

**Богаткина Ю.Г.**

к.т.н., в.н.с. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем нефти и газа Российской академии наук (ИПНГ РАН)
ubgt@mail.ru

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В НЕДРОПОЛЬЗОВАНИИ

Современная оценка технико-экономической эффективности нефтегазового проекта предполагает построение определённой экономико-математической модели расчёта, а также анализ критериев проекта, основанных на множестве прогнозных экономических показателей по разрабатываемым пластам и месторождению в целом. Разработанная с этой целью интеллектуальная экономическая система послужила основой для теоретических и прикладных исследований в области недропользования и современных информационных технологий.

Актуальным является то, что применение в системе информационных баз знаний и баз данных для экономической оценки освоения месторождений нефти и газа позволяют хранить информацию по месторождениям в систематизированном виде и воспроизводить историю экономических показателей разработки месторождения в динамике с целью выбора наиболее эффективных вариантов разработки различных месторождений.

Ключевые слова: экономическая оценка проектов разработки, информационные технологии, базы знаний, базы данных, интеллектуальная система, оптимальные решения, удельные нормативы затрат, экономическая эффективность.

Для решения актуальной проблемы по рациональному освоению ресурсов и запасов нефтяных и нефтегазовых месторождений рассмотрим методические вопросы создания и применения **логической системы «ГРАФ»** для технико-экономической оценки нефтегазовых инвестиционных проектов в многостадийном проектировании с целью выбора оптимальных решений по разработке месторождений нефти и газа [1,2,4,5,13]. Интеллектуально-логическая система (ИЛС) «ГРАФ» предназначена для специалистов, как в прикладной проблемной области (геологов-промысловиков, руководителей НГДУ, инженеров-нефтяников и нефтяников-экономистов), так и для инженеров-системотехников.

Разработанная методика комплексной экономической оценки эффективности разработки нефтегазовых месторождений послужила основой для теоретических и прикладных исследований в этой области. При этом предполагается построение определённой экономико-математической модели расчёта, а также анализ критериев проекта, основанных на множестве прогнозных технологических показателей по разрабатываемым пластам и месторождению в целом [3,8,9,12,13].

Необходимо отметить, что применяемые информационные технологии являются самостоятельным научно-практическим направлением, охватывающим широкий спектр вопросов от

