



УДК 330: 332

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАСЧЕТА ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА



## INTELLIGENT MODELING TECHNOLOGIES CALCULATION OF ECONOMIC INDICATORS FOR EVALUATION OIL AND GAS DEPOSITS

**Ахметзянова Ильназ Сагитовна**

магистрант 2 курса  
факультет экономических  
и гуманитарных дисциплин,  
Альметьевский государственный  
нефтяной институт  
ilnazahmetzynova@mail.ru

**Загитова Лилия Расимовна**

научный руководитель,  
кандидат педагогических наук, доцент,  
доцент кафедры математики  
и информатики,  
Альметьевский государственный  
нефтяной институт  
liliya\_zagitova@mail.ru

**Аннотация.** Рассматриваются методика расчета экономических показателей для оценки месторождений нефти и газа и методический подход применения интеллектуальных технологий в нефтегазовых проектах. Большой вклад в теорию построения систем, ориентированных на обработку больших объемов исходных данных и способных гибко адаптироваться к изменяющимся условиям обработки информации, внесло новое направление, базирующееся на теории искусственного интеллекта с применением семантических сетей.

**Ключевые слова:** интеллектуальные технологии, инженерия знаний, теория искусственного интеллекта, теория ситуационного управления, процедурные знания.

**Akhmetzyanova Ilnaz Sagitovna**

2 year undergraduate  
Faculty of economic  
and humanitarian disciplines,  
Almetyevsk State Oil Institute  
ilnazahmetzynova@mail.ru

**Zagitova Liliya Rasimovna**

Scientific adviser,  
PhD in pedagogy,  
Associate Professor  
of mathematics and computer science,  
Almetyevsk state oil Institute  
liliya\_zagitova@mail.ru

**Annotation.** We consider the methodology for calculating economic indicators for assessing the oil and gas fields and the methodological approach for the use of intelligent technologies in oil and gas projects. A major contribution to the theory of constructing systems oriented to processing large volumes of source data and able to flexibly adapt to changing conditions of information processing was made by a new direction based on the theory of artificial intelligence using semantic networks.

**Keywords:** intellectual technologies, knowledge engineering, theory of artificial intelligence, theory of situational management, procedural knowledge.

**Н**ефть и газ относятся к числу важнейших не возобновляемых полезных ископаемых, извлечение которых из недр становится все более трудоемким и дорогостоящим производством.

Эффективность освоения запасов природных углеводородов может быть определена только на основе их технико-экономической оценки. Совершенно очевидно, что ни одна нефтяная компания не будет разрабатывать не рентабельные запасы. В связи с этим все большую значимость приобретает применение эффективных методов аналитических исследований в области технико-экономической оценки разработки месторождений нефти и газа в нефтегазовых инвестиционных проектах. Главными принципами нефтегазового проектирования сложившимися в мировой практике является прогнозирование основных показателей разработки месторождений и их экономическая оценка с учётом ценовой и налоговой политики государства в нефтегазовой сфере.

При проведении технико-экономической оценки нефтегазовых проектов необходимо учитывать принципиальную особенность принадлежности месторождений, пластов, эксплуатационных объектов к двум основным группам. Это новые месторождения, пласты и объекты с растущей добычей и «старые» разрабатываемые, со снижающейся добычей нефти (газа) и возможными ее приростами за счет методов повышения коэффициента извлечения нефти, идущими на компенсацию падения добычи. Эти группы месторождений требуют разной глубины проработок, методов расчета экономических показателей, нормативно-информационной базы, условий сопоставления и оценки эффективности вариантов разработки. При этом по разрабатываемым «старым» месторождениям экономической оценке подлежат только остаточные запасы на момент составления проекта, включая вариант с новыми методами повышения нефтеотдачи.



Задачей анализа экономической эффективности проекта разработки нефтяных месторождений является расчет основных экономических показателей, выбор наиболее рентабельного варианта, отвечающего критерию достижения максимального чистого дисконтированного дохода (ЧДД). С целью оценки эффективности нефтегазового проекта применяется следующая экономическая методика.

Расчет капитальных вложений и эксплуатационных затрат.

## Расчет капитальных вложений - $Z_{кт}$

### бурение скважин и ГТМ - $Z_{кбт}$

- кустовым и обычным (индивидуальным) методом определяются исходя из их количества и стоимости строительства вертикальных и горизонтальных скважин с учетом характеристик категорий местности (суходолы, болота, озера) по следующим целям эксплуатационного бурения: нефтяных скважин -  $Z_{кбнт}$ , нагнетательных скважин  $Z_{кбнт}$ , газонагнетательных скважин -  $Z_{кбнт}$ , резервных скважин -  $Z_{кбрт}$ .

