

И. Т. КИМЯЕВ  
ООО «Норникель – Спутник», Москва  
А. Ю. БАРАНОВ  
Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук,  
Санкт-Петербург

## СИНТЕЗ МОДЕЛЕЙ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ СЛОЖНЫМИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ОБЪЕКТАМИ НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО И НЕЧЕТКО-ВОЗМОЖНОСТНОГО ПОДХОДОВ

*Современные интегрированные системы контроля и управления субъектами производственно-хозяйственной деятельности имеют существенную сложность, при этом требуют при принятии и выполнении управленческих решений деятельного участия со стороны человека-оператора экспертного уровня. Идентификация роли оператора-эксперта в управленческой иерархии и выбор способа описания его знаний в части выбора управленческих решений является актуальной задачей.*

**Введение.** Любая производственная компания как объект хозяйственной деятельности (ОХД) на сегодняшний день представляет собой иерархический комплекс функциональных производственных доменов и технологических подсистем, которые увязаны вертикальными и горизонтальными материальными, энергетическими, финансовыми и др. потоками со множеством обратных связей. Поддержание компаний в конкурентном состоянии и способном производить товарную продукцию помогают интегрированные управляющие системы (ИУС), имеющими сложную внутреннюю структуру.

При создании ИУС высокой сложности при любом концептуальном подходе необходимо стремиться синтезировать полную многоуровневую функциональную и кибернетическую сложность комплекса ОХД ↔ ИУС всеми доступными инструментами моделирования и в пределах разумных затрат. В настоящее время это обуславливает привлечение в ключевых точках производственных доменов и технологических линий к принятию управленческих решений творческих и когнитивных способностей специалиста соответствующей квалификацией, т.н. лица, принимающего решение (ЛПР).

Практика показывает, что ЛПР наибольшее участие в работе ИУС принимают на тех участках и для тех подсистем, которые характеризуются существенной неопределенностью текущего и целевого статуса. Такой подход обусловлен слабой формализацией предметной области, неполнотой и дефицитом исходных данных, многокритериальностью и противоречивостью целей управления, а также переизбытком возможных вариантов для принятия решений («проклятие размерности»).

Тем не менее, уже около 30 лет для представления иерархической ИУС для ОХД используется комплект широко известных международных стандартов семейства ISA-88/95 [7]. На рис. 1 представлена рекомендованная данными стандартами обобщенная (типовая) структура многоуровневых ИУС, на которой, кроме типовых укрупненных функциональных подсистем, представлены точки и приблизительная оценка степени участия ЛПР в решениях задач управления для крупного ОХД.

Структура ИУС на рис. 1 в целом совпадает с описанием иерархических систем управления от различных исследователей [1, 2, 5, 6, 9, 11]. Данное совпадение предполагает, что орган управления наиболее высокого ранга (L5) имеет генеральную цель (максимальная прибыль, наилучшая энергоэффективность и пр.) и ставит задачи органам управления более низкого уровня (L4), которые, в свою очередь, ставят задачи органам управления ещё более низкого уровня (L3 и ниже). Фактически, в иерархической ИУС для ОХД происходит ниспадающая декомпозиция генеральной цели на последовательность целей и задач. По мере их решения задач управления на каждом уровне достигается и сама генеральная цель.

Особенностями рассмотренного стандартизованного подхода [7] является его сугубая прикладная направленность, которая выражается в том, что:

- a. управленческие слои «привязаны» к двум общепринятым типам технологий: Операционные технологии (ОТ) и Информационные технологии (ИТ);
- b. критерием декомпозиции задач каждого слоя является время дискретизации при принятии управленческих решений.

