

УДК 65.011.56

## МОДЕЛИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ И СТРУКТУРИРОВАНИЯ ЗНАНИЙ

Л.А. Тимашова, А.И. Морозова, В.А. Лещенко, Л.Ю. Таран

*Международный научно-учебный центр информационных технологий и систем  
НАН и МОН Украины*

*dep190@irtc.org.ua*

У роботі представлені моделі вилучення, структурування та подання знань для інтелектуальної системи управління машинобудівним підприємством.

*Ключові слова: машинобудівне підприємство, інтелектуальна система, знання, вилучення, структурування, подання, модель, застосування.*

The paper presents a model of extraction, structuring and representation of knowledge for intelligent control system by engineering companies

*Keywords: machine-building enterprise, the intelligent system, knowledge, extraction, structuring, representation, model, application.*

В работе представлены модели извлечения, структурирования и представления знаний для интеллектуальной системы управления машиностроительным предприятием.

*Ключевые слова: машиностроительное предприятие, интеллектуальная система, знания, извлечение, структурирование, представление, модель, применение.*

### Введение

Использование знаний с целью повышения эффективности своего функционирования и развития является актуальным для реальных объектов и систем [1, 2], в том числе и для промышленных предприятий [3, 4].

Создание таких систем и технологий тесно связано с использованием подходов и инструментальных средств искусственного интеллекта как направления, наиболее близко подошедшего к автоматизации творческих процессов, связанных с принятием решений и знаниями [5, 6, 7].

Одним из родоначальников искусственного интеллекта считается испанский философ, математик, поэт Раймонд Луллий [2]. В XIII веке он пытался создать машину для решения различных задач. Основа этой машины – всеобщая классификация понятий. Термин «Искусственный интеллект» появился в 1956 году в США. В английском языке словосочетание «Искусственный интеллект» – это «умение рассуждать разумно». Такое значение в этот термин первоначально вкладывали его создатели.

Общепризнанным является следующее понимание природы интеллекта. Человек познает мир посредством познавательных процессов: перцептивных – восприятие, сенсорных – ощущение, мнемических – процессы памяти, интеллектуальных – мышление [2, 5].

Картина мира, которую дают ощущения и восприятие, недостаточна для глубокого познания. Ощущения и восприятие дают внешнюю сторону предметов и явлений, но ничего не говорят об их сущности, т.е. не дают знания о предмете. Необходим переход от чувственного познания к познанию рациональному. Это достигается с помощью мышления – процесса, обеспечивающего познание сущности предметов и явлений. Именно мышление выводит нас на знание. В настоящее время работы по искусственному интеллекту ведутся по двум направлениям: изучение мозга (нейросети) и создание моделей мышления [6, 8].

Представление знаний как подход к решению задач искусственного интеллекта появился в рамках последнего направления.

Центральной задачей информационных технологий, работающих со знаниями, является формализация знаний. Преобразование знаний в объект обработки на компьютере – задача инженерии знаний, которая изучает методы и средства извлечения, структурирования, представления и использования знаний [2].

Модели работы со знаниями зависят от того, какие знания необходимо представить, кто (что) является источником этих знаний, какие методы и средства обеспечивают адекватное их представление в интеллектуальной системе, ориентированной на решение задач конкретной предметной области. Значительная зависимость от специфики предметных областей и наличие субъективного фактора при создании таких моделей делает необходимым проведение детального анализа существующих методов и технологий, выбора или разработки новых, которые бы наиболее полно учитывали эту специфику.

Представленные в данной статье модели ориентированы на использование в интеллектуальных системах управления машиностроительным предприятием. Сформированные на базе существующих теоретических и практических разработок [1–7], модели адаптированы к специфике промышленных предприятий. Предварительно были проведены исследования по использованию моделей для интеллектуализации решения задач различного класса (принятия решений [9, 10], ситуационного управления [11, 12, 13]), отдельных задач логистики [14, 15] и производства [16, 17]. Описание моделей дает ответы на уровне понимания на следующие вопросы:

- что значит построить модели извлечения, организации и представления знаний;
- что является входом для таких моделей;
- каким будет результат совместной работы моделей;
- какие знания эти модели смогут переработать;
- какой вид эти знания будут иметь на входе и на выходе;
- какими будут алгоритмы преобразования этих знаний описанными моделями;
- что модели будут представлять для интеллектуальной системы.

Для описания моделей используется следующая схема: процесс, модель, применяемые методы и технологии, сценарий выполнения работ, конкретные примеры.

### **Описание моделей**

Представленные в статье модели охватывают отдельные этапы домашней подготовки знаний для интеллектуальных систем: извлечения, структурирования и представления знаний. Объединенные в единый комплекс, они представляют собой связную целостность: результаты работы моделей предыдущих этапов являются входами для моделей последующих этапов. Общим результатом работы всего комплекса являются знания о предметной области и решаемых там задачах, организованные в систему знаний, имеющую как вербальную, так и формализованную форму представления, и алгоритмы преобразования одной формы в другую.

Основными понятиями комплекса моделей являются:

- предметная область, задачи;
- знания, извлечение, структурирование, представление, поле знаний, пирамида знаний;
- инженерия знаний, объекты, концепты, понятия, модели;
- аналитик, эксперт, теории мышления.

*Знания* рассматриваются как проверенный практикой результат познания действительности (верное ее отражение в мышлении человека), обычно выраженный в языке или в какой-либо знаковой форме; обладание опытом и пониманием, которые являются правильными в объективном и субъективном отношении и на основании которых можно построить суждения и выводы. Главными фигурами при работе со знаниями являются инженер по знаниям и эксперт. Инженер по знаниям (аналитик) в работе со знаниями опирается на следующие теории мышления: логическую, ассоциативную, гештальт.

