



Онтологическое моделирование архитектуры информационной управляющей системы

© 2026, И.Т. Кимяев

ООО «Норникель Спутник», Москва, Россия

Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр РАН, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация

Исследуются методологические подходы к обеспечению жизнеспособности объектов хозяйственной деятельности посредством поддержания соответствия архитектуры информационной управляющей системы решаемым производственным задачам управления. В предлагаемом подходе осуществляется синтез управленческих решений по реконфигурации информационной управляющей системы с целью компенсации воздействий внешней и внутренней среды в условиях неопределённости. Синтезированный механизм принятия решений позволит сформировать архитектуру информационной управляющей системы, которая будет способна обрабатывать существующие информационные потоки объектов хозяйственной деятельности и поддерживать их в жизнеспособном состоянии. Для формального описания семантических связей между концептами использованы принятые нотации онтологического моделирования, для оценки количественных характеристик выявленных связей использованы знания экспертов о конкретной предметной области.

Ключевые слова: принятие решений, информационная управляющая система, онтологическое моделирование, нечётко-возможностный подход, жизнеспособность.

Цитирование: Кимяев И.Т. Онтологическое моделирование архитектуры информационной управляющей системы. *Онтология проектирования*. 2026. Т.16, №3(61). С.428-437. DOI: 10.18287/2223-9537-2026-16-3-428-437.

Финансирование: работа поддержана Государственным заданием на 2025 г. № FFZF-2025-0020 Санкт-Петербургского федерального исследовательского центра РАН (СПб ФИЦ РАН).

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение

Обеспечение жизнеспособности (ЖС) объектов хозяйственной деятельности (ОХД) на протяжении их жизненного цикла (ЖЦ) базируется на принципе системного гомеостаза, достигаемого за счёт мониторинга производственно-технологических индикаторов и поддержания их значений в установленных пределах. Решение оперативных задач включает целенаправленную реконфигурацию бизнес-процессов и технологических цепочек, а также архитектуры информационно-управляющей системы (ИУС) ОХД. Целью реконфигурации является формирование планов по приобретению, эксплуатации и выводу из эксплуатации материальных и нематериальных активов ОХД, управление которыми обеспечивает ИУС.

Реконфигурация архитектуры ИУС и её приведение к целевому многоструктурному макросостоянию (ММС) активируется как с заданной периодичностью, так и в режиме реагирования на воздействия внешней или внутренней среды. К внешним воздействиям относятся рыночный спрос, динамика стоимости ресурсов, климатические и погодные изменения и др.; к внутренним – доступность квалифицированного персонала, износ оборудования и др. Указанные воздействия на различных этапах ЖЦ ОХД порождают неопределённости при выборе целевого ММС ИУС, которые могут быть формализованы в вероятностной, субъективно-вероятной и/или возможностной формах. Задача выбора рационального ММС для

ИУС носит многофакторный и многокритериальный характер. Её формализация и решение могут создать условия для поддержания ЖС ОХД в течение длительного времени.

В настоящем исследовании предлагается модельно-алгоритмическое обеспечение (МАО), предназначенное для решения задачи выбора архитектуры ИУС и соответствующего типа управления. Методическая база предлагаемого МАО основана на применении онтологических моделей и экспертных знаний, формализуемых средствами нечётково-возможностного подхода (НВП).

1 Подход к синтезу архитектуры информационно-управляющей системы

В [1, 2] показано, что для решения задачи многокритериального выбора используются специализированные виды MAO, включающие модели и методы проактивного управления структурной динамикой (СД), онтологического моделирования, линейного и нелинейного программирования, имитационно-статистического и нечётко-возможностного анализа и др.

В [3] обосновано, что поддержание разнообразия ИУС осуществляется посредством проактивного управления её СД. Представленная онтология (см. рисунок 1) описывает гетерогенную многоструктурную предметную область (ПрО), в которой концепты интегрированы в единое пространство, включающее комплекс «ОХД ↔ ИУС».