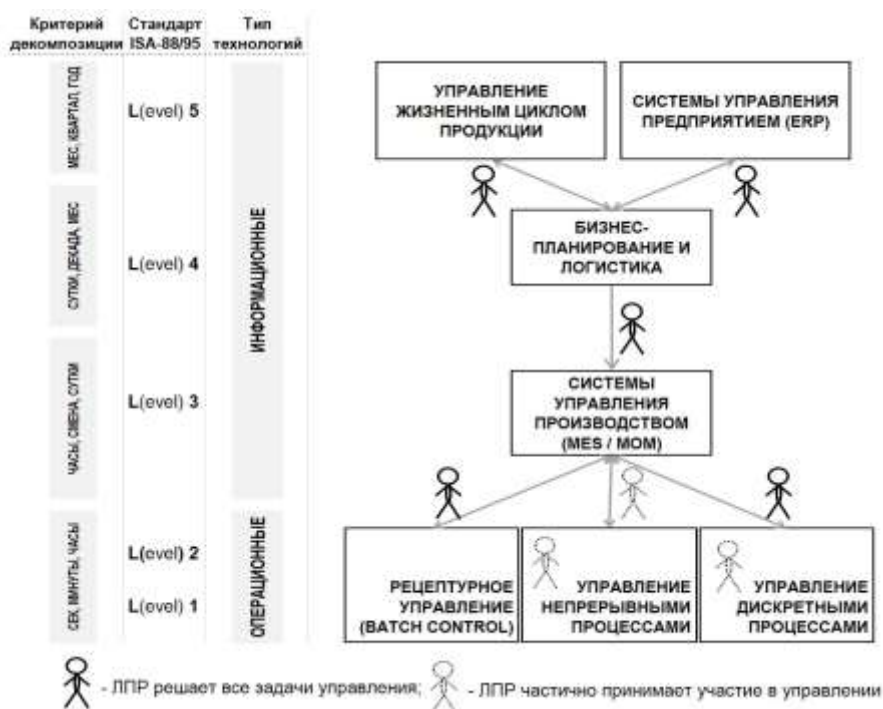


Рис. 1. Структура ИТ/ОТ для ИУС крупного иерархического ОХД

На рис. 1 также показано, что для реального ОХД достижение генеральной цели делегировано не только инструментам существующих ОТ/ИТ, но и ЛПР, которые задачи управления для каждой отдельной производственно-технологической ситуации решают эвристическим способом на основе, например, актуальных предметно-ориентированных онтологических моделей (ОМ) [9, 12].

Однако на сегодняшний день отсутствуют систематизированные, и тем более стандартизированные, подходы к обоснованию и локализации ЛПР внутри ИУС как консолидированной функции с соответствующими полномочиями. Отсутствуют также подходы и правила к выявлению всей полноты структурированных знаний для управления конкретной предметной областью (подсистемой) внутри ОХД.

Задача выявления и формализации эвристических правил выбора корректных и эффективных управленческих решений, используемых наиболее подготовленными специалистами-экспертами, становится весьма актуальной. Данная актуальность существенно возрастает с повышением риска выхода ИУС из работоспособного состояния из-за нехватки квалифицированных ЛПР как «интеллектуальных информационно-диагностических систем» (ИИДС) [19], например, по причине естественной ротации производственного персонала.

Настоящая работа обосновывает целесообразность включения ЛПР в качестве функциональных единиц в стандартизированные структуры ИУС, а также возможность их полной или частичной замены путем использование метода представления их знаний и опыта «семантическими сетями на базовой онтологии» с последующим построением математических моделей нечетко-возможностного подхода (НВП) [20, 21].

**Иерархическая производственная система ОХД как эффективный жизнеспособный объект управления.** Как отметили выше, производящие товарную продукцию современные ОХД по внутренней структуре очень сложны, и включают в себя: множество объединенных в сравнительно самодостаточные технологических установок (ТУ) в составе производственных доменов (отделений); специализированные организационные административные структуры; локальные технические систем по обеспечению работы ТУ и доменов в целом и пр.

Ряд исследователей [1, 2, 3] для сложного ОХД предлагают представлять любую структуру принятия управленческих решений в виде иерархии. На каждом уровне подобной управленческой иерархии формируются функциональные производственные, финансовые и др. планы и задания по распределению ресурсов, комплектации оборудования, выбору режимов работы и пр. Активности внутри уровней такой иерархии по обмену информационными и управляющими потоками формируют соответствующие органы управления.