### оборудование, не входящее в сметы строек - $Z_{кобнст}$

- рассчитываются отдельно для буровых организаций  $Z_{коббт}$  и предприятий нефтедобычи  $Z_{кбдт}$  через коэффициент для учета стоимости оборудования, не входящего в сметы строек прочих организаций  $K_{обп}$ .

### нефтепромысловое обустройство - $Z_{кобт}$

- оборудование скважин под эксплуатацию по способам добычи
- комплекс сбора и транспорта нефти и газа  $Z_{кстт}$ ,
- подготовку  $Z_{кпт}$ ,
- объекты очистки и утилизации сточных вод  $Z_{ксовт}$ ,
- поддержание пластового давления  $Z_{кптдт}$  с закачкой воды (газа, водогазовой смеси).
- строительство объектов общепромыслового назначения  $Z_{кпрт}$  (включаются внутрипромысловые дороги и подъезды к кустам скважин, строительство баз, сооружение линий электропередач и подстанций, объекты автоматизации и телемеханизации, объекты промводснабжения и канализации, а также резерв затрат в другие неучтенные объекты и работы.)

Рисунок 1 – Основные направления методики проведения расчетов капитальных вложений –  $Z_{кт}$

Необходимо отметить, что сложность математического моделирования в проектах разработки месторождений заключается в начальном сборе информации и постоянном ее 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 технико-экономических вычислений является иерархической и может меняться в зависимости от степени изученности и разведанности месторождений, а так же от возможного изменения объемов и содержания исходной геолого-технологической и экономической информации.

С учетом указанных выше объективных факторов и особенностей оценки запасов представим научно-методический подход к составлению инвестиционных проектов с применением современных интеллектуальных технологий.

Современные интеллектуальные технологии в настоящее время ориентированы на специалистов, как в прикладной проблемной области, так и на специалистов в области инженерии знаний (knowledge engineering). Отметим, что инженерия знаний является современным научным направлением, которое изучает методы извлечения и моделирования прикладных знаний, являясь одним из разделов искусственного интеллекта, и используется при создании интеллектуальных систем.



## Эксплуатационные затраты $Z_{эрт}$

### - условно-постоянные $Z_{...}$

- затраты на капитальный ремонт скважин и прочих основных средств  $Z_{акрт}$  исходя из среднегодового количества действующих скважин добывающих и нагнетательных;
- затраты на заработную плату промышленно-производственного персонала  $Z_{зптот}$  основная и дополнительная, с учетом соотношения способов эксплуатации, включая отчисления на социальное страхование исходя из среднегодового количества действующих добывающих скважин;
- затраты по прочим эксплуатационным расходам  $Z_{зпрт}$  исходя из среднегодового количества действующих добывающих скважин;

### - условно-переменные расходы $Z_{...}$

- затраты на сбор и внутрипромысловый транспорт нефти и газа  $Z_{прт}$  исходя из текущей добычи жидкости
- затраты на электроэнергию для механизированной добычи жидкости насосным способом  $Z_{эндт}$  исходя из текущей добычи жидкости насосным способом;
- затраты на повышение нефтеизвлечения  $Z_{эзгт}$  исходя из текущей закачки обогатителя;
- затраты на электроэнергию для подготовки и общепромысловые нужды  $Z_{зптот}$  исходя из текущей добычи нефти,
- $Z_{гпрт}$  – затраты на освоение природных ресурсов.

### - амортизацию $A_{...}$

### - налоговые отчисления $H_{...}$

- Все налоговые инструменты для нефтегазовой отрасли России можно разделить на два вида:
- общие налоги, которые действуют в отношении всех видов предпринимательской деятельности в стране. К ним относятся налог на прибыль, налог на добавленную стоимость, налоги на заработную плату, социальные отчисления и др.;
- специальные налоги, которые отражают рентный характер доходов в отрасли. Такими налогами являются бонусы, налог на добычу полезных ископаемых (НДПИ), таможенная пошлина.