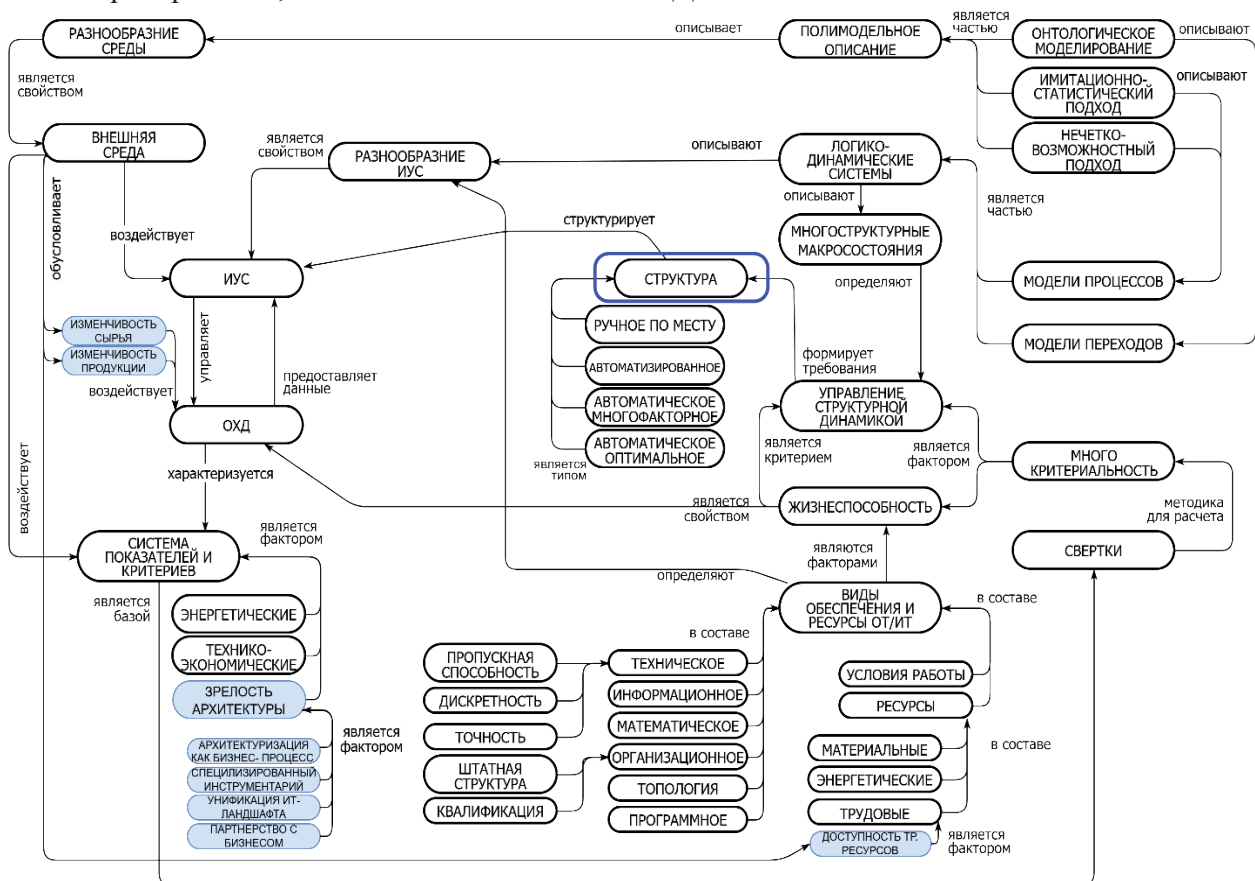


Рисунок 1 – Онтология синтеза целевой архитектуры информационно-управляющей системы

На схеме показано, с помощью каких технологий формализации взаимодействия компонентов исследуемой ПРО может быть реализована СД архитектуры ИУС: полимодельное описание; свёрточные методы для многокритериального выбора; нечётко-возможностное моделирование; логико-динамическое управление ММС и др.

Концепт «Структура» ИУС ОХД формируется путём комбинации стандартизированных видов обеспечения (ВО): технического (ТО), информационного (ИО), математического (МО), программного (ПО), организационного (ОО), а также информационно-технологических, материальных, энергетических и др. ресурсов. Каждый тип ВО и ресурсов имеет количественные и качественные характеристики, а также ограничения. Например, доступность в конкретный момент времени, требование к совместимости и гармонизации различных ВО, наличие соответствующего ПО и МО, специалистов высокой квалификации и др.

Путём комбинирования компонентов ВО и ресурсов (по количеству, качеству и взаимосвязям) можно синтезировать архитектуру ИУС под различные условия задачи.

Исходная концептуальная модель [3] и другие модели поддержания ЖС [4] носят обобщённый характер. В модель на рисунке 1 включены дополнительные факторы (выделены сплошной заливкой). Предложенная модель является основой для формирования специализированного МАО, предназначенного для синтеза рациональной архитектуры ИУС.

Оценка сложности архитектуры ИУС не имеет общепринятого подхода, и специализированные отраслевые структуры используют МАО, приемлемое в конкретной ПрО [5–7].