В периметре ОХД транслирование управленческих функций от одного слоя/страты или подсистемы к другому (чаще всего – «сверху – вниз») обеспечивают ЛПР со специальными навыками и квалификацией. При этом ключевой особенностью подобного человеко-машинного комплекса становится способность выполнять целенаправленные манипуляции над работающей по малопонятным для ЛПР законам подсистемой (например, ТУ), которые при этом приводят к запланированному результату.

Ограничения, которые накладываются на активности внутри уровней иерархии:

- а) формирование планов и заданий и их операционное исполнение строго синхронизированы между уровнями иерархии;
- б) внутренняя жизнедеятельность ОХД сбалансирована по ресурсам, т. е. не формируются не обеспеченные ресурсами задания;
- с) с внешней средой ОХД производит взаимовыгодный и сбалансированный обмен, т. е. продукции производится столько, чтобы взамен получить достаточное количество ресурсов, необходимых для своего дальнейшего функционирования (финансовых, материальных, трудовых и пр.).

Известный кибернетик-исследователь С. Бир [4] предложил иерархические ОХД рассматривать как аналог живого организма, а действия и процедуры по управлению им (фактически - организации её жизнедеятельности) – по аналогии с отдельными функциями живого организма с несколькими выделенными зонами ответственности.

Способность ОХД адаптироваться к изменениям внешней среды при сохранении способности к решению целевых для ОХД задач, определена как «жизнеспособность» (ЖС). На рис. 2 представлена т. н. «модель жизнеспособной системы» (МЖС), которая, по С. Бире, является основной концептуальной абстракцией управления, и представляется набором операций по целенаправленному обеспечению его жизнеспособности путем приближения комплекса ОХД ↔ ИУС к эталонной МЖС.

С. Бир также подчеркивает, что скудная информация о механизмах работы «поднадзорной» производственной или технологической подсистемы (является практически «черным ящиком» – ЧЯ) не является помехой для поддержания ее в «жизнеспособном» статусе. Это связано с тем, что статус ЧЯ для данной подсистема не означает отсутствия «в принципе» исчерпывающих знаний (фактически – онтологий) о способах получения от неё вещественных результатов. Так, работоспособность (управление) каждой отдельной подсистемы ОХД обеспечивают сформулированные по принципу «вход – выход» правила и наставления, совокупность которых можно отнести к предметному контекстно-зависимому метаязыку (МЯ). В реальности МЯ представляет собой предметно-ориентированную онтологическую модель (ОМ), которая более или менее структурированно представлена в формате Технологических Регламентов и инструкций. Кроме того, МЯ содержит правила для постановки целей, реализации типовых производственных операций (ТПО) при актуальных физических и производственных и прочих ограничениях.

Практика применения предусмотренных ОМ правил и наставлений к каждому конкретному производственно-технологическому случаю практически всегда возложено на ЛПР, который их выполняет по своему усмотрению, полагаясь на свой опыт и интуицию, посредством решающих «эвристических правил-оповещений». Место и точки приложения «эвристических оповещений» в структуре МЖС приведены на рис. 2.