Рисунок 2 – Годовые эксплуатационные затраты  $Z_{эрт}$  на разработку месторождения

Известно, что большой вклад в теорию построения систем, ориентированных на обработку больших объемов исходных данных и способных гибко адаптироваться к изменяющимся условиям обработки информации, внесло новое направление, базирующееся на теории искусственного интеллекта [1, с. 28–31]. Благодаря этому направлению был возможен переход от машинного представления процедур к машинному представлению экспертных знаний. Работы, связанные с этой проблемой, развивались по двум направлениям: бионическому и программно-прагматическому [2, с. 19–22]. Наиболее ярко свое применение нашло программно-прагматическое направление, основой которого стали работы известных ученых-математиков и системотехников, как у нас в стране, так и за рубежом. Так, теория ситуационного управления, развитая в работах академика Д.А. Поспелова, послужила развитию логико-лингвистического моделирования, что привело к появлению такого понятия как «базы знаний». С помощью логико-лингвистических формализмов стало возможным представление в машинной форме декларативных и процедурных знаний.

Отметим, что с помощью методов искусственного интеллекта можно представлять формализованные знания (факты), истинность или ложность которых можно доказать. В частности, эти методы можно использовать в сфере экономики недропользования для моделирования расчетов в нефтегазовых инвестиционных проектах. При этом предполагается анализ обрабатываемой технико-экономической информации по вариантам разработки месторождений с точки зрения построения сложно-структурированных иерархических систем с целью решения задачи синтеза расчетных аналитических алгоритмов.

Применяемые с этой целью семантические сети, с помощью которых строятся различные фразы, позволяют вести осмысленный диалог человека с машиной, в результате чего возможно обучение пользователей наиболее эффективно представить декларативные и процедурные знания эксперта о



решении задачи определения основных экономических показателей по заданному расчетному алгоритму [3, с. 28].

Одной из разновидностей семантических сетей являются функциональные семантические сети, рассмотренные в работах. Такие структуры включают в себя логико-атрибутивные отношения над исследуемыми объектами и предназначаются для решения задач планирования пути достижения нужной цели из некоторой фиксированной начальной ситуации. Результатом решения таких задач является план действий, представляющий собой упорядоченную совокупность операций над исследуемыми объектами. При этом план действий определяется путем, ведущим к целевой вершине функциональной семантической сети (семантического графа). В общем случае, в качестве отношений между вершинами выступают отношения типа «цель-подцель», «цель-действие», «действие-результат» и т.д. В частности, для решения на функциональных сетях задач вычислительного характера формируются отношения типа «часть-целое», «задача-подзадача», «общий случай-частный случай» и т.д.

Метод планирования в пространстве состояний был использован в разработанной в ИПНГ РАН проблемно-ориентированной системе технико-экономической оценки месторождений нефти и газа [3, с. 16].

В последней версии этот пакет представляет неориентированную сеть с вершинами двух типов: дескрипторов, отражающих параметры математической модели, и спецификаторов, отражающих функциональные зависимости между параметрами (рис. 3). Отметим, что функциональная нагрузка дуг переносится на вторую долю (множество вершин спецификаторов) неориентированного двудольного графа, которым представлена семантическая сеть. Здесь спецификаторы являются функциональными выражениями вида  $f(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0$ , которые допускают явное разрешение, хотя бы относительно одного из аргументов  $x_i$ . С таким спецификатором связано  $n$  дескрипторов из множества  $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ . Два спецификатора соединены друг с другом некоторым дескриптором, где дескриптор является связующей вершиной, через которую может быть образован ориентированный путь, ведущий от исходных дескрипторов к целевым.

Такой подход становится наиболее удобным для представления неявных отношений между вершинами-параметрами функциональной семантической сети. Сеть, таким образом, содержит в себе возможные решения, которые выявляются в процессе ориентации сети в пространстве ее возможных состояний.