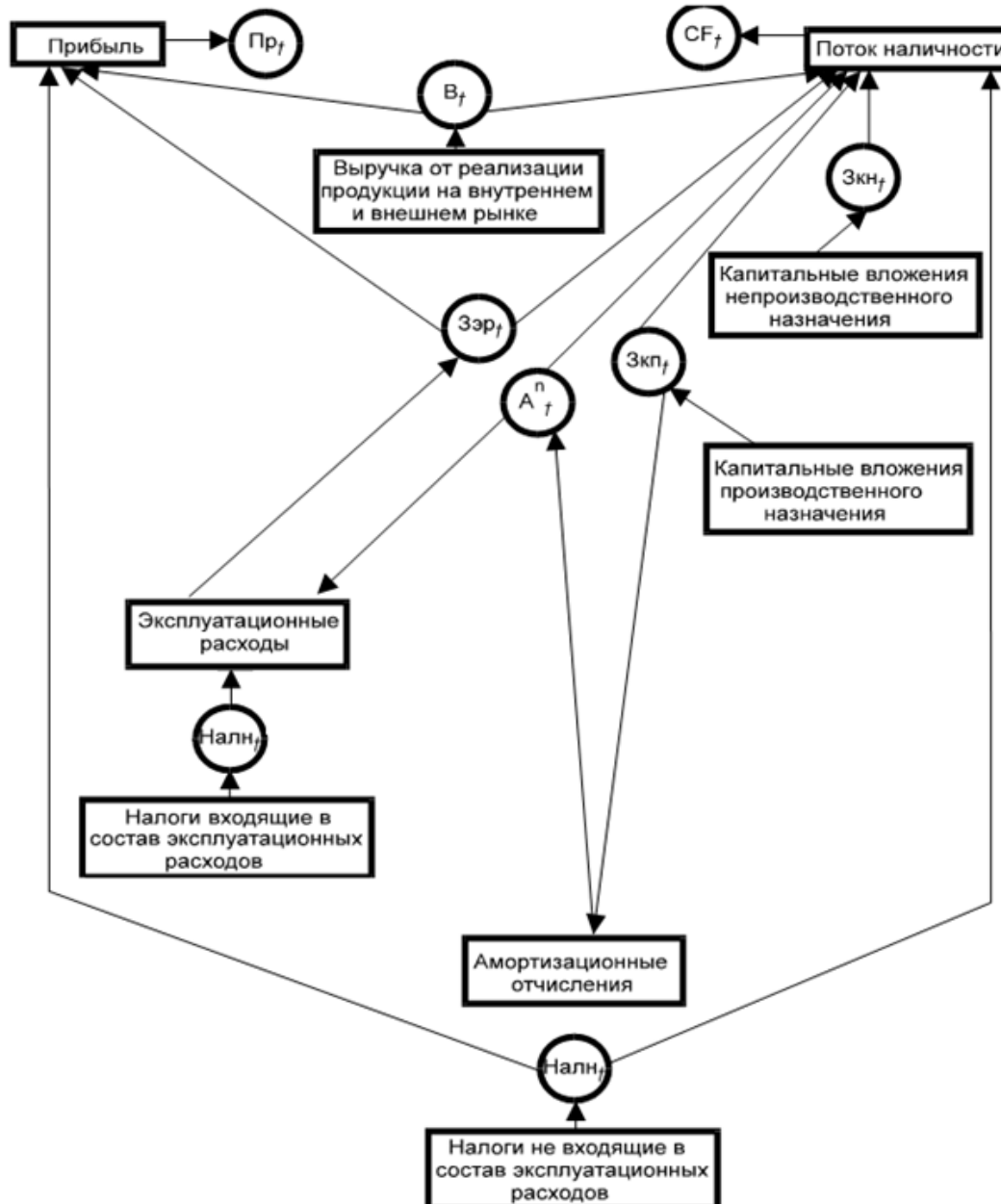


Рис. 1. Угруппенная модель семантической базы знаний по расчету основных экономических показателей.

подготовки данных до анализа и интерпретации результатов в области нефтегазовой разработки и экономики. Эти технологии основаны на применении прикладных баз знаний связанных с технологическими и экономическими базами данных [1,2,4,5,13].

Сложность такого моделирования заключается в начальном сборе информации и постоянном её обновлении, так как каждое месторождение индивидуально и имеет свои геолого-технологические особенности разработки, различные варианты и нормативы капитальных и эксплуатационных затрат, а также налоговые модели.

Структура вычислений является иерархической и может меняться в зависимости от степени изученности и разведанности месторождений, а также от возможного изменения объёмов и содержания исходной геолого-технологической и экономической информации. Результатом экономической оценки является выявление наиболее рационального варианта разработки месторождения, отвечающего критерию достижения максимального экономического эффекта от возможно полного извлечения из пластов запасов нефти при соблюдении требований экологии, охраны недр и окружающей среды [13].

Ядром процесса является использование сетевой (графовой) формы представления расчётных моделей. Структура сетей состоит из множества взаимосвязанных компонентов, укрупненно показанных на **рисунке 1** в виде

отдельных блоков. Каждый блок соответствует определённому классу, включающему множества семантических подсетей, которые содержат возможные варианты расчета технико-экономических показателей. Выбор необходимого алгоритма (семантической модели) из рассматриваемого класса осуществляется путем формального сопряжения входных и выходных вершин на основе имеющихся исходных данных [1,2].

Отдельно надо отметить, что в состав БЗ входят различные налоговые модели, которые представлены в **таблице 1** [12,13].

В состав ИЛС входит система управления базами данных (СУБД), которая включает в себя нормативные экономические и прогнозные технологические показатели разработки (**Рис.2**). К ним относятся:

1. БД нормативных показателей по разработке месторождений
2. БД прогнозных технологических показателей по разработке месторождений
3. БД поправочных коэффициентов к нормативам для различных систем разработки месторождений с учетом различных сеток скважин

При формировании БД предусматривается принадлежность месторождений к двум основным группам. Во-первых, месторождения с растущей динамикой добычи нефти, и, во-вторых, со снижающейся добычей с учетом одновременного ввода их в промышленную разработку [3].