Логическая теория мышления имеет больше научный характер. Использует следующие операции: определение, сравнение, различение, анализ, абстрагирование, обобщение, классификацию, категоризацию, образование суждений и умозаключений и т.д.

Ассоциативная теория представляет мышление как цепочку идей, связанных общими понятиями. Чаще всего используется человеком в повседневной жизни. Использует операции: ассоциации, приобретенные на основе различных связей; припоминание прошлого опыта; автоматические реакции и т.д.

В основе гештальт-теории лежит принцип целостности восприятия как основы мышления. Использует операции: выделение целостного образа; выделение целостной структуры как базиса для понимания процессов и явлений окружающего мира; определение «центра ситуации», вокруг которого разворачиваются знания о предметной области. Гештальт-теория близка теории

фреймов и объектному подходу и направлена на постижение глубинного знания.

Чтобы *построить модель*, отражающую представление аналитика о предметной области, необходим специализированный язык. Этот язык должен описывать и конструировать модель мира, которая возникает у человека в процессе мышления. Такой язык на сегодняшний день не разработан: нет классического, общепризнанного, строгого языка. Инженер по знаниям создает свое Поле знаний, которое и является первым шагом к созданию специализированного языка.

Поле знаний – условное неформальное описание основных понятий и взаимосвязей между понятиями предметной области, выявленных аналитиком из системы знаний эксперта и представленных на некотором его языке. При замене аналитика меняется содержание поля знаний. Связано это с тем, что каждый аналитик как человек выделяет существенные понятия и признаки исходя из своего мироощущения.

В работе аналитика выделяются три этапа: анализ предметной области, извлечение знаний и структурирование знаний.

*Анализ предметной области* включает ознакомление с различными материалами для формирования первичного представления об используемых понятиях, возникающих проблемах, способах решения проблем с целью уточнения целей разработки, выбора направленности и определения первоочередности работ для дальнейшего углубления и формализации знаний об объекте.

*Извлечение знаний* – это процедура взаимодействия аналитика с источником знаний. В результате становятся явными процесс рассуждений специалистов при принятии решений и структура их представлений о предметной области (ПО). Для извлечения знаний используется коммуникативный и текстологический методы.

Коммуникативный метод охватывает процедуру контакта инженера по знаниям с экспертом, владеющим общими, практическими и глубинными знаниями о предметной области. Важно, чтобы вопросы аналитика были четко сформулированы, так как эксперту тяжелее сориентироваться, какие его знания требуются. Операции: наблюдение; лекция; анкетирование; интервью; диалоги; круглый стол.

Текстологический метод включает процедуру извлечения знаний из текста: специальная литература, учебники, методики. Использует операции: составление базового списка литературы для ознакомления с ПО; выбор текста для извлечения знаний; знакомство с текстом и выписывание незнакомых слов и выражений; консультации со специалистами по незнакомым словам; определение связей между ключевыми словами и разработка макроструктуры текста в форме «сжатого» текста; формирование Поля знаний на основании макроструктуры текста.

Результат работы аналитика:

- модель представлений и рассуждений специалистов-экспертов, сформированная непосредственно с диалога;
- модель представления знаний специалистов (авторов текстов), сформированная при работе с документами.

*Структурирование знаний* представляет собой процесс организации и представления знаний о предметной области в виде целостной структуры. Последовательность операций:

- 1) определение входных и выходных данных;
- 2) составление словаря терминов;
- 3) выявление объектов, понятий и атрибутов;
- 4) выявление связей между понятиями;
- 5) выявление метапонятий и детализация понятий;
- 6) построение пирамиды знаний;
- 7) определение отношений;
- 8) определение стратегии принятия решений;
- 9) структурирование Поля знаний.

В качестве методологии структурного анализа знаний и формирования поля знаний используется обобщенный объектно-структурный алгоритм [2], позволяющий оптимизировать и упорядочить довольно размытые процедуры структурирования знаний. Алгоритм предполагает разработку и использование матрицы объектно-структурного анализа (табл. 1), позволяющей все знания о предметной области распределить по слоям (стратам) и уровням.

Таблица 1

Матрица объектно-структурного анализа

Уровни	Уровень области	Уровень проблемы	Уровень задачи	Уровень подзадачи	Уровень ...
Страты					
Стратегический анализ					
Организационный анализ					
Концептуальный анализ					
Функциональный анализ					
Пространственный анализ					
Временной анализ					
Каузальный анализ					
Экономический анализ					

Каждая страта содержит знания, описывающие предметную область с определенной точки зрения: стратегической, организационной, концептуальной, функциональной, пространственной, временной, каузальной и экономической. По отношению к знаниям они содержат ответы на следующие вопросы: ЗАЧЕМ – знания, КТО – знания, ЧТО – знания, КАК – знания, ГДЕ –

знания, КОГДА – знания, ПОЧЕМУ – знания, СКОЛЬКО – знания (табл. 2).

Знания каждой страты распределяются по уровням – от уровня области, проблемы до уровня задачи и подзадачи. Число страт и уровней может быть увеличено.