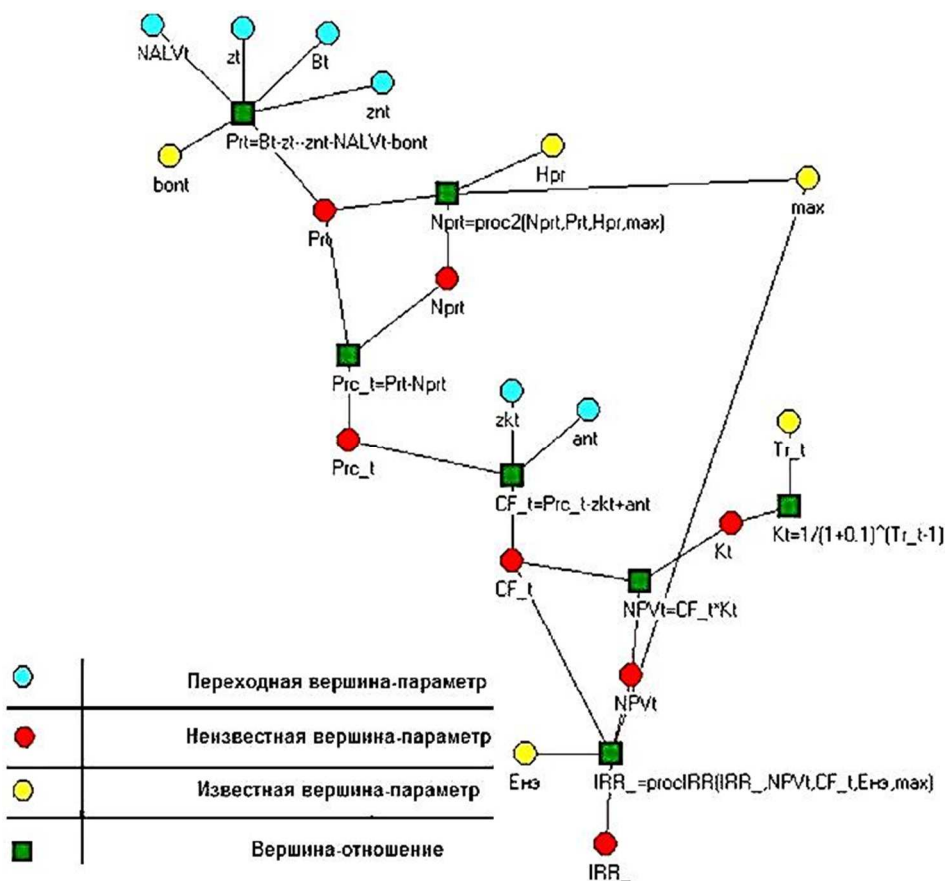


Рисунок 3 – Двудольная семантическая сеть предметной области





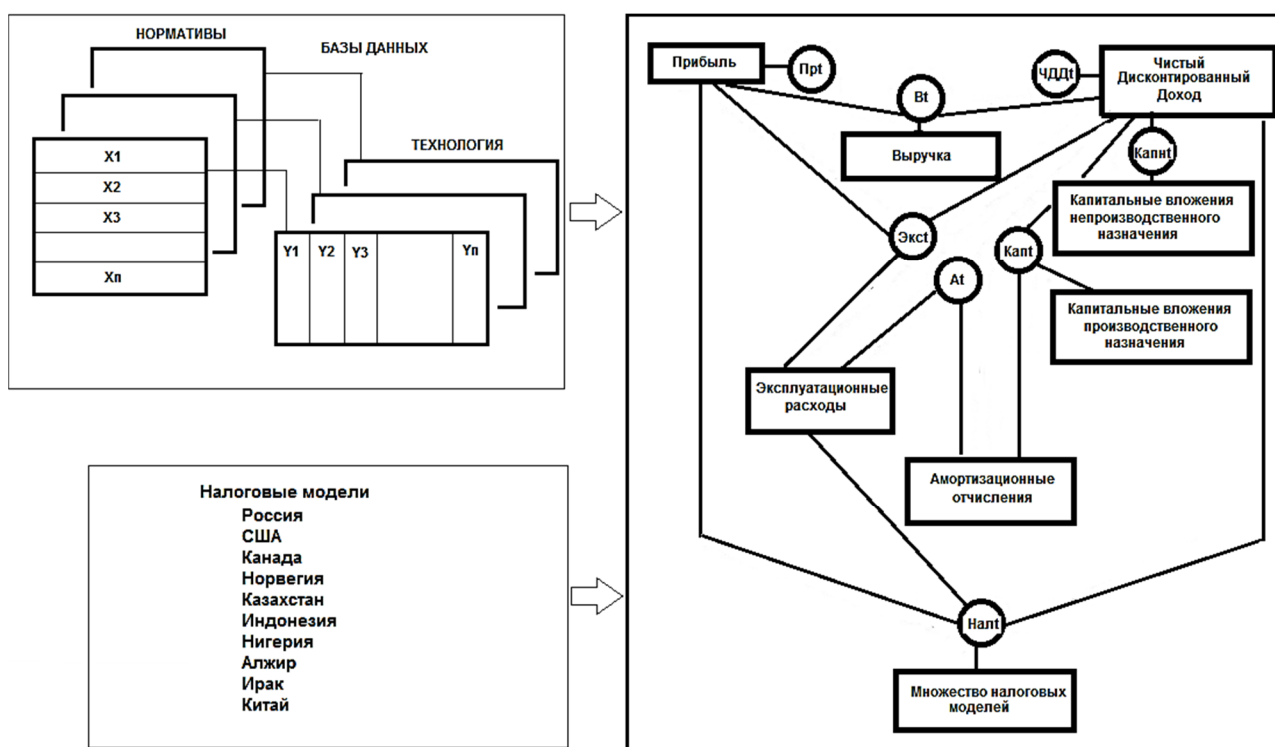
Моделируемая сеть может быть разбита на элементарные компоненты, являющиеся элементарным базисом. Элементарный базис рассмотрим как сеть, содержащую не более одного формального отношения. Будем называть такую сеть структурной связкой.