Таблица 1.
Налоговые модели стран недропользователей

Страна	Ставка	Пояснение
Роялти		
Россия	-	Не уплачивается
США	12 до 20%	Уплачивается в виде % от стоимости нефти.
Канада	1-30%	Взимается с выручки (т. е. стоимости добычи) и рассчитывается по каждой скважине.
Норвегия	8-16%	Уплачивается в зависимости от объема добычи -
Казахстан		Не уплачивается
Налог на добычу нефти		
Россия	Рассчитывается по формуле	Исчисляется пропорционально мировой цене на нефть и курсу рубля к американскому доллару
США		Не уплачивается
Канада		Не уплачивается
Норвегия		Не уплачивается
Казахстан	5% - 18%	Налог является аналогом роялти, основанным на объеме добычи, и применяется к сырой нефти, газовому конденсату и природному газу.
Налог на прибыль		
Россия	20%	Налог исчисляется на ежегодной основе и берется от величины чистой прибыли
США	34%	
Канада	40,8-45,8%	
Норвегия	28%	
Казахстан	20%	
Налог на дополнительный доход		
США	12%	Уплачивается с дохода при наличии положительной разницы между выручкой от реализации продукции и утвержденными затратами, и вычетами
Россия	50%	

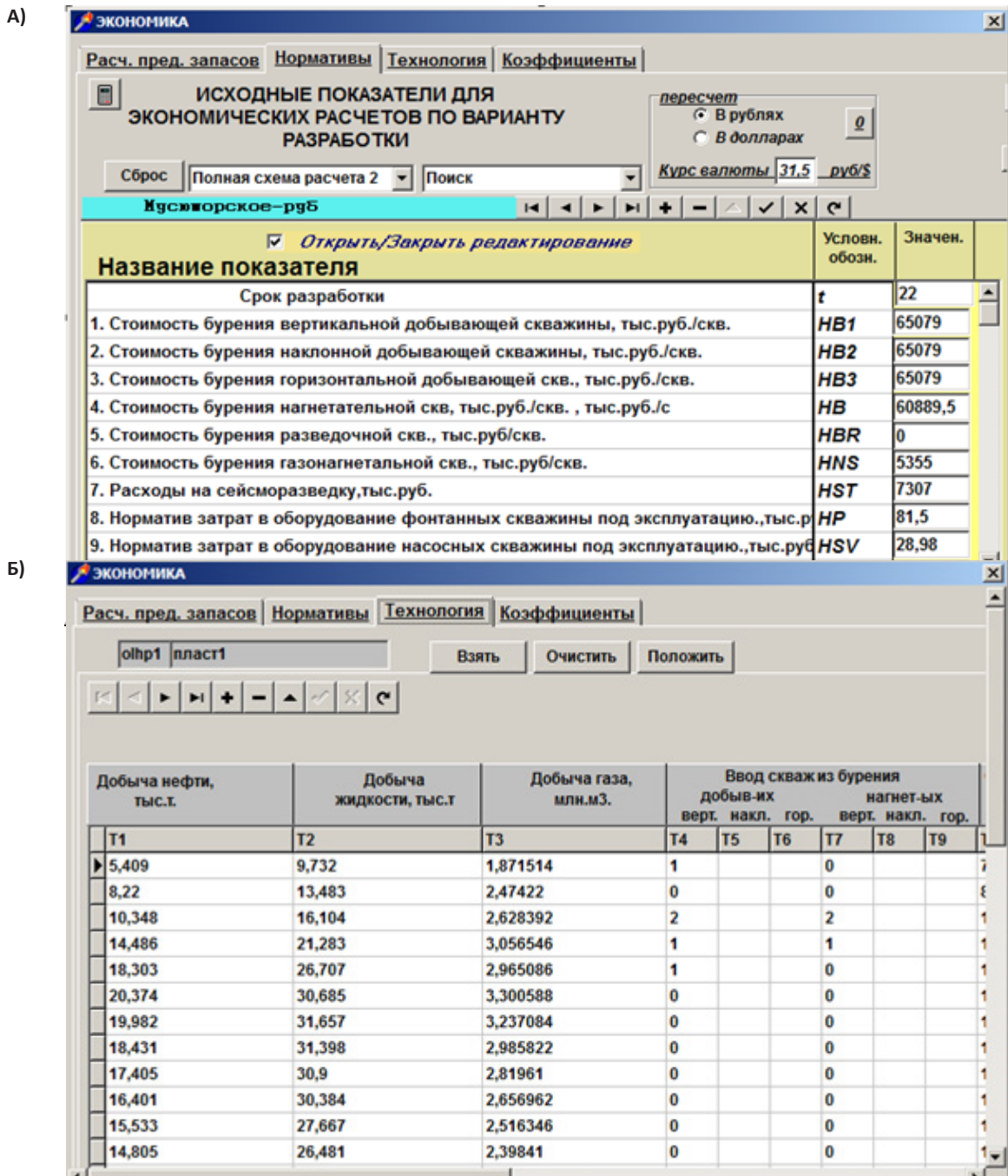


Рис. 2. Внешний вид СУБД (а – нормативные показатели, б – технологические показатели).