Разрабатываемое МАО, наряду с онтологическим моделированием, включает применение методов формализации экспертных знаний – нечётко-возможностных процедур (НВП) для количественной оценки взаимосвязей между концептами рассматриваемой ПрО.

2 Характеристики архитектуры информационно-управляющей системы

Управление сложными ОХД может быть представлено следующими типами [8, 9]:

- *Автоматическое оптимальное* (АОп). Формируется высший уровень технологической сложности и качественного разнообразия, базовая архитектура – на принципах глобальной динамической оптимизации (ГДО), охватываются уровни иерархии $L1-L3$, реализуется мультимодельный подход. Обеспечивается многокритериальная оптимизация работы связанных объектов управления (ОУ) в пределах единого технологического подразделения (передела);
- *Автоматическое многофакторное* (АМф). Предполагается гибридное взаимодействие, где уровни ($L1-L2+$) подчинены решению задач старшей системы усовершенствованного управления технологическими процессами (СУУТП), используются многофакторные регуляторы для поддержания ОУ в режимах, экстремальных по выбранному технико-экономическому критерию. Управление на более высоких уровнях, $L3$ и выше, делегируется лицу, принимающему решения (ЛПР).
- *Автоматизированное* (Авз). Базируется на функциональности типовых автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП). Охватывает уровни $L1-L2$. Основная функция – предоставление ЛПР инструментов для стабилизации локальных параметров ОУ в заданных диапазонах.
- *Ручное по месту* (РпМ). Предусматривается эксплуатация базовых информационно-измерительных комплексов ЛПР. Охватываются уровни не выше $L2$. Стратегия управления ориентирована на максимальную робастность системы: работа осуществляется с существенным запасом устойчивости за счёт удаления от предкритических границ эффективности.

Каждое из представленных типов управления ИУС описывается набором структур $G \in \{G_\chi \mid \chi \in X\}$, где χ – индекс, характеризующий тип структуры ИУС; $X = \{\text{Топ, Фун, ИО, МО, ПО, ТО, ОО}\}$ – множество индексов, соответствующих топологической (Топ), функциональной (Фун) структурам, а также структурам ВО.

Следуя работам [2,10], ММС ИУС можно задать соотношением: $S_\delta \subseteq X_{\text{Топ}} \times X_{\text{Фун}} \times X_{\text{ИО}} \times X_{\text{МО}} \times X_{\text{ПО}} \times X_{\text{ТО}}, \delta = 1, \dots, k_\Delta$, где $X_\chi = \{x_{(\chi,l)}, l \in L_\chi\}$ – множество элементов, входящих в состав структуры G_χ ; k_Δ – количество вариантов точек формирования множества S_δ ; Δ – интервал дискретизации на множестве моментов времени T . Синтез структуры ИУС может быть рассмотрен как задача управления её СД, которая сводится к поиску ММС $S_\delta^* \in \{S_1, S_2, \dots, S_{k_\Delta}\}$, обеспечивающего переход структуры ИУС из существующего ММС в целевое, необходимое для достижения требуемого уровня обобщённого показателя ЖС ОХД [2].

Условия перехода от одной технологии управления, описываемой MMC S_δ , к целевой S_δ^* , должны формироваться в интерактивном режиме с учётом воздействий среды на ОХД и ИУС. Данный переход включает изменение количественного и качественного состава ВО ИУС, изменение типов автоматизации иерархических слоёв управления $L1...L3$, а также доли участия ЛПР в принятии управленческих решений.

В настоящее время отсутствует формальное описание MAO для выбора целевого MMC ИУС с учётом множества критериев и показателей. Для решения данной задачи могут быть использованы знания экспертов в исследуемой ПрО.

3 Модель оценки архитектуры информационно-управляющей системы

Для задач онтологического моделирования ПрО распространены MAO и программно-технические инструменты на базе формальных методик дескриптивной логики (ДЛ) [9]. Данный подход обладает ограничениями выразительности, в частности, ДЛ затрудняет представление количественных характеристик семантических связей между классами сущностей. Это препятствует применению таких моделей при решении задач, требующих метрического описания выявленных отношений. К таким задачам относится, в частности, моделирование логики принятия решений о целевой MMC S_δ^* для ИУС. Для преодоления описанных ограничений целесообразно использовать знаний экспертов в исследуемой ПрО [11].

Таблица 1 содержит описание факторного пространства (ФП) на основе лингвистических переменных (ЛП) для синтеза модели выбора целевой структуры ИУС. Для обозначения уровней градации вербальных ЛП приняты сокращения: Н – нижний; НС – ниже среднего; С – средний; ВС – выше среднего; В – высокий.