Основным критерием для ориентации связей в сетях является наличие необходимой информации в вершинах-параметрах, входящих в структурную связку. Эта ориентация определяется алгоритмом, тестирующим заданную структуру на полноту информации. В процессе ориентации графа происходит ранжирование связей, что определяет порядок выполнения расчета. При этом граф принимает вид ориентированной сети с ранжированными связками.

Таким образом, применение семантических моделей представления знаний, позволило разработать проблемно-ориентированную базу знаний (БЗ), являющуюся полем возможных решений при выборе алгоритмов расчета основных технико-экономических показателей по вариантам разработки месторождений нефти и газа.

Применяемые технологии соответствуют концептуальным основам интегрированных интеллектуальных информационных систем, обеспечивающих активное взаимодействие инженеров по знаниям с экспертами-прикладниками. При этом появляется возможность осуществлять весь процесс оптимизации с использованием прикладных баз знаний связанных с технологическими и экономическими базами данных.

На рисунке 4 приведена принципиальная схема процесса композиционного геолого-технико-экономического моделирования инвестиционных проектов освоения промышленных месторождений углеводородов.



**Рисунок 4** – Принципиальная схема процесса композиционного геолого-технико-экономического моделирования инвестиционных проектов

Ядром указанного процесса является интегрированная модельная база функционально организованных предметных знаний, представляемых в форме семантических сетей, отражающих сущность структурных элементов БЗ и функциональные отношения с другими ее элементами.

Отметим, что в современных условиях создание интегрированных информационных технологий технико-экономического моделирования разработки нефтегазовых месторождений является одним из важнейших направлений в сфере цифровой экономики недропользования. Эти технологии обеспечивают компьютерную самоорганизацию (композицию) оптимальной системы разработки месторождений на основе оценки основных технико-экономических критериев по вариантам разработки, а также по нефтегазовому инвестиционному проекту в целом. 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.



В основу системы положена методика технико-экономической оценки вариантов разработки месторождений нефти и газа, разработанная в ИПНГ РАН. Функциональные возможности системы включают следующее:

- использование современной методики расчета, основанной на имитации потока реальных денег;
- минимизацию ограничений на горизонт и шаг расчета;
- широту набора финансовых экономических показателей, используемых для оценки проекта;
- разнообразие сценариев реализации проекта;
- возможность и способы учета инфляции, расчетов в неизменных и текущих ценах;
- возможность и способы учета неопределенности и рисков;
- возможность сохранения в памяти компьютера приемлемых вариантов расчета для последующего сравнения и окончательного отбора и др.

Это позволяет осуществлять компьютерную сборку сложных информационных конструкций из структурных объектов интегрированной информационной среды, что предполагает построение открытых компьютерных систем.

### Литература

1. Абдикеев Н.М. Проектирование интеллектуальных систем в экономике / Российская экономическая академия им. Г.В. Плеханова. – М. : 2003. – 312 с.
2. Башмаков А.И., Башмаков И.А. Интеллектуальные информационные технологии : учеб. пособие. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 304 с.
3. Богаткина Ю.Г., Пономарева И.А., Еремин Н.А. Применение информационных технологий для экономической оценки нефтегазовых инвестиционных проектов. – М. : Макс-Пресс, 2016. – 148 с.

### References

1. Abdikeev N. M. Design of intelligent systems in Economics / Russian Academy of Economics G.V. Plekhanov. – M : 2003. – 312 p.
2. Bashmakov A.I., Bashmakov I.A. Intellectual information technologies: studies. Benefit. – M. : MGTU Publishing house N.E. Bauman, 2005. – 304 p.
3. Bogatkina Yu.G., Ponomareva I.A., Eremin N.A. Application of information technologies for economic evaluation of oil and gas investment projects. – M. : MAKS- Press, 2016. – 148 p.