В БД прогнозных технологических показателей включаются варианты разработки месторождений, отличающиеся:

- плотностью сетки скважин,
- порядком и темпами разбуривания,
- методами воздействия на залежь,
- уровнями добываемой нефти и жидкости,
- вводом из бурения добывающих и нагнетательных скважин,
- объемом закачиваемой воды, реагентов,
- способами эксплуатации и др.

Удельные нормативы предусмотрены для расчета капитальных вложений промышленно-производственного назначения по трем основным направлениям затрат: бурение скважин, нефтепромысловое обустройство и оборудование, не входящее в сметы строок [3,6,7,10,11] (Рис. 3).

За основу разработки и организации модели информационной базы данных, содержащей эксплуатационные расходы на добычу нефти для распределения по месторождениям, принята структура затрат по нефтегазодобывающим

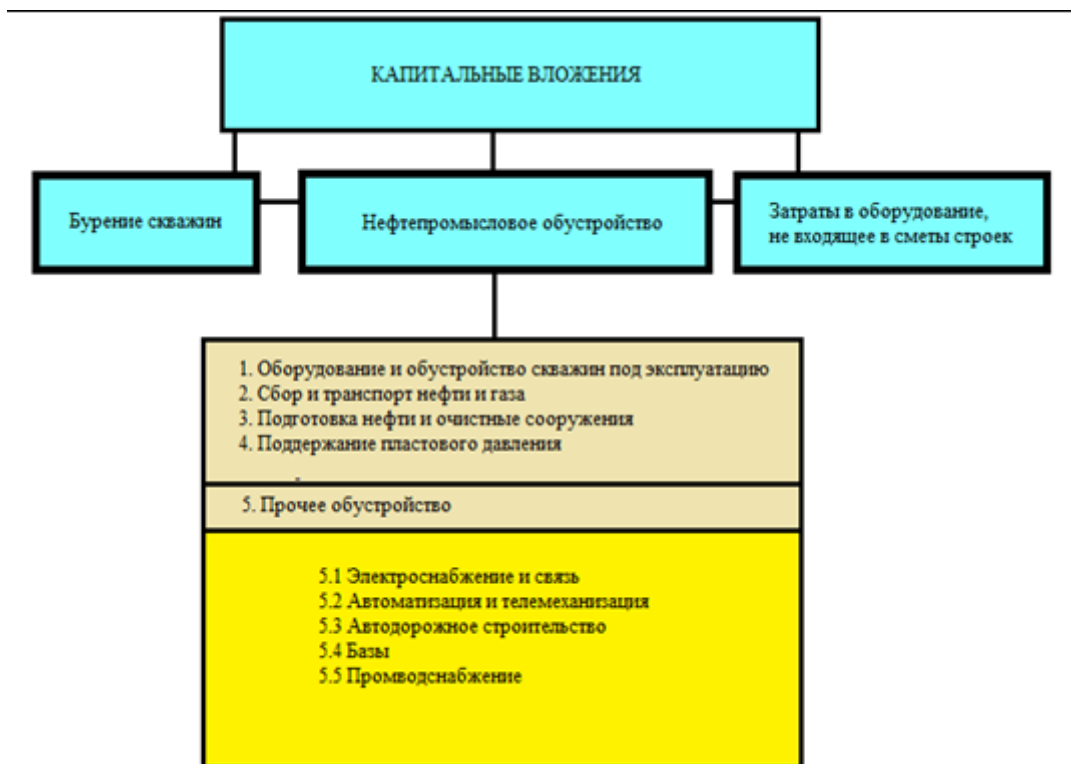


Рис. 3. Структура БД по капитальным вложениям.

Таблица. 2. Коэффициенты изменения нормативов удельных капитальных вложений в обустройство в зависимости от систем разработки.