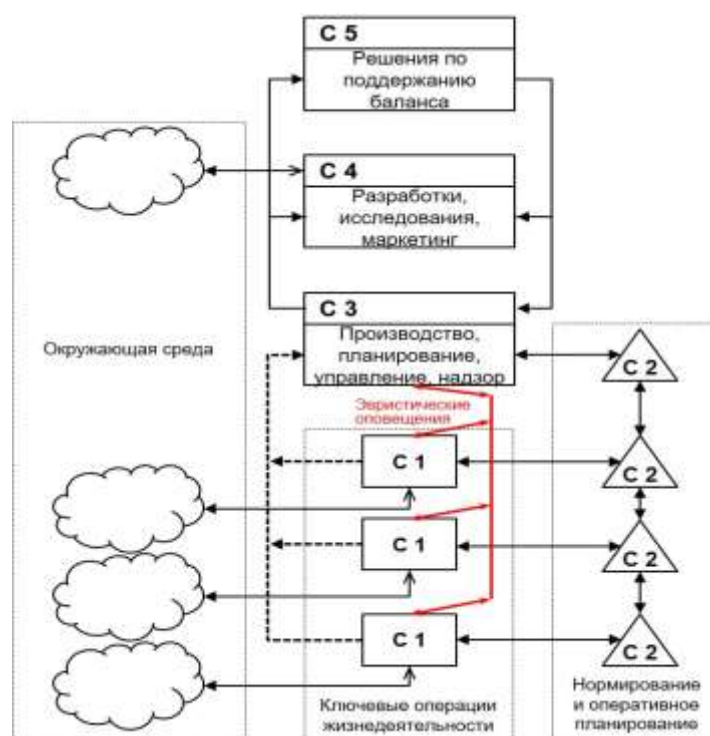


Рис. 2. Обобщенное кибернетическое представление основных функций МЖС

Таким образом, при текущем уровне развития теории и практики управления сложными ОХД решать объективно существующие проблемы межуровневой координации и управления для поддержания его в продуктивно-жизнеспособном состоянии возможно лишь путем применения комплекса формализованных предметно-ориентированных ОМ, которыми владеют эксперты – ЛПР.

**Стандартизованная иерархия ИУС как функциональный эквивалент модели жизнеспособной системы.** Для оценки пригодности предложенных в [4] требований к МЖС с включенными эвристическими ОМ к синтезу структуры ИУС по стандартам [7], рассмотрим функциональную и идеологическую эквивалентность обоих подходов.

Поскольку авторам не удалось найти прямых обоюдных ссылок и заимствований между двумя подходами, ниже (таблица), представлены логически и функционально сопоставимые уровни МЖС (C1...5) и иерархии ИУС для ОХД (Level 1...5).

Таблица

Сравнение функциональных характеристик уровней МЖС и стандартизованной ИУС

Иерархия МЖС по С. Биру		Иерархия по ISA-88/95	
Подсистема	Функция МЖС	Функция ИУС	Уровень иерархии
C1	Реализация нескольких ключевых для основной деятельности ОХД функций. Каждая локальная C1 является жизнеспособной, имеет рекурсивный характер	Локальное управление отдельными (несколькими) ТУ и агрегатами	Level 1, 2
C2	Каналы и органы для обеспечения обмена информацией для общения между собой нескольких C1 и вышестоящей C3 по контролю и координации деятельности нижестоящих C1	Промышленные и локальные сети передачи данных, формирование и ведение общей для L2, L4, L5 базы данных технологических параметров	Level 3
C3	Формирование правил по ресурсному обеспечению, ограничениям работы C1, а также взаимодействию с C4, C5	Базовый план производства (правила), использования материалов, обязанности (уставки) подсистем на L2	Level 4

Иерархия МЖС по С. Биру		Иерархия по ISA-88/95	
Подсистема	Функция МЖС	Функция ИУС	Уровень иерархии
C4	Отслеживает изменения в окружающей среде с целью формирования для ОХД способов адаптации к ним для сохранения жизнеспособности	Коммерция во внешней среде, сбор информации об актуальных / прогнозных ценах, потребностях рынка, к которым нужно приспособиться	Level 5
C5	Формирует политические решения в рамках ОХД в целом, чтобы сбалансировать потребности и запросы её различных частей и управлять в целом	Формирование бизнес-планов по инвестициям, долго-среднесрочным объемам производства, ценовая политика и пр.	-

Если сопоставить реализуемые в рамках концепции МЖС функции с аналогичными, но реализуемыми стандартизированной ИУС, очевидна их эквивалентность, кроме C5. Выявленная эквивалентность двух подходов к описанию ИУС говорит об их глубокой онтологической близости. Выявленная близость подходов позволяет говорить о целесообразности для спроектированных по стандартам [7] ОТ/ИТ разрабатывать и встраивать в контуры управления ОМ с набором эвристических правил для управления конкретной ОХД.