Таблица 1 – Лингвистические переменные факторного пространства для выбора целевой структуры информационно-управляющей системы

Описание переменной в составе факторного пространства	ЛП в лингвистическом, графическом, натуральном и кодированном видах				
X_1 – Изменчивость сырья, относительные единицы (отн. ед). Отражает условный уровень качественных отличий постав- ляемого сырья и промышленных продуктов, при которых требуется оперативная адаптация технологических режимов	Н		С		В
	0,3		0,5		0,7
	-1		0		1
X_2 – Изменчивость продукции, отн.ед. Отражает условный уровень качественных отличий номен- клатуры готовой продукции, при которых требуется опера- тивная адаптация технологических режимов	Н		С		В
	0,3		0,5		0,7
	-1		0		1
X_3 – Доступность трудовых ресурсов, отн.ед. Уровень условной доступности персонала с квалификацией, необходимой для решения актуальных и перспективных за- дач автоматизации	Н		С		В
	0,3		0,5		0,7
	-1		0		1
X_4 – Зрелость корпоративной архитектуры, отн.ед. Уровень условной зрелости организационных процессов и инфраструктуры для решения задач управления сложным производством	Н		С		В
	0,3		0,5		0,7
	-1		0		1
Y – Структура ИУС, уровень L по ANSI/ISA-95.00.01-2010. Целевой максимальный уровень иерархии ИУС по [8]. Кос- венно отражает необходимый уровень качественного разно- образия для управления ОХД	Н	НС	С	BC	В
	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5

В таблице 1 ЛП задана множеством значений $Y = \{1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5\}$, элементы которого упорядочены в порядке, предписанном в [8]. Термы ЛП имеют дробные значения, интервалы между соседними значениями неодинаковы и не поддаются вероятностно-

количественному измерению, что позволяет отнести используемую шкалу к порядковому типу [12]. В практике сложилось устойчивое ранжирование уровней сложности структур ИУС, которое включает дробные промежуточные ступени (не предусмотренные [8]), отражающие уровень сложности решаемых задач управления, а также сопоставление данным задачам целевых ММС. Например, уровню 1,5 соответствует ММС РпМ, уровню 2 – Авз, уровню 2,5 – АМф, уровню 3 – АОп, уровню 3,5 – управление АОп+¹. Перечисленные уровни ранжирования ЛП Y в практике не имеют формальных количественных границ и точек разрыва, могут быть оценены субъективно-вероятностным способом [13, 14] и отображены на нечёткой шкале. В рассматриваемом примере для ЛП Y можно допустить условную количественную интерпретацию, несмотря на ограничения, характерные для операций сложения и умножения со шкалами порядкового типа. Таблица 2 содержит термины ЛП ФП, области изменений каждой ЛП, которые сложились в практике крупных производственных ОХД.

Таблица 2 – Термы лингвистических переменных

Факторы Лингв. значение	X_1	X_2	X_3	X_4
В	Состав сырья в течение смены (суток) изменчив (несколько раз)	Номенклатура продукции в течение декады (месяца) изменчива (регулярно)	Трудовые ресурсы (ТР) для поддержки сложных ИУС целенаправленно готовятся и набираются	Базовый $L1-L2$, интеграция со сформированным $L3$, ЛПП управляет по моделям
С	Состав сырья в течение смены (суток) изменчив (нечасто и незначительно)	Номенклатура продукции в течение декады (месяца) изменчива (нечасто и незначительно)	ТР для поддержки сложных ИУС доступны, запрос на целевую подготовку и набор отсутствуют	Базовый $L1-L2$, ЛПП управляет удалённо, $L3$ сформирован
Н	Состав сырья стабилен в течение смены (суток), изменения редки	Номенклатура продукции в течение декады (месяца) стабильна (изменения редки)	ТР для поддержки сложных ИУС уникальны. Набор специалистов только по базовым специальностям	Базовый $L1-L2$, ЛПП управляет по месту и удалённо, ведётся формирование $L3$

Согласно [11], на основе представленного ФП создаётся опросная матрица (таблица 3), строки которой представляют собой нечёткие производственные правила, отражающие состояние каждой из учитываемых в примере ЛП в кодированном виде.