Направление обустройства	Система разработки		
	Трехрядная девятиточечная (соотношение скважин 3:1)	Семи точечная (соотношение скважин 2:1)	Однорядная пятиточечная (соотношение скважин 1:1)
1.Сбор, подготовка и транспорт нефти и газа	1	1,04	1,27
2. Поддержание пластового давления	1	0,91	0,64
3. Электроснабжение	1	1,06	1,46
4. Базы	1	1,06	1,33
5. Автодороги	1	1,06	1,46
6. Прочие	1	1,07	1,41

Таблица. 3. Коэффициенты изменения нормативов удельных капитальных вложений в обустройство в зависимости от плотности сетки скважин.

Направление обустройства	Плотность сетки, га/скв					
	9	16	25	36	49	64
1.Сбор, подготовка и транспорт нефти и газа	0,83	0,85	1	1,23	1,37	1,78
2. Поддержание пластового давления	0,63	0,83	1	1,18	1,30	1,83
3. Электроснабжение	0,59	0,74	1	1,42	1,83	2,26
4. Базы	0,36	0,64	1	1,32	1,96	2,5
5. Автодороги	0,39	0,65	1	1,39	1,79	2,22
6. Прочие	0,57	0,74	1	1,31	1,58	1,94

предприятиям с расшифровкой однородных экономических элементов, позволяющих учесть результаты их хозяйственной деятельности [13].

Изменения нормативов удельных капитальных затрат в зависимости от систем разработки и плотности сетки скважин представлены в **таблицах 2,3** [10].

Система обладает интерактивным пользовательским интерфейсом, с помощью которого в гра-

фическом виде создаются расчетные модели [4]. Исходная информация собирается с помощью опросных электронных шаблонов, заполняемых числовыми данными, выраженными в скалярном или векторном представлении, и заносимых в базу данных исходных технико-экономических показателей. Эти шаблоны связаны между собой по специальной ссылке, а именно по названию разрабатываемого месторождения на

Таблица 4.
Пояснения к рисунку 5.

zkt	Полные капитальные вложения производственного назначения
znt	Капитальные вложения непроизводственного назначения
Zt	Полные эксплуатационные расходы
ant	Полные амортизационные отчисления
NALVt	Налоги в цене
Prt	Прибыль до налогообложения
Nprt	Налог на прибыль
Prc_t	Чистая прибыль
CF_t	Поток наличности
NPVt	Чистый дисконтированный доход
Kt	Дисконтирующая функция
IRR_	Внутренняя норма рентабельности