Другими словами, широчайшее использование в составе ОТ/ИТ разнообразных математических и программно-технических инструментов не отменяет существенной роли ЛПР в принятии множества эффективных управленческих решений по обеспечению сквозной работы- и жизнеспособности ОХД. При этом, в условиях многокритериальности, ресурсно-временных ограничений, неполноты информации о текущей ситуации и перспективах ее развития, ЛПР – единственное функциональное звено с возможностями и правом корректного и рационального выбора [8].

Тем не менее, активное участие ЛПР в управлении реальными ОХД не значит единожды и окончательно закреплена их роли в составе ИУС. По мере совершенствования математических методик построения моделей компонентов ОДХ (фактически – их «просветления» от состояния ЧЯ), формализации знаний ЛПР (эксперта) и правил принятия управленческих решений, его роль и функции будут существенно трансформироваться. Как пример [3] такой трансформации можно рассмотреть выведение ЛПР из контр оперативного управления сложной технологической установкой за счет создания функционально эквивалентной системы управления с использованием матмоделей на явных и неявных экспертных знаниях.

**ЛПР как субъект принятия эвристических решений в иерархии ИУС.** Современные кибернетические подходы к моделированию процессов физического мира, включая процессы хозяйственной деятельности человека, предполагают использование разнообразного математического аппарата [3, 5, 6, 9]. Данные подходы позволяют успешно создавать т. н. «цифровые двойники», и на их базе – компоненты ИУС высочайшей сложности.

Вместе с тем, даже выполненные по современным стандартам сложнейшие компоненты ИУС нуждаются в ИИДС, как минимум, для эффективной координации своих действий, которое может обеспечить только прямое участие ЛПР.

ЛПР как ИИДС, при исполнении координационно-управленческих функций, оперирует актуальной (предметной) для своей роли ОМ, в лучшем случае, в формализованном виде ТПО для конкретной подсистемы ОХД.

Работоспособную, корректно работающую и построенную на положениях действующих ТПО предметную ОМ [9, 10, 11, 14, 16, 17], можно представить в виде:

$$O = \langle C, R, F \rangle \quad (1)$$

где  $C$  – конечное множество концептов (понятий) ИУС, описываемой в ТПО;  $R$  – конечное множество отношений между концептами (понятиями)  $C$ ;  $F$  – конечное множество функций интерпретизации (аксиоматизации), заданных на концептах и/или отношениях онтологии  $O$ .

В [12, 13, 14, 15] показан один из работоспособных способов построения предметной ограниченной онтологии для решения локальных задач, который можно применить для разделения онтологии  $O$  на множества сущностей, отображений, задач и решений, а также для идентификаций функций аксиоматизации множества  $F$ .

Построение множества  $F$  при синтезе ОМ реально существующей управляющей человеко-машинной подсистемы в составе ИУС является наиболее ответственным и сложным, поскольку его даже далеко не исчерпывающий состав, например, в виде вербального описания, может быть неполным и противоречивым.

В дополнение к методу создания ОМ [12] для построения множества  $F$  можно использовать НВП [3, 12], который предполагает синтез функции принятия решений в нечетко-множественном виде на базе явных и неявных экспертных данных.