Таблица 3 – Фрагмент опросной матрицы с оценками эксперта и расчётными значениями по модели

Факторы № пп	x_1	x_2	x_3	x_4	Y_B	Y_3	Y_M
1	-1	-1	-1	-1	НС	2	1,9
2	+1	-1	-1	-1	С	2,5	2,6
...	...	...	...	...	...	...	...
14	+1	-1	+1	+1	В	3,5	3,6
15	-1	+1	+1	+1	ВС	3,0	3,1
16	+1	+1	+1	+1	В	3,5	3,4

Совокупность данных характеристик оценивается экспертом и вербально отражается в виде Y_B . Перевод в числовой вид выполняется согласно представленному ФП из ЛП (таблица 1) и представляется в виде Y_3 . Полученные численные значения Y_3 обрабатываются по методикам планирования экспериментов с получением аналитической полиномиальной зависимости Y :

¹ К данному типу можно отнести системы, получающие задания напрямую из корпоративных ERP-систем.

$$Y = 2,81 + 0,25x_1 + 0,06x_2 + 0,19x_3 + 0,38x_4 + 0,13x_1x_2 - 0,13x_1x_3 - 0,06x_1x_4 - 0,06x_2x_3 - 0,06x_1x_2x_4 + 0,06x_1x_3x_4 - 0,13x_2x_3x_4. \quad (1)$$

В полиноме (1) значимость коэффициентов оценена пороговым значением, величина которого определена по минимуму остаточного среднеквадратического отклонения $s_{\text{ост}} = 0,013$. Данное отклонение сравнивается с исходной нечёткостью экспертной информации о переменной Y , равной половине разности между двумя последовательными модами термов $s_3 = 0,05$. Выполнение неравенства $s_{\text{ост}} < s_3$ позволяет говорить о приемлемой точности вычислений по модели (1) (не ниже исходной нечёткости).

Сравнение числовых значений Y_3 и Y_M представлено на рисунке 2. Корреляция между ними составила $R_x = 0,98$, что показывает соответствие расчётной модели (1) экспертным знаниям.

Наличие в модели (1) статистически значимых нелинейных членов, описывающих парные (x_1x_2 , x_1x_3 и пр.) и тройные ($x_1x_2x_3$ и пр.) взаимодействия, свидетельствует о том, что наблюдается перекрытие зон влияния переменных, которое может оказывать как положительное, так и отрицательное воздействие на итоговую оценку целевого типа структуры ИУС. Например, это означает, что синтезируемая ИУС должна учитывать и иметь способность отрабатывать изменения как по входному сырью, так и выбору готовой продукции.

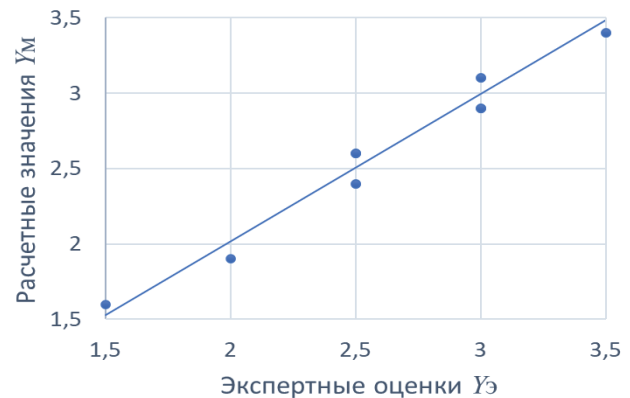


Рисунок 2 – Оценка корреляции значений Y , полученных от эксперта, и рассчитанных по модели (1)

Анализ чувствительности синтезированной модели к взаимодействиям факторов третьего порядка показал, что значимые коэффициенты при соответствующих членах имеют разные знаки. Это подтверждает сложный характер влияния переменных ФП, который необходимо учитывать эксперту. Полученные результаты свидетельствуют о том, что в данной ПрО высокая неопределённость среды, вызванная совместным воздействием трёх и более факторов, может приводить как к снижению, так и к росту сложности архитектуры ИУС.

4 Алгоритм выбора архитектуры информационно-управляющей системы

Для оценки адекватности полинома (1) выполнено сравнение рассчитанных значений Y_M с реальными запросами Организации, которая оценивает текущее состояние ИУС и среды, а также планирует её модернизацию. Разработан алгоритм, отражающий основные этапы выбора целевой структуры модернизируемой ИУС (рисунок 3).

В таблице 4 представлены сравнительные данные по целям, задачам и предпосылкам модернизации существующей ИУС для промышленного ОХД, а также оценки расчётных значений Y_M и её типа. Полученные значения Y_M приведены к базовому диапазону $Y = \{1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5\}$ по правилам округления. Сравнительным анализом установлено, что описание целей и задач модернизации ИУС соответствует типу её расчётной по (1) структуры в трёх случаях. В варианте №3 выявленное несоответствие обусловлено тем, что при постановке задачи модернизации со стороны Организации были приняты «повышенные обязательства», достижение которых невозможно при заявленных предпосылках. Экспертные оценки предпосылок к выбору целевого ММС зачастую выходят за границы диапазонов,

принятых на этапе синтеза полинома (Таблица 1). Это подчёркивает высокие прогностические способности модели (1).