Таблица 2

Стратификация знаний предметной области

№ п.п.	Страта	Содержание
1	ЗАЧЕМ – знания	<i>Стратегический анализ</i> : назначение и функции системы
2	КТО – знания	<i>Организационный анализ</i> : коллектив разработчиков
3	ЧТО – знания	<i>Концептуальный анализ</i> : основные концепты, понятийная структура
4	КАК – знания	<i>Функциональный анализ</i> : гипотезы и модели принятия решений
5	ГДЕ – знания	<i>Пространственный анализ</i> : окружение, оборудование, коммуникации
6	КОГДА – знания	<i>Временной анализ</i> : временные параметры и ограничения
7	ПОЧЕМУ – знания	<i>Каузальный или причинно-следственный анализ</i> : формирование подсистемы объяснений
8	СКОЛЬКО – знания	<i>Экономический анализ</i> : ресурсы, затраты, прибыль и окупаемость

Затем знания подвергаются дальнейшему анализу с целью выделения концептов (понятий), кратко отражающих суть представленных знаний. Множество концептов представляется в виде таблиц-матриц, элементами которых являются концепты с указанием номера уровня и номера страты. Концепты обеспечивают связь общего представления о предметной области с конкретными знаниями, представленными по слоям и уровням. Кроме того, введение концептов позволяет осуществлять формальное представление общих знаний в виде целостной структуры с помощью онтологии, в которой определены ссылки на конкретные знания, представленные в виде формальных моделей (семантической, фреймовой и продукционной). Данная структура знаний обладает наглядностью, простотой изменения и простотой дополнения.

*Представление знаний* – запись с помощью формальных моделей, ориентированных на компьютерную обработку и возможность делать дедуктивные выводы из ранее сохраненного знания. Основные из них: семантическая, фреймовая, продукционная и логическая модели. При этом первые две используются для декларативных, а последние две – для процедурных знаний. При выборе моделей для конкретной предметной области проводятся следующие работы:

- из всего объема знаний отбирается небольшое множество знаний разных типов;
- отобранные знания представляются с помощью различных моделей;

- анализируются преимущества тех или иных моделей;
- формируется список базовых моделей.

Окончательный выбор осуществляется на последующих этапах, когда уточняются методы компьютерной обработки знаний.

### **Использование моделей**

Использование предложенных моделей извлечения, структурирования и представления знаний демонстрируется на примере предметной области, в роли которой выступает кузнечно-прессовый цех – одно из производственных подразделений машиностроительного предприятия. Для более активного восприятия в начале раздела приводится достаточное для формирования первоначального представления общее описание цеха, а затем – примеры выполнения операций по извлечению, структурированию и представлению конкретных типов знаний.

*Общее описание* кузнечно-прессового цеха по сути является краткой его характеристикой [18], сформулированной на естественном языке, содержащей знания о предназначении цеха в общей структуре предприятия, процессе изготовления продукции в цехе, связях цеха с другими подразделениями предприятия, цеховом управлении и решаемых задачах:

1) кузнечно-прессовый цех является заготовительным цехом предприятия, выпускающего машиностроительную продукцию по заказам. Заказы предприятия оформляются на изделия и отдельные детали. Каждый заказ проверяется на возможность его выполнения на предприятии, а затем распределяется по цехам (с учетом технологических возможностей и фактической загруженности) и включается в их производственные программы. Кроме того, по каждому заказу и по каждому цеху разрабатываются комплекты технической документации, содержащие общую информацию по заказу в целом и информацию о структуре и технологии изготовления изделий, узлов и деталей заказа. Учет выполнения заказов тоже ведется в целом по заказу (общие показатели, комплектность) и в разрезе изделий, узлов и деталей;

2) продукцией кузнечно-прессового цеха являются поковки – заготовки, которые в дальнейшем используются механическими цехами для изготовления деталей изделий предприятия. Материал для изготовления поковок в виде слитков поступает из металлургического и мартеновского цехов. Основным оборудованием цеха являются молоты, прессы и термические печи различной мощности. Установлено оборудование на рабочих местах производственных участков цеха. В цехе используется посменная работа участков и бригадная организация труда. Организационная структура состоит из руководства цеха (начальник цеха, его заместители и начальники бюро), бюро (планово-экономическое, производственное, технологическое) и персонала производственных участков (начальник участка, сменный мастер, мастер, бригадир, учетчик, рабочие);

3) изготовление поковок осуществляется в соответствии с месячной производственной программой, поступающей из производственного отдела предприятия. Выполнение программы отслеживается по заказам (общие показатели, комплектность) и отдельным позициям (изделиям, деталям). Изготовление поковок регламентируется соответствующей технической документацией, поступающей из конструкторского и технологического отделов. По техдокументации определяются деталь, изделие и заказ, на которые идет поковка;

4) в процессе изготовления продукции возникают различные ситуации, приводящие к срыву производственной программы. Управление работой цеха и его процессами, а также организацию согласованной работы всех звеньев осуществляют менеджеры и специалисты цеха всех уровней: от начальника цеха, плановика, диспетчера до мастера участка. Используя свои знания, они решают различные функциональные задачи, устраняют сбойные ситуации, анализируют возникающие проблемы и ищут способы их разрешения, накапливая при этом опыт успешных решений. Для повышения эффективности управления они постоянно ищут новые источники: привлекают науку, используют различные способы автоматизации производственных и управленческих процессов, используют свой опыт и опыт других цехов и предприятий, а также опыт и знания всего персонала цеха. Внедрению новшеств (инноваций) предшествует детальный анализ их целесообразности: чем вызваны, какие преимущества дадут, каких затрат потребуют;

5) одной из наиболее результативных для демонстрации подхода по работе со знаниями является цеховая задача «Анализ обеспеченности производственной программы цеха технической документацией и фактическими условиями цеха». Объясняется это тем, что используемые для ее описания понятия во многом определяют понятийную структуру всего цеха: производственная программа определяет какие поковки надо изготавливать в конкретном периоде, техническая документация – технологию изготовления, а условия цеха – фактическое состояние мощностей цеха.

