosti-tehnologiy-urovney-gotovnosti-integratsii-sistemnogo-urovnya>(дата обращения: 12.04.2021).
6. Об уровнях готовности технологий и применении Калькулятора УГТ для их оценивания / В.Ю. Гранич, А.В. Дутов, В.Л. Мирошкин, К.И. Сыпало // Экономика науки. – 2020. – Т. 6, № 1-2. – С. 6-10. – DOI 10.22394/2410-132X-2020-6-1-2-6-10. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42626937> (дата обращения: 28.03.2021).
7. Mankins J.C. (1995) Technology readiness levels / Artemis Innovation. –URL: http://www.artemisinnovation.com/images/TRL_White_Paper_2004-Edited.pdf (дата обращения: 10.04.2021).
8. Горохов, В.Г. Технонаука – новый этап в развитии современной науки и техники / В. Г. Горохов // Высшее образование в России. – 2014. – № 11. – С. 37-47. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21249825> (дата обращения: 10.04.2021).
9. Рудник, П.Б. Технологические платформы в практике российской инновационной политики / П.Б. Рудник // Форсайт. – 2011. – Т. 5, № 1. – С. 16-25. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21249825> (дата обращения: 10.04.2021).

10. Малинецкий Г.Г. Синергетика и проектирование будущего // Труды конференции "Прикладная синергетика", Уфа, 14-16/11/2012. – URL: https://www.keldysh.ru/departments/dpt_17/sipb.pdf (дата обращения: 10.04.2021).

11. Акперов И.Г., Храмов В.В. Управление социально-экономическими системами региона — становление цифровой экономики // Интеллектуальные ресурсы - региональному развитию. – 2020. – Т.6, №2. – С. 36-47

12. Бодрунов, С.Д. Ноономика: Монография / С.Д. Бодрунов. – Москва-Санкт-Петербург-Лондон: Культурная революция, 2018. – 432 с. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35116289> (дата обращения: 10.04.2021).