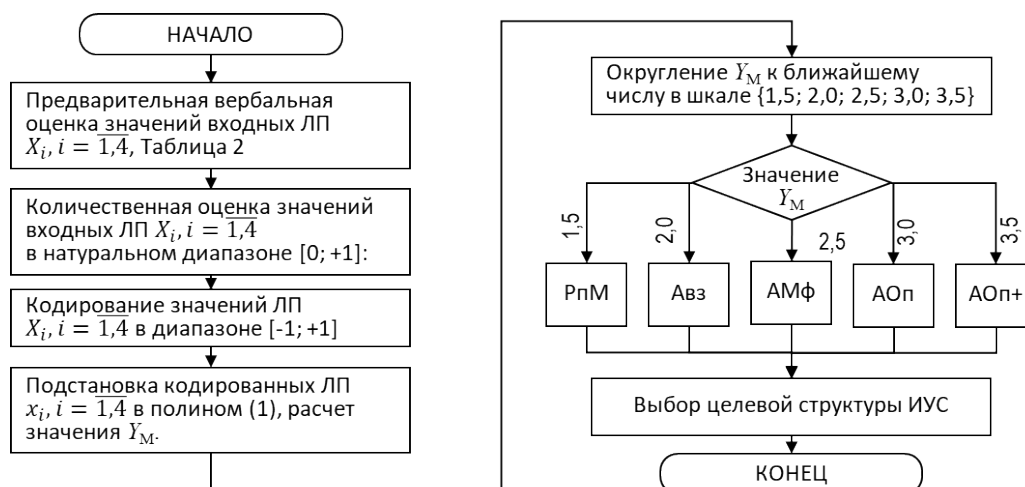


Рисунок 3 – Алгоритм выбора целевой структуры информационно-управляющей системы

Таблица 4 – Сравнительная оценка расчётных значений целевых структур информационно-управляющей системы

№ пп	Описание целей и задач модернизации ИУС	Предпосылки, экспертная оценка, ед.отн.				Структура расчётная		Соответствие
		X_1	X_2	X_3	X_4	Y_M	Тип	
1	Организацию устраивает качество управления на уровне $L2$, цель модернизировать АСУТП отсутствует, незначительные изменения вносятся силами местных специалистов	0,1	0,1	0,2	0,3	2,0	Авз	да
2	Организацию не устраивает ручное качество управления на уровне $L2$, планируется создание более сложной управляющей «надстройки» типа СУУТП ($L2+$)	0,9	0,1	0,6	0,3	2,5	АМф	да
3	Организацию не устраивает ручное качество управления на уровне $L2$, планируется создание более сложной управляющей «надстройки», позволяющей автоматически вести технологический процесс по бизнес-критерию ($L3+$)	0,8	0,1	0,8	0,3	2,5	АМф	нет
4	Организация комплексно повышает эффективность производства путём создания системы типа ГДО (уровень $L3$), позволяющей автоматически вести технологический процесс по бизнес-критерию	0,4	0,6	0,6	0,6	3,0	АОп	да

Заключение

Представлена модель, формализующая процесс синтеза ММС ИУС и включающая концепты, отражающие воздействие и характеристики внутренней и внешней среды. Отмечена необходимость расширения используемого МАО путём интеграции методик выявления знаний экспертов.

Для выбора целевого ММС ИУС предложено МАО, сочетающее онтологическое моделирование для представления априорной информации о ПрО в виде концептов и связей, и

НВП для количественной верификации неявных закономерностей. Работоспособность МАО показана на примере синтеза многофакторной аналитической полиномиальной модели.

Отмечена чувствительность разработанной модели (полинома) к изменению входных факторов, что важно для проактивного выбора целевого ММС. Чувствительность обеспечивается за счёт большого числа нелинейных членов в структуре модели.