*Демонстрация применения подхода* осуществляется в соответствии с алгоритмом, охватывающим этапы работы со знаниями в следующей последовательности:

1. Определение входных и выходных данных.

*Этот пункт необходим и является важным шагом на пути формирования Поля знаний. На данном этапе определяется направление движения в Поле знаний – начало и конец, старт и финиш, введение и заключение. Структура входных и выходных данных влияет на форму и содержание Поля знаний. Определения здесь могут быть неполными, далее они будут уточняться.*

Для задачи «Анализ обеспеченности производственной программы технической документацией» входом является производственная программа цеха и техническая документация на заказ, а выходом – производственная программа с позициями, необеспеченными технической документацией.



## 2. Составление словаря терминов и наборов ключевых слов.

На данном этапе проводится анализ извлеченных знаний. Выписываются значимые слова, которые обозначают понятия, явления, процессы, предметы, действия, признаки, количество, состояние и т.д. Здесь же необходимо выписать словосочетания, определить ключевые слова, дать определение терминам. Важен осмысленный словарь.

По задаче «Контроль Производственной программы» были выписаны все используемые термины. Термины делились на группы и упорядочивались внутри групп по алфавиту для удобства восприятия и исключения дублей. При разделении на группы использовались такие понятия: объекты, свойства объектов, скрытые действия объектов, действия объектов и состояние, соединения объектов и количества, определители объектов (табл. 3).

Таблица 3

### Термины задачи «Контроль Производственной программы»

Группа	Термины
Объекты	Цех, продукция, изделие, деталь, операция, оборудование, трудоемкость, ситуация, контроль, причина, условие, срок, документ.
Свойства объектов	Конструкторский, производственный, плановый, фактический, текущий, выявленный, общий, сбойный, стальной.
Скрытые действия объектов	Выполнение, изготовление, выпуск, проверка, несогласованность, обеспечение, срыв, устранение
Действия объектов и состояние	в работе, на ремонте, состоит, требует, бывает, иметь, использовать, корректировать, согласовать, накапливать.
Соединения объектов и количества	в, в рамках, для, из-за, к, например, чтобы, один, 12, 100, 0.75;
Определители объектов	все, другие, еще, который, такой, часто, это

Затем выделялись словосочетания, несущие определенную смысловую нагрузку и ключевые слова, вокруг которых в дальнейшем концентрировались знания, а по наиболее важным терминам даны определения (табл. 4).

Таблица 4

### Словосочетания, ключевые слова и определения терминов задачи

Определители	Значение (содержание)
Значимые словосочетания	Техдокументация, производственная программа, условия цеха, заказы цеха, разряд рабочего; необеспеченность цеха; изготовление поковки, загрузка пресса, состояние станка 23.
Ключевые слова,	Техдокументация, производственная программа, условия цеха; заказ, изделие, деталь, оборудование /молот, пресс, печь, материал, профессия.
Определения терминов	<i>Изделие</i> – предмет или набор предметов, изготавливаемых на предприятии. <i>Техническая документация</i> – набор документов, используемых при проектировании (конструировании), создании (изготовлении) и использовании (эксплуатации) изделия. <i>Пресс</i> – механизм для сильного сжатия, обработки давлением.

Возможна другая классификация терминов, словосочетаний и ключевых слов. Все зависит от позиции и целей аналитика и типа решаемой задачи, которая описывается как предметная область.

### 3. Выявление объектов и понятий.

Данный этап характерен тем, что здесь происходит пристальное рассмотрение словаря терминов. Производится выбор понятий, важных для принятия решений. Определяются также атрибуты объектов и понятий. Объект выделяется методом наблюдения с использованием лингвистических данных. Понятия выделяются методом проведения операции обобщения и классификации.

В таблице 5 представлены некоторые объекты, понятия и их атрибуты для предметной области «Цех».

Таблица 5

Объекты, понятия и их атрибуты

Объект, имя	Понятие	Атрибуты понятия	Признаки понятия
Кузнечно-прессовый цех 1	Цех	Название	Кузнечно-прессовый
		Назначение (вид деятельности)	Кузнечно-прессовые операции
		Входимость в предприятие	Машиностроительный завод 2
		Производственная роль	Выпускает поковки для котлов
		Мощность (оборудование)	Пресс, молот, печь
		Объем производственной деятельности	Котел (50 л) – в месяц 1 шт. Котел (100 л) – в квартал 1 шт.
		Количество рабочих	20 рабочих
		Организационная структура	2 бригадира, начальник смены, технолог, рабочие

### 4. Выявление связей между понятиями.

На данном этапе необходимо определить, как направлены связи между понятиями. Используются формальные и неформальные методы выявления связи. Формальные методы основаны на выделении сценария и фрагментов сценария. Далее устанавливаются связи между фрагментами и внутри фрагмента. Неформальные методы основаны на различных способах работы с экспертом. В результате строится сеть ассоциаций, где намечены связи, но не поименованы.

Пример некоторых утверждений для определения связей (понятия и объекты выделяются курсивом, а связи – подчеркиванием):

- кузнечно-прессовый цех является составной частью М32;
- кузнечно-прессовый цех занимает площадь 200 кв. м;
- кузнечно-прессовый цех выпускает в два раза больше продукции, чем цех5;
- кузнечно-прессовый цех выпускает продукции больше, когда поставки материала своевременны;
- кузнечно-прессовый цех выполнил план в первом квартале.