На уровне концептуального описания обобщенная структура и содержание решаемых задач, связанных с разработкой моделей и методов извлечения, представления, формализации и структуризации явных и неявных экспертных знаний для оценивания состояния ИУС или ее подсистем, могут быть представлены в следующем виде [3, 13, 14]:

$$\langle X, \Phi_Z, E_{np}^Z, F_Z, M_Z, MZ^3(q, t, \mu), Z_{np}^3(q, t, \mu); Z_{сопp}^3(q, t, \mu); K; \frac{Y}{E} \rangle \quad (2)$$

где  $X$  – множество состояний ИУС, которые в ходе распознавания должны быть отнесены к одному из определенных классов  $Y/E$ ;  $\Phi_Z$  – множество методов извлечения знаний;  $E_{np}^Z$  – множество методов представления знаний;  $F_Z$  – множество методов и алгоритмов формализации знаний;  $M_Z$  – множество условий, необходимых для выполнения всех операций при построении моделей;  $MZ^3(q, t, \mu)$  – множество метазнаний, общая эрудиция, явные и неявные экспертные знания, умение ориентироваться в сложной обстановке;  $Z_{np}^3(q, t, \mu)$  – множество профессиональных знаний, состоящих в умении эксперта разобраться в проблеме, провести постановку задачи, неявные знания, навыки, опыт, интуиция;  $Z_{сопp}^3(q, t, \mu)$  – множество знаний в сопредельных предметных областях применительно к профессии;  $Y$  – вычисленная обобщенная оценка состояния ИУС, позволяющая отнести его к одному из выбранных классов состояний;  $K$  – множество критериев оценивания качества моделей;  $Y/E$  – множество классов состояния ИУС, к одному из которых следует отнести результат его оценивания.

Для формирования ФПР, представляющего последовательность взаимосвязанных процессов извлечения, а также представления и формализации явных и неявных экспертных знаний, на рис. 3 предложена коммутативная схема.

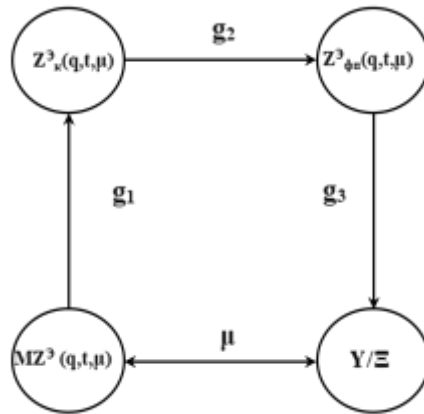


Рис. 3. Коммутативная схема процессов извлечения, представления и формализации явных и неявных экспертных метазнаний

Раскрытие неопределенности состояния ИУС на основе явных и неявных экспертных знаний позволяет конструктивно сформировать следующее отображение:

$$\mu: T \times U \times Y \rightarrow Y/E \quad (3)$$

где  $T$  – множество моментов времени  $t$ , в которые наблюдается объект;  $U, Y$  – множества входных  $U$  и выходных  $Y$  воздействий соответственно;  $Y/E$  – фактор-множество состояний ИУС.

При этом само отображение  $\mu$  может быть представлено композицией отображений:

$$\mu = g_1 \circ g_2 \circ g_3, \quad (4)$$

где  $g_1$  – извлечение множества характеристик (параметров) состояния конкретного ИУС  $Z_k^\exists(q, t, \mu)$  из метазнаний  $MZ^\exists(q, t, \mu)$  эксперта, включающих профессиональные явные  $Z_{np}^\exists(q, t, \mu)$  знания, состоящие в умении эксперта разобраться в проблеме, провести постановку задачи, неявные знания  $Z_n^\exists(q, t, \mu)$ , навыки, опыт, интуиция, а также знания в сопредельных предметных областях  $Z_{comp}^\exists(q, t, \mu)$ ;  $g_2$  – представление характеристик  $Z_k^\exists(q, t, \mu)$  в виде лингвистических переменных и формирование факторного пространства  $Z_{fn}^\exists(q, t, \mu)$ , в котором эксперт принимает решение о состоянии ИУС для конкретной задачи;  $g_3$  – формализация явных и неявных экспертных знаний. При этом  $g_3$  предусматривает построение моделей формализованного представления явных и неявных экспертных знаний о состоянии ИУС, в том числе, например, в виде полиномиального выражения с использованием методов теории планированного эксперимента на множестве нечетких продукционных правил факторного пространства  $Z_{fn}^\exists(q, t, \mu)$  с диагностированием на фактор-множестве  $Y/E$  классов состояний ИУС, элементы которого в ходе распознавания должны быть отнесены к одному из множества классов  $Y/E$ .