Список источников

- [1] **Кимяев И.Т.** Онтологический нечётко-возможностный подход к созданию модели управления печью пиролиза. *Онтология проектирования*. 2023. Т.13, №1. С.139–149. DOI: 10.18287/2223-9537-2023-13-1-139-149.
- [2] **Соколов Б.В., Юсупов Р.М.** Полимодельное описание и анализ структурной динамики систем управления космическими средствами. *Труды СПИИРАН*. 2010. Т.15, №4. С.7–52.
- [3] **Кимяев И.Т., Соколов Б.В.** Методология обеспечения жизнеспособности сложного объекта на основе управления его структурной динамикой. *Мехатроника, автоматизация, управление*. 2024. Т.25, №4. С.167–176. DOI: 10.17587/mau.25.167-176.
- [4] **Микони С.В., Соколов Б.В.** Жизнеспособность как обобщённая характеристика свойств технической системы. *Онтология проектирования*. 2026. Т.16, №1(59). С.14–24. DOI: 10.18287/2223-9537-2026-16-1-14-24.
- [5] **Monteban J.** Measuring Architectural Complexity: Quantifying Objective and Subjective Complexity in Enterprise Architecture: Master's Thesis. Enschede, The Netherlands: University of Twente, 2018. 123 p.
- [6] **Kimyaev I., Spesivtsev A., Spesivtsev V., Shilov N.** (2025). Contribution of Fuzzy-Possibility Approach to Assessing the Complexity Level of IT-Systems Design. In: Dassisti, M., Madani, K., Panetto, H. (eds) Innovative Intelligent Industrial Production and Logistics. IN4PL 2024. Communications in Computer and Information Science, vol 2373. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-031-80775-6_18.
- [7] **Sanchez C.C., Capilla R., Staron M.** Estimating the complexity of architectural design decision networks. *IEEE Access*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2020. V.8. P.168558–168575. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3023608.
- [8] ANSI/ISA-95.00.01-2010 (IEC 62264-1 Mod). Enterprise-Control System Integration - Part 1: Models and Terminology.
- [9] ГОСТ Р ИСО 15746-1-2016. Интеграция возможностей усовершенствованного управления технологическими процессами и оптимизации для производственных систем. Часть 1. Структура и функциональная модель. 2016.
- [10] **Павлов А.Н.** Методологические основы решения проблемы планирования структурно-функциональной реконфигурации сложных объектов. *Известия ВУЗов. Приборостроение*. 2012. Т.55(11). С.7-12 с.
- [11] **Игнатьев М.Б.** и др. Моделирование слабо формализованных систем на основе явных и неявных экспертных знаний. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕЕСС, 2018. 501 с.
- [12] **Микони С.В.** О качестве онтологических моделей. *Онтология проектирования*. 2017. Т.7, №3(25). С.347-360. DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-3-347-360.
- [13] **Спесивцев А.В.** Нечётко-возможностный подход к формализации и использованию экспертных знаний для оценивания состояний сложных объектов. *Изв. вузов. Приборостроение*. 2020. Т.63, №11. С.985–994. DOI 10.17586/0021-3454-2020-63-11-985-994.
- [14] **Дайманд И.Н., Спесивцев А.В.** Семантические сети на базовой онтологии. *Сб. докладов. XVI Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям SCM-2013*. Т.1. СПб.: Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. С. 76–81.

Сведения об авторе

Кимяев Игорь Тимофеевич, 1972 г. рождения. Окончил Норильский индустриальный институт в 1996 г., аспирантуру Московского института стали и сплавов (2001), к.т.н. Инженер-исследователь в области автоматизации технологических процессов и производств. В списке научных трудов более 40 работ в области управления сложными производственными объектами. ORCID: 0000-0002-5362-4445. AvtorID (Scopus):6506525736 igor95a@mail.ru.



Поступила в редакцию 30.04.2026, после рецензирования 9.07.2026. Принята к публикации 19.08.2026.



Ontology-based modeling of information and control system architecture

© 2026, I.T. Kimyaev

LLC NornickeL Sputnik, Moscow, Russia

Federal State Budgetary Institution of Science (SPC RAS), St. Petersburg, Russia

Abstract

This article explores methodological approaches to ensuring the viability of business entities by maintaining the alignment of information and control system architecture with the production management tasks being addressed. The proposed approach involves the synthesis of management decisions concerning the reconfiguration of the information and control system in order to compensate for external and internal environmental impacts under conditions of uncertainty. The synthesized decision-making mechanism will enable the development of an information and control system architecture capable of processing the existing information flows of business entities and maintaining their viability. Standard ontology modeling notations are used to formally describe the semantic relationships between concepts, while expert knowledge of a specific subject area is employed to assess the quantitative characteristics of the identified relationships.

Keywords: decision making, information and control system, ontology-based modeling, fuzzy-possibility approach, viability.

Citation: Kimyaev I.T. Ontology-based modeling of information and control system architecture [In Russian]. *Ontology of Designing*. 2026; 16(3): 428-437. DOI: 10.18287/2223-9537-2026-16-3-428-437.

Financial Support: The work was supported by the State Assignment for 2025 No. FFZF-2025-0020 of the St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (SPb FRC RAS).