## 5. Выявление метапонятий и детализация понятий.

Данный этап характерен тем, что ранее установленные связи позволяют структурировать понятия и выявлять понятия более высокого уровня обобщения (метапонятия), а также детализировать их на более низком уровне. Обобщение и детализация понятий и их интерпретация – неформальный процесс, требующий совместной работы аналитика и эксперта.

На рис.1 представлены примеры обобщений понятий «заготовка» и «участок цеха КПП» и детализации – для понятий «деталь» и «структура цеха».

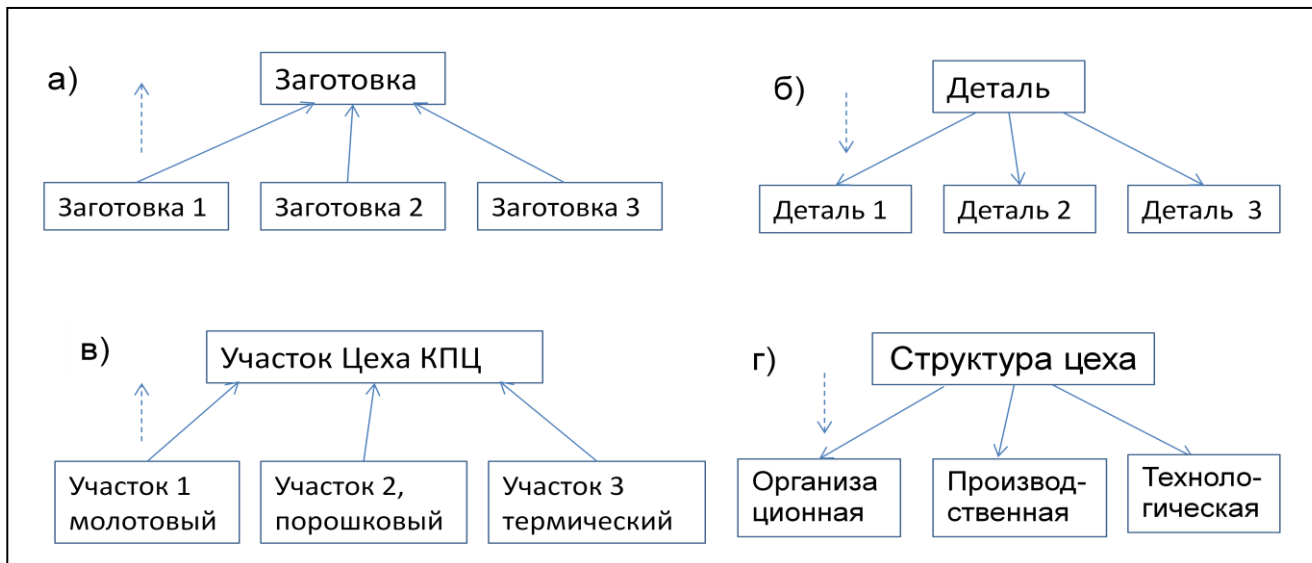


Рис. 1. Обобщение и детализация понятий

## 6. Построение пирамиды знаний.

На данном этапе строится пирамида знаний, т.е. иерархическая лестница понятий. Подъем по пирамиде знаний означает углубление понимания и повышения уровня обобщенности понятий, их абстрагирования. Количество уровней зависит от ПО.

Для понятий «Контроль выполнения плана», «Производственная мощность» и «Потребность в материале» в таблице 6 представлены знания в виде отдельных утверждений по различным уровням.

## 7. Определение отношений (причинно-следственных, лингвистических, временных).

Данный этап тесно связан с этапами 4, 5, 6, т.е. установлением связи между понятием и созданием пирамиды знаний. Здесь даются имена связям, установленным ранее. Таким образом связи переходят в отношения. Методы определения отношений включают в себя базовые виды различных отношений, существующие между понятиями, и специфические отношения, присущие конкретной предметной области.

Таблица 6

Фрагмент пирамиды знаний проблемной области «Цех»

Понятие		Определение		Признак структуризации	
1		2		3	
Номер уровня		Имя уровня		Знания (утверждения)	
4		5		6	
1		2		3	
Контроль выполнения плана (управление)		Процесс отслеживания фактического выполнения плана		Субъект управления	
4		5		6	
1		Менеджеры верхнего звена управления		Начальник цеха, начальники бюро <u>отслеживают</u> выполнение <i>заказов</i> .	
2		Менеджеры среднего звена управления		Начальник смены, сменный мастер <u>отслеживают</u> выполнение плана изготовления <i>поковок</i> .	
3		Менеджеры нижнего звена управления		Мастер, бригадир <u>отслеживают</u> выполнение <i>пооперационного</i> плана производства.	
1		2		3	
Производственная мощность (производство)		Максимально возможный выпуск продукции производственной единицы за определенный период.		Производственная структура	
4		5		6	
1		Цех		Производственная мощность цеха определяется по ведущему участку.	
2		Участок		Производственная мощность участка определяется по мощности ведущей группы оборудования.	
3		Рабочее место		Производственная мощность рабочего места определяется по мощности ведущего оборудования.	
1		2		3	
Потребность в материале (ресурс)		Количество материала, требуемого для изготовления продукта		Структура продукта	
4		5		6	
1		Изделие		Потребность в материале <i>на изделие</i> рассчитывается как сумма потребностей на все узлы, входящие в изделие	
2		Узел		Потребность в материале <i>на узел</i> рассчитывается как сумма потребностей на все детали, входящие в узел.	
3		Деталь		Потребность в материале <i>на деталь</i> рассчитывается путем умножения нормы расхода материала на деталь на плановое количество детали.	
4		Поковка		Потребность в материале <i>на поковку</i> определяется согласно технологии.	