Таким образом, можно утверждать, что при решении управленческой задачи ЛПР в реальном времени квалифицированно и достоверно оценивает текущую ситуацию, и принимает эффективное решение. Однако чтобы обеспечить входящим в ИУС управляющим/координирующим подсистемам сопоставимую с ЛПР эффективность, вербальные экспертные знания для синтеза ОМ должны быть представлены аналитическим выражением. С этой целью разработан НВП, позволяющий последовательно выполнить процедуры извлечения, представления и формализации знаний ЛПР, как показано на рис. 3 [3].

**Заключение.** Предложены к рассмотрению два концептуальных подхода к построению управляющих структур сложным ОХД: первый представляет стандартизованное представление ОХД как техногенной иерархии, на каждом уровне которой формируются и решаются производственные, технологические, финансовые и пр. планы и задачи, второй – предлагает рассматривать иерархические ОХД как аналог живого организма с выделением зон ответственности для обеспечения его жизнеспособности при изменении условий внешней среды стороны.

Проведенное исследование показало функциональную и идеологическую эквивалентность обоих подходов, несмотря на использование каждым из них собственных описательно-онтологических особенностей, создающих впечатление об их «мнимом расхождении». При этом оба подхода предполагают всестороннее участие ЛПР в обеспечении жизнеспособности и жизнедеятельности ОХД, что обуславливает необходимость методики синтеза предметно-ориентированных онтологий в виде правил формирования эвристик на основе знаний человека-эксперта.

Показано, что при управлении сложным ОХД в реальном времени и в условиях существенной неопределенности, ЛПР – единственный субъект, который выступает как «интеллектуальная информационно-диагностическая система» [19], имеющий возможность и право принять корректное и рациональное решение.

Столь высокая значимость ЛПР следует из особенностей человеческого интеллекта. Известно, интеллектуальная деятельность человека в решении трудноформализуемых задач с нечеткой или неточной исходной информацией, превосходит по эффективности любые вычислительные средства. Такое свойство человека-эксперта как ЛПР, способствует борьбе со сложностью построения управленческих структур сложным ОХД путем использования в своей профессиональной области его опыта и знаний. По существу, восстановленные в виде полиномиальной модели знания эксперта обладают уникальным свойством: независимостью от ретроспективных статистических данных и прогнозируемых фактических экспериментальных данных. Это преимущество дает возможность обходить методологические сложности традиционных математических методов, вытекающих из особенностей их применения.

Показана возможность формализации вербальных экспертных знаний аналитическими моделями на базе разрабатываемого авторами нечетко-возможностного подхода в целом. Одно из основных преимуществ предлагаемого подхода состоит в наглядности, использовании только

необходимых знаний и опыта эксперта на его профессиональном языке без вовлечения в специфичный язык современной математики.

С целью полноценной увязки предложенных подходов к построению ИУС сложными ОХД, включая возможность встраивания в них эвристических правил, необходима дополнительная оценка их онтологического соответствия и близости, что будет являться предметом дальнейших исследований.