Conflict of Interest: The author declares no conflict of interest.

List of figures and tables

Figure 1 – Ontology for the synthesis of the target information and control system architecture

Figure 2 – Correlation assessment of the Y values obtained from an expert and those calculated using the model (1)

Figure 3 – Algorithm for selecting the target structure of the information and control system

Table 1 – Linguistic variables of the factor space for selecting the target structure of the information and control system

Table 2 – Terms of the linguistic variables

Table 3 – Fragment of the survey matrix with expert assessments and values calculated using the model

Table 4 – Comparative assessment of the calculated values for the target structures of the information and control system

References

- [1] **Kimyaev I.T.** Ontological fuzzy-possibility approach to creating a pyrolysis furnace control model [In Russian]. *Ontology of designing*. 2023; 13(1): 139-149. DOI: 10.18287/2223-9537-2023-13-1-139-149.
- [2] **Sokolov BV, Yusupov RM.** Multiple model description and structure dynamics analysis of space-facilities control systems [In Russian]. *Proceedings of SPIIRAS*. 2010; 15(4): 7–52.
- [3] **Kimyaev I.T, Sokolov BV.** Methodology for ensuring the viability for a complex object based on controlling its structural dynamics [In Russian]. *Mechatronics, Automation, Control*. 2024; 25(4): 167–176. DOI: 10.17587/mau.25.167-176.
- [4] **Mikoni SV, Sokolov BV.** Viability as a generalized characteristic of the properties of a technical system [In Russian]. *Ontology of Designing*. 2026; 16(1): 14–24. DOI: 10.18287/2223-9537-2026-16-1-14-24.
- [5] **Monteban J.** Measuring Architectural Complexity: Quantifying Objective and Subjective Complexity in Enterprise Architecture: Master's Thesis. Enschede, The Netherlands: University of Twente, 2018. 123 p.

-
- [6] **Kimyaev I, Spesivtsev A, Spesivtsev V, Shilov N.** Contribution of Fuzzy-Possibility Approach to Assessing the Complexity Level of IT-Systems Design. In: Dassisti, M., Madani, K., Panetto, H. (eds) Innovative Intelligent Industrial Production and Logistics. IN4PL 2024. Communications in Computer and Information Science, 2025; 2373. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-031-80775-6_18.
 - [7] **Sanchez CC, Capilla R, Staron M.** Estimating the complexity of architectural design decision networks. *IEEE Access*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2020; 8: 168558–168575. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3023608.
 - [8] ANSI/ISA-95.00.01-2010 (IEC 62264-1 Mod). Enterprise-Control System Integration - Part 1: Models and Terminology.
 - [9] GOST R ISO 15746-1-2016. Integration of advanced process control and optimization capabilities for manufacturing systems. Part 1. Framework and functional model. [In Russian]. 2016.
 - [10] **Pavlov AN.** Methodological foundations for solving the problem of planning structural and functional reconfiguration of complex objects [In Russian]. *News of Higher Education Institutions. Instrument Engineering*. 2012; 55(11): 7-12.
 - [11] **Ignatyev MB.** et al. Modeling of weakly formalized systems based on explicit and implicit expert knowledge [In Russian]. St. Petersburg: POLYTECH-PRESS, 2018. 501 p.
 - [12] **Mikoni SV.** On the quality of ontological models [In Russian]. *Ontology of Designing*. 2017; 7(3): 347-360. DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-3-347-360.
 - [13] **Spesivtsev AV.** Fuzzy-probabilistic approach to formalizing and using expert knowledge to evaluate complex objects states [In Russian]. *Izv. vuzov. Priborostroenie*. 2020; 63(11): 985–994. DOI 10.17586/0021-3454-2020-63-11-985-994.
 - [14] **Daimand IN, Spesivtsev AV.** Semantic networks based on a foundational ontology [In Russian]. *Proceedings. XVI International Conference on Soft Computing and Measurements SCM-2013*. St. Petersburg: Publishing House of SPbGETU "LETI", 2013. Vol.1. P.76–81.
-

About the author

Igor Timofeevich Kimyaev, (b. 1972) graduated from Norilsk Industrial Institute (NII) in 1996 and completed his post-graduate studies at the Moscow Institute of Steel and Alloys in 2001. He holds a Candidate of Technical Sciences degree. He is a research engineer specializing in the automation of technological processes and production systems. His publication record includes more than 40 scientific works in the field of complex industrial system control. ORCID: 0000-0002-5362-4445. (Scopus):6506525736. *igor95a@mail.ru*.

Received April 30, 2026. Revised July 7, 2026. Accepted August 19, 2026.