Пример некоторых утверждений, для которых определен характер связи между понятиями (понятия и объекты выделяются курсивом, а связи – подчеркиванием):

- *цех имеет имя Кузнечно-прессовый* – отношения классификации;
- *цех занимает большую площадь* – признаковые отношения;
- *расстояние между участками равно 100 м* – количественные отношения;

- для конструкторского и технологического отделов одной их характеристик является согласованность работы – условные отношения.

#### 8. Определение стратегий принятия решений.

На данном этапе определяется стратегия принятия решений, т.е. выявляется цепочка рассуждений. Стратегия связывает все сформированные понятия и отношения в динамическую систему Поля знаний. На данном этапе знания активизируются.

##### Примеры:

а) если между конструкторским и технологическим отделами нет согласованности, то происходит сбой выполнения программы цеха;

б) отсутствие несоответствий Производственной программы цеха и Технической документации позволят избегать сбойных ситуаций при выполнении программы цехом.

*Комментарии:* Возможны самые разные формулировки утверждений, как, например: «По каждому Заказу производственной программы должны быть соответствующие данные в Технической документации».

#### 9. Структурирование Поля знаний.

На данном этапе осуществляется стратификация знаний по слоям и уровням.

В табл. 7 приведены примеры записи знаний и понятий по слоям и уровням.

Таблица 7

#### Пример распределения знаний по стратам и уровням

Страта	Уровень	Знания, концепты (понятия)
<i>ЗАЧЕМ</i> – знания – Стратегический анализ	Задача	<u>Контроль</u> Производственной программы цеха
<i>КТО</i> – знания – Организационный анализ	Задача	Эксперт, Аналитик, Пользователь.
<i>ЧТО</i> – знания – Концептуальный анализ	Область	Предприятие – цех – участок – смена; Изделие – узел – деталь – поковка; Директор – начальник цеха – начальник смены – мастер.
<i>КАК</i> – знания – Функциональный анализ	Задача	<u>Решение задачи</u> осуществляется с помощью <u>Интеллектуальной информационной технологии</u> , которая использует Базу знаний.
<i>ГДЕ</i> – знания – Пространственный анализ	Область	Кузнечно-прессовый цех находится рядом с Инструментальным цехом, имеет печь и пресс, снабжен коммуникативной сетью.
<i>КОГДА</i> – знания – Временной анализ	Задача	Проверка Производственной программы цеха до начала планового периода.

Продолжение Таблицы 7

ПОЧЕМУ – знания – Каузальный анализ	Задача	Если позиции Производственной программы цеха не обеспечены Технической документацией, то происходит срыв сроков изготовления изделия. Если позиции Производственной программы цеха не соответствуют фактическим условиям цеха, то происходит рассогласование работы цеха и других цехов.
Сколько – знания – Экономический анализ	Задача	Информационные технологии <u>требуют</u> затрат в размере <u>100 тыс. грн.</u>

10. Выбор моделей представления знаний.

При выборе моделей для представления знаний цеха рассматривались семантическая, фреймовая, продукционная и логическая модели.

**Семантическая модель** представляет собой целостный образ сети, вершинами которой выступают понятия и объекты, а дуги – отношениями между ними. Соответствует долговременной организации памяти. Решение задачи – поиск фрагмента сети, соответствующей подсети, отражающей поставленный запрос к базе знаний.

Пример семантической модели представления знаний о цехе представлен на рис. 2.

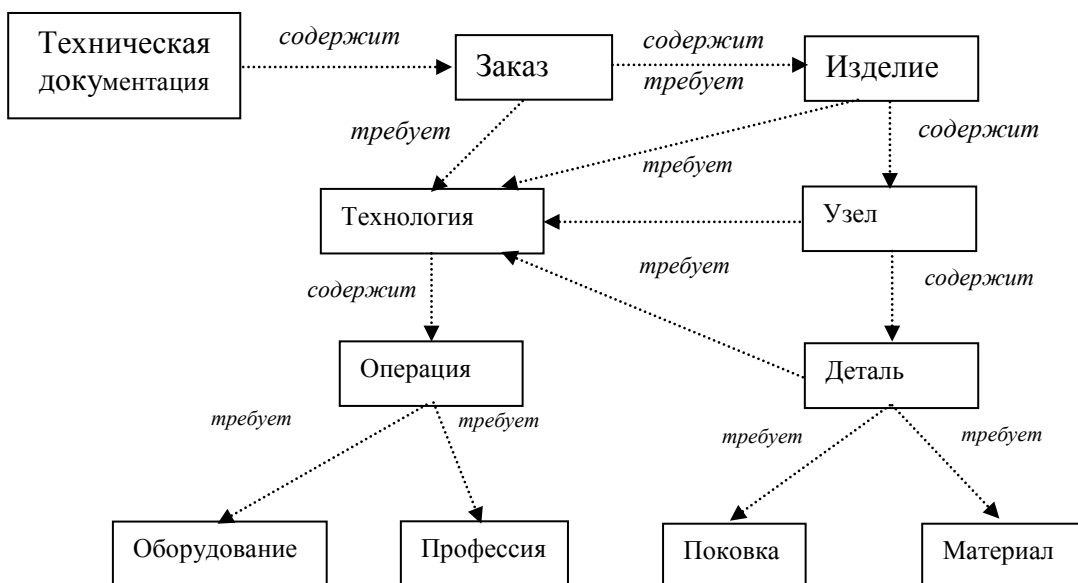


Рис. 2. Пример семантической модели

Вопрос: «Что содержит узел?», ответ: «узел содержит детали».