*Исследования, выполненные по данной тематике, проводились при частичной финансовой поддержке в рамках бюджетной темы FFZF-2022-0004.*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Mesarovich M.D., Macko D., Takahara Y. Theory of hierarchical, multilevel, systems. Academic press, NY and London (1970).
2. Pospelov G.S. Introduction to the Theory of System Planning and Management. Lectures / Ministry of Higher and Special Education RSFSR. MFTI, Moscow (1974)
3. Spesivtsev A.V. Kimyaev I.T. Advanced processes control (APC) for complex technological objects on the fuzzy logic rules based modeling and analysis of safety and risk in complex systems International Scientific Conference Proceedings June 23–25, Saint Petersburg, Russia (2020).
4. Beer S. Brain of the firm. 2-nd edn. John Wiley&sons Ltd, Manchester (1981).
5. King M. Process Control. A practical approach. John Wiley&sons Ltd, Chichester (2011).
6. Vance VanDoren. Techniques for Adaptive Control. Elsevier Science, Amsterdam (2002), 275p.
7. ANSI/ISA-95.00.01-2010 (IEC 62264-1 Mod) Enterprise-Control System Integration – Part 1: Models and Terminology. (2010).
8. Herbert A. Simon. Rationality as Process and as Product of Thought. Richard T.Ely Lecture American Economic Review, May 1978, vol. 68, no.2, pp.1–16. American Economic Association (1978).
9. Mikoni V.S. Comprehensibility of the ontological model as a characteristic of its quality. Ontology of design, no.1, vol.11, pp. 20-34. (2021).
10. Allemang Dean, Jim Hendler, Fabien Gandon. SemanticWeb for theWorking Ontologist. Effective Modeling for Linked Data, RDFS, and OWL 495p ACM Books (2020).
11. Chrysostomos D. Stylios and Peter P. Groumpos. Modeling Complex Systems Using Fuzzy Cognitive Maps, IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics – part A: Systems and humans, vol. 34, no. 1, pp. 155-162, JANUARY (2004).
12. Dimand I.N., Spesivtsev A.V. Semantic Networks based on Ontology. XIV NTERNATIONAL CONFERENCE ON SOFT COMPUTING AND MEASUREMENTS. Vol.1, pp.76-81, 23-25 May Saint-Petersburg, Russia (2013)
13. Spesivtsev A.V. Fuzzy-possibility approach to Formalization and Usage of Expert Knowledge for assessment of Complex Objects. Instrument Engineering, vol.63 (11), pp. 985-994, (2020).
14. Ignatyev M.B., Marley V.E., Michaylov V.V., Spesivtsev A.V. Models for Weakly Formalized Systems Based on Explicit and Implicit Knowledge. POLITECH - EXPRESS., 430 p. St. Petersburg (2018).
15. Prokopchina S.V., Shestopalov M.Y., Utkin L.V., Kupriyanov M.S., Lazarev V.L., Imayev D.H., Gorokhov V.L., Zhuk Y.A., Spesivtsev A.V. Management under Uncertainty. Study. p.304. SPbGETU «LETI» Publ., St. Petersburg. (2014)
16. Tara A., Butean A., Zamfirescu C., Learney R. (2020) An Ontology Model for Interoperability and Multi-organization Data Exchange. In: Silhavy R. (eds) Artificial Intelligence and Bioinspired Computational Methods. CSOC 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol. 1225. Springer, Cham.
17. Al-Fedaghi S., Makdessi M. (2020) Modeling Business Process and Events. In: Silhavy R. (eds) Intelligent Algorithms in Software Engineering. CSOC 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1224. Springer, Cham.
18. **Спесивцев А.В., Домшенко Н.Г.** Эксперт как «интеллектуальная измерительно-диагностическая система». XIII Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям SCM: сб. докладов. 23-25 июля 2010, Санкт-Петербург: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2010. Т.2. С.28–34.
19. **Спесивцев А.В.** Нечетко-возможностный подход к формализации и использованию экспертных знаний для оценивания состояний сложных объектов. *Изв. вузов. Приборостроение*. 2020. т. 63, № 11. С. 985–994.

I.T.Kimyaev (LLC “Nornickel – Sputnik”, Moscow), A.Y.Baranov (St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences (SPIIRAS), St. Petersburg)

#### **Synthesis of decision-making models for the control of complex production business unit based on ontological and fuzzy-possibility approaches**

Modern integrated control and management systems for subjects of production and economic activity have a significant complexity, while they require active participation by an expert-level human operator when making and implementing managerial decisions. Identification of the operator-expert role in the management hierarchy and the choice of a way to describe his knowledge in terms of choosing management decisions is an urgent task.