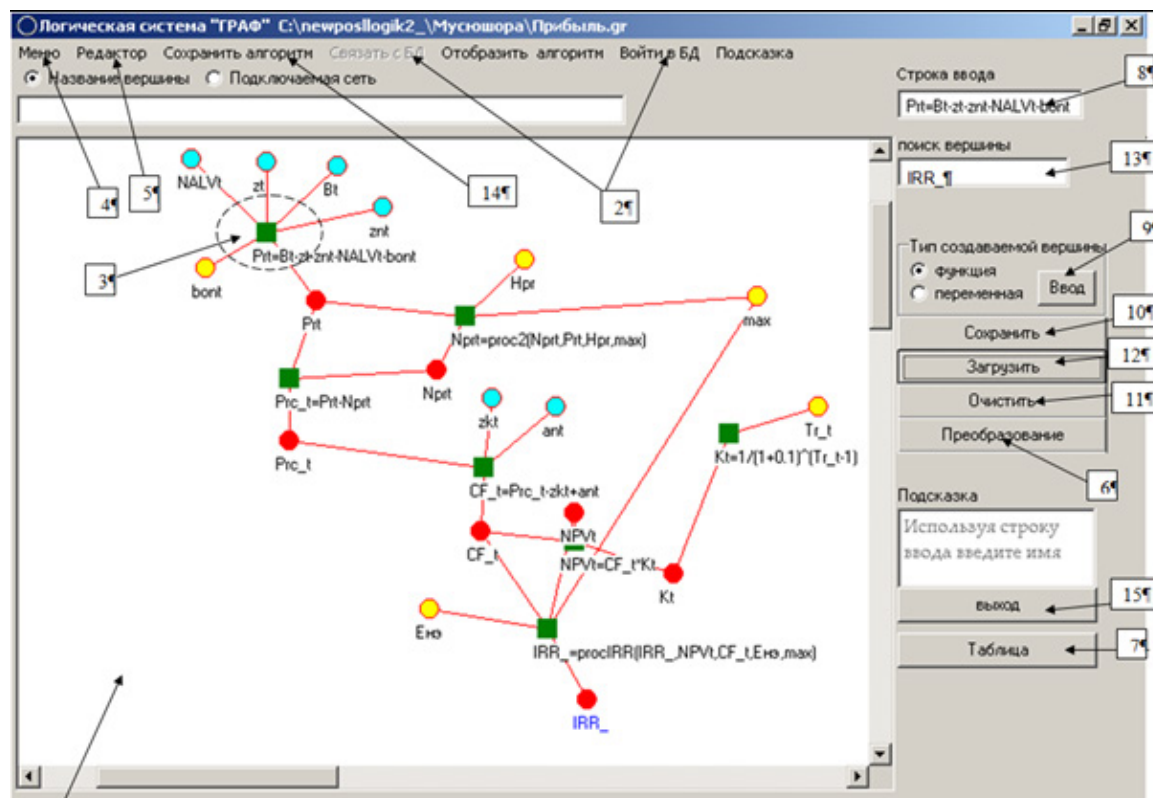


Рис. 5.
Семантическая модель расчета экономических показателей (когнитивная карта) в базе знаний.

основании банка технологических показателей, генерируемого с помощью САПР по разработке месторождений.

Основные составляющие диалогового интерфейса (**Рис.5**)

1. Рабочее поле
2. Обращение к базам данных
3. Элементарная структурная связка
4. Обращение к библиотеке программных процедур
5. Обращение к графическому редактору
6. Обращение к планировщику вычислений
7. Переход к расчетному модулю
8. Строка для ввода формулы или программной процедуры
9. Формирование элементарной связки
10. Сохранение когнитивной карты (семантической подсети)
11. Очистка рабочего поля
12. Загрузка когнитивной карты (семантической подсети)
13. Вершина для начала поиска решений на семантической сети
14. Сохранение сформированного алгоритма
15. Выход из системы

Пользователя такой системы можно именовать инженером по знаниям, знающим проблемную область и обладающим навыком введения прикладных знаний и данных в компьютер.

ИЛС «Граф» работает в двух режимах: приобретение знаний и решение расчётных задач. В режиме приобретения знания общение с ИЛС осуществляет эксперт-экономист и эксперт-технолог через посредничество инженера по знаниям. Эксперты описывают проблемную область, под которой понимается методика расчета основных технико-экономических показателей по вариантам разработки месторождений.

Эксперт-прикладник предоставляет необходимую информацию в виде совокупности данных (анкет-шаблонов) и аналитических формул. Отметим, что если требуется подключить нелинейный алгоритм, то ИЛС «Граф» обращается к

специализированной библиотеке математических модулей. Эксперт, используя подсистему приобретения знаний с помощью интеллектуального интерфейса, наполняет систему знаниями, которые позволяют ИЛС «Граф» в режиме интерпретации сети самостоятельно (без эксперта) решать задачи синтеза расчетного экономического алгоритма предметной области.

Актуальным является то, что ИЛС может формировать расчетную EXCEL таблицу, включающую в себя данные, взятые из базы данных и алгоритмы, взятые из базы знаний. EXCEL файл, сгенерированный интеллектуальной системой, работает как самостоятельный программный модуль, в котором проводятся расчёты с прямым пересчетом экономики проекта. Как было отмечено выше, в прикладную БЗ включены альтернативные налоговые модели стран нефтепользователей, что позволило проводить экономическую оценку не только для освоения российских месторождений, но и для месторождений, находящихся за рубежом.

В заключение отметим, что система проста в использовании и формирует алгоритмы в формате «скаляр», «вектор», что полностью отвечает требованиям решаемых прикладных задач. Системой предусматривается обработка прикладных баз знаний и баз данных на основе применения алгоритмов сочетания пар и алгоритма поиска в глубину. При этом время обработки баз знаний зависит от числа семантических подсетей, входящих в базы знаний. Исходя из изучения рынка по применению таких проблемно-ориентированных программ, можно сделать вывод о том, что двудольные семантические сети для хранения расчетных алгоритмов применяются только в данной разработке. Эффект от их применения достаточно высок, поскольку процесс создания программного кода полностью автоматизирован и составляет не более трёх минут, в отличие от подхода ручного формирования программного кода, который может занимать несколько дней. ❶