Вопрос: «Что требует операция?», ответ: «Операция требует Оборудования и Профессии».

**Фреймовая модель** (фрейм, рамка) – абстрактный образ для представления некоего стереотипа восприятия. Фрейм отражает концептуальную основу

организации памяти.

Примеры записи знаний по цеху в виде фреймов:

а) <поковка>; <номер> <с-35, в в-24>; <состояние> <в работе, на складе >;  
<материал> <сталь, медь >;

*Запрос:* Где может находиться поковка с номером в – 24?

*Ответ:* Поковка «номер в – 24» может находиться в работе или на складе.

б) <заказ>; <заказчик> <П102, ЛТЗ, 12.09>;  
<срок выполнения> <10.02, 15.06, 12.09>;  
<наименование> <кран, экскаватор, котел>;  
<номер> <К13, Э15, К141>;

в) <документ>; <название> <заказ, сводная спецификация, спецификация,  
технологическая карта>;  
<обозначение> <3245, СС141, С35. ТК41>;

Структура фрейма «Заказ» представлена в таблице 8.

Таблица 8

Структура фрейма «Заказ»

Имя фрейма		Заказ	
Имя слота	Значение слота	Способ получения слота	Присоединенная процедура
...	...	...	...
Общий вес узла	50, 170, 190	Техническая документация	Общая Спецификация, P_OS
Стоимость узла	20 000	Техническая документация	Общая Спецификация, P_OS
...	...	...	...
Номер детали	245	Техническая документация	Спецификация, P_S
...	...	...	...
Срок изготовления поковки	10.05.2010	Программа цеха	Программа цеха, P_PC
Наименование операции	Ковка детали	Техническая документация	Технология, P_T

**Продукционная модель** знаний демонстрирует наглядность, легкость внесения изменений; основана на правилах; позволяет представить знание в виде предложений типа: ЕСЛИ (...), ТО (...):

- ЕСЛИ (условие), ТО (состояние);
- ЕСЛИ (условие), ТО (действие);

- ЕСЛИ (состояние), ТО (причина);
- ЕСЛИ (состояние), ТО (действие);
- ЕСЛИ (причина), ТО (следствие).

При использовании продукционной модели, например, для определения состояния рабочего места, потребуются такие знания:

а) Причина (Почему?):

- 1) на рабочем месте нет рабочего;
- 2) пресс неисправен;
- 3) нет поковок;
- 4) внешний поставщик не обеспечил цех заготовками-поковками;
- 5) вышел из строя (внутри предприятия) станок, производящий заготовки для пресса;
- 6) рабочий отошел от пресса в рабочее время;

б) Причина – следствие, следствие–причина:

- 1) если нет поковок, то пресс простаивает;
- 2) если пресс простаивает, то, возможно, нет поковок;
- 3) если на рабочем месте нет рабочего, то пресс простаивает;
- 4) если пресс простаивает, то возможно пресс неисправен;
- 5) если внешний поставщик не обеспечил цех заготовками, то цех простаивает;
- 6) если Пресс простаивает, то возможно внешний поставщик не обеспечил цех заготовками;
- 7) если из строя вышел станок (внутри предприятия), производящий заготовки для пресса, то пресс простаивает;
- 8) если цех простаивает, то возможно из строя вышел станок (внутри предприятия), производящий заготовки для пресса;
- 9) если рабочий отошел от пресса в рабочее время, то пресс простаивает;
- 10) если пресс простаивает, то возможно рабочий отошел от пресса в рабочее время.

По Факту: «Рабочий отошел от пресса с номером 17 в рабочее время» – будет сделан вывод: «Пресс с номером 17 простаивает».

**Логическая модель.** Основная идея подхода при построении логических моделей представления знаний – вся информация, необходимая для решения прикладных задач, рассматривается как совокупность фактов и утверждений, которые представляются как формулы в некоторой логике. Знания отображаются совокупностью таких формул, а получение новых знаний сводится к реализации процедур логического вывода. В качестве «фундамента» здесь используется классический аппарат математической логики, методы которой достаточно хорошо изучены и формально обоснованы.

**Факты и Утверждения:**

- 1) узлы и детали для узлов поставляются на завод *одновременно*;



- 2) материал для поковки приходит на склад *после оформления Технической документации;*
  - 3) *между прессом и станком №2* находится котел;
  - 4) поковка №10 *тяжелее* поковки №15 на 20 кг;
  - 5) работа конвейера *отслеживается диспетчером;*
  - 6) плавка номер 102 *закончилась в 10.00;*
  - 7) плавка номер 102 *планировалась закончиться в 11.00;*
  - 8) *оттачивание детали осуществляется инструментом №520;*
- Вывод (6, 7): Для плавки № 102 имеет место перевыполнение плана.*

## **Выводы**

Разработанные модели представляют собой целостную систему моделей, объединенных общим процессом домашинной обработки знаний, который включает процессы извлечения, структурирования и представления знаний. Применение моделей в комплексе обеспечивает организацию знаний о предметной области в виде единой системы, имеющей как вербальную, так и формальную форму представления, и получение алгоритмов преобразования знаний из одной формы в другую.

Ориентированные на машиностроительное предприятие подходы к построению моделей могут быть использованы при создании систем знаний других предметных областей.

В плане развития предполагается обобщение опыта применения подхода к построению моделей домашинной обработки знаний и формирование практических рекомендаций.

## **Литература**

1. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. – М.: Наука, 1986. – 288 с.
2. Гаврилова Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. – СПб.: Питер, 2000. – 384 с.
3. Гриценко В.И., Тимашова Л.А. Технологии принятия решений в условиях систем интеллектуального управления бизнесом / В.И. Гриценко, Л.А.Тимашова // Матеріали школи-семінару „Перспективні технології прийняття рішень в умовах систем інтелектуального управління бізнесом” (Жукин, 30 червня-5липня 2014 р.), Київ – 2014. – С. 4-14. – Режим доступа: [http://www.irtc.org.ua/Inform/190\\_2014.pdf](http://www.irtc.org.ua/Inform/190_2014.pdf).
4. Мейтус В.Ю. Проблемы создания интеллектуальных систем управления производством / В.Ю. Мейтус // Матеріали школи-семінару „Перспективні технології прийняття рішень в умовах систем інтелектуального управління

бізнесом”, Київ – 2014. – С. 15-30. – Режим доступу: [http://www.irtc.org.ua/Inform/190\\_2014.pdf](http://www.irtc.org.ua/Inform/190_2014.pdf).

5. Поспелов Д.А. Моделирование рассуждений. Опыт анализа мыслительных актов. – М.: Радио и связь, 1989. – 184 с.

6. Осипов Г.С. Искусственный интеллект: Состояние исследований и взгляд в будущее. – [www.raai.org/about/persons/osipov/pages/ai/ai.html](http://www.raai.org/about/persons/osipov/pages/ai/ai.html)

7. Тимашова Л.А. Интеллектуальные технологии в системах управления предприятиями / Л.А. Тимашова, Л.П. Тур, В.А. Лещенко, В.А. Музалева // Материалы XV международной конференции по автоматическому управлению „Автоматика-2008” – Одесса: ОНМА, 2008. – С. 597-601. Доступный с: <http://auto2008.onma.edu.ua/dl/program.doc>.

8. Капитонова Ю.В. О некоторых тенденциях развития и проблемах искусственного интеллекта / Ю.В. Капитонова, В.И. Скурихин // Кибернетика и систем. анализ. – 1999. – № 1. – С. 43-50.

9. Тимашова Л.А. Проблемы интеллектуализации системы управления виртуальным предприятием // Кибернетика и вычислительная техника. – Киев, 2009. – Вып.156. – С. 28 – 40.

10. Лещенко В.А. Онтологический подход к построению интеллектуальных решений // Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту (ISDMCI2010): Матеріали міжнародної наукової конференції. Херсон: ХНТУ, – 2010. – С. 266-268.

11. Тимашова Л.А. Построение ситуационных решений с использованием знаний / Тимашова Л.А, Тур Л.П., Лещенко В.А., Морозова А.И. // Матеріали ХІХ Міжнародної конференції з автоматичного управління «Автоматика – 2012» – К.: НУХТ, 2012.– С. 445-446.

12. Тур Л.П., Модель построения ситуационных решений с использованием знаний / Л.П. Тур, В.А. Лещенко, А.И., Л.А. Тимашова // Матеріали школи-семінару „Перспективні технології прийняття рішень в умовах систем інтелектуального управління бізнесом” (Жукин, 30 червня-5липня 2014 р.), Київ – 2014. – 215 с. – Режим доступу: [http://www.irtc.org.ua/Inform/190\\_2014.pdf](http://www.irtc.org.ua/Inform/190_2014.pdf).

13. Тур Л.П. Использование формальных моделей для представления знаний в системах поддержки принятия логистических решений / Л.П. Тур, В.А. Лещенко, А.И., Л.А. Тимашова // Матеріали школи-семінару „Перспективні технології прийняття рішень в умовах систем інтелектуального управління бізнесом” (Жукин, 30 червня-5липня 2014 р.), Київ – 2014. – 215 с. – Режим доступу: [http://www.irtc.org.ua/Inform/190\\_2014.pdf](http://www.irtc.org.ua/Inform/190_2014.pdf).

14. Тимашова Л.А. Модели проектирования и управления логистикой виртуального предприятия: монография / Л.А. Тимашова, Л.П.Тур, В.А. Лещенко, Л.Б.Вовк. – К.: МНУЦИТиС, 2009. – 115 с.

15. Тур Л.П., Тимашова Л.А., Лещенко В.А., Музалева В.А. Построение ситуационных логистических решений в онтологическом пространстве интеллектуальных системах управления предприятием // Материалы 1-ой международной научно-технической конференции, Черкассы, 10 – 13 мая 2011 г. – Черкассы: Маклаут, 2011.– С. 389-390.

16. Лещенко В.А. Применение объектно-структурного подхода для построения поля знаний интеллектуальной системы управления производством машиностроительного предприятия / В.А. Лещенко, А.И. Морозова // Матеріали 1-ої Міжнародної науково-технічної конференції «Обчислювальний інтелект» (ОІ-2011) – Черкаси, Україна, 10-13 травня, 2011. – С. 332-333.

17. Лещенко В.А. Технология извлечения знаний, ориентированная на образное представление цехового управления / В.А. Лещенко, А.И. Морозова, Л.Ю. Таран, Л.А. Тимашова // Материалы III межд. конф. «Вычислительный интеллект: результаты, проблемы, перспективы», ConInt–2015, (Киев, Черкассы. 12 – 15 мая 2015 г.), Черкассы – 2015. – 2 с.

18. Тимашова Л.А., Бондар Л.А., Лещенко В.А., Ткаченко Т.В., Кондиріна А.Г. Інформаційні системи для сучасних бізнес-аналітиків / Л.А. Тимашова, Л.А. Бондар, В.А. Лещенко, Т.В. Ткаченко, А.Г. Кондиріна. Монографія. – К.: АПСВ, 2005. – 483 с.