Статья подготовлена по результатам работ, выполненных в рамках Программы государственных академий наук на 2013-2023 годы. Раздел 9 Науки о Земле; направления фундаментальных исследований: 131. Геология месторождений углеводородного сырья, фундаментальные проблемы геологии и геохимии нефти и газа, научные основы формирования сырьевой базы традиционных и нетрадиционных источников углеводородного сырья и 132 Комплексное освоение и сохранение недр Земли, инновационные процессы разработки месторождений полезных ископаемых и глубокой переработки минерального сырья, в рамках государственного задания по теме: «Фундаментальный базис инновационных технологий нефтяной и газовой промышленности (фундаментальные, поисковые и прикладные исследования)» № АААА-А19-119013190038-2.

Литература

1. Поспелов Г.С. Искусственный интеллект - основа новой информационной технологии. / М: Наука, 1988, 280с.
2. Вагин В.Н. Дедукция и обобщение в системах принятия решений. / М.: Наука, 1988, 384с 88Емиличев В.А., Мельников О.И. Лекции по теории графов. / М.: Наука, 1990, 382с 114Лорьер Ж.-Л. Системы искусственного интеллекта. /-М:Мир, 1991, 568с.
3. Желтов Ю.П., Золотухин А.Б., Пономарева И.А. Методы прогнозирования развития нефтегазового комплекса. / М.: Наука, 1991, 230с.
4. Поспелов Д.А. Прикладные системы искусственного интеллекта. /Сб.ст., N3, Кишинев, 1993, 300с.
5. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб.: Питер, 2000, 200с
6. Российская Федерация. Законы. Об инвестиционной деятельности в Российской Федерации, осуществляемой в форме капитальных вложений [Электронный ресурс]: федер. закон [№ 39-ФЗ от 25.02.1999 (ред. от 03.07.2016)]. URL: <http://www.consultant.ru/>. Загл. с экрана (дата обращения: 29.01.2017).
7. Официальный сайт нефтяной компании «Роснефть» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rosneft.ru/>. Загл. с экрана (дата обращения: 25.02.2017).
8. Родионова Л.Н., Карамутдинова Д. М. Особенности оценки инвестиционных проектов в нефтяной отрасли// Экономика и управление народным хозяйством, 9(130), 2015, с.50-54
9. Абакумов Г.В. Оценка экономической эффективности проектов нефтегазодобычи в условиях Западной Сибири // Neftgaz.ru – 2009. - №8.
10. Исаченко В.М. Оценка проектной капиталоемкости разработки нефтяных месторождений//Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук, Тюмень, 2004г, 26стр.
11. Расчет капитальных затрат (вложений) в разработку месторождения [Электронный ресурс] <https://kazedu.com/referat/197598/1> Загл. с экрана (дата обращения: 29.11.2021)
12. Пономарева. И.А, Богаткина Ю.Г. Совершенствование нормативно-налоговой системы для повышения эффективности разработки нефтяных месторождений// ВНИИОЭНГ, Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом, №1, 2014, с. 6-9
13. Богаткина Ю.Г. Оценка эффективности инвестиционных проектов в нефтегазовой отрасли с использованием механизмов автоматизированного моделирования/ М.: Макс-Пресс, 2020, 248с.

UDC 004:330.322:622.276

Yu.G. Bogatkina, candidate of technical sciences, Moscow, Institute of Oil and Gas Problems of the Russian Academy of Sciences, ubgt@mail.ru

PRINCIPLES OF CONSTRUCTION AND APPLICATION OF AN INTELLIGENT ECONOMIC SYSTEM IN SUBSOIL USE

Abstract: The modern assessment of the technical and economic efficiency of an oil and gas project involves the construction of a specific economic and mathematical calculation model, as well as the analysis of project criteria based on a set of predictive economic indicators for the reservoirs being developed and the field as a whole. The intellectual economic system developed for this purpose served as the basis for theoretical and applied research in the field of subsoil use and modern information technologies. It is relevant that the creation of models of knowledge bases and databases for the economic assessment of the development of oil and gas fields allow storing information on fields in a systematic way and reproducing the history of economic indicators of field development in dynamics in order to select the most effective options for the development of various fields.

Keywords: economic evaluation of development projects, information technology, knowledge bases, databases, intelligent system, optimal solutions, specific cost standards, economic efficiency.