DOI: https://doi.org/10.25689/NP.2021.1.189-200

УДК: 004:330.322:622.276

Моделирование расчета экономических показателей по месторождениям нефти и газа с применением интеллектуальных алгоритмов

 1 Богаткина Ю.Г., 2 Степанкина О.А. 1 Институт Проблем Нефти и Газа РАН (ИПНГ РАН), Москва, Россия 2 РГУ нефти и газа им И.М. Губкина, Москва, Россия

Modeling of calculation of economic indicators for oil and gas fields using intellectual algorithms

¹Ju.G. Bogatkina, ²O.A. Stepankina

¹IPNG RAS, Moscow, Russia

²Russian State University named after I.M. Gubkin, Moscow, Russia

E-mail: ubgt@mail.ru

Аннотация. В статье показано, что с помощью современных информационных технологий можно представлять формализованные знания (факты), истинность или ложность которых можно доказать. В частности эти методы можно использовать в сфере цифровой экономики недропользования. При этом предполагается анализ обрабатываемой информации по вариантам разработки месторождений с целью решения задачи синтеза расчетных алгоритмов. Привлечение к расчетам «инженеров-системотехников» значительно сокращает процесс моделирования. Актуальным является то, что двудольные графы, входящие в состав разработанной автоматизированной системы, позволяют в наглядном виде вводить и корректировать технико-экономическую информацию по вариантам разработки месторождений.

Ключевые слова: месторождения нефти и газа, экономическая оценка, экономическое моделирование, компьютерное моделирование, автоматизированная система, инвестиционный проект, экономический расчет

Для цитирования: Богаткина Ю.Г., Степанкина О.А. Моделирование расчета экономических показателей по месторождениям нефти и газа с применением интеллектуальных алгоритмов//Нефтяная провинция.-2021.-№1(25).-С.189-200. DOI https://doi.org/10.25689/NP.2021.1.189-200

[©] Богаткина Ю.Г., Степанкина О.А., 2021

Abstract. The article shows that with the help of modern information technologies it is possible to represent formalized knowledge (facts), the truth or falsity of which can be proved. In particular, these methods can be used in the digital economy of subsoil use. In this case, it is supposed to analyze the processed information on the options for field development in order to solve the problem of synthesizing computational algorithms. Involvement of "systems engineers" in calculations significantly reduces the modeling process. Relevant is that the bipartite graphs, which are part of the developed automated system, allow you to visually enter and correct technical and economic information on the options for field development.

Key words: oil and gas fields, economic assessment, economic modeling, computer modeling, automated system, investment project, economic assessment

For citation: Ju.G. Bogatkina, O.A. Stepankina Modelirovanie rascheta jekonomicheskih pokazatelej po mestorozhdenijam nefti i gaza s primeneniem intellektual'nyh algoritmov [Modeling of calculation of economic indicators for oil and gas fields using intellectual algorithms]. Neftyanaya Provintsiya, No. 1(25), 2021. pp. 189-200. DOI https://doi.org/10.25689/NP.2021.1.189-200 (in Russian)

Современные компьютерные технологии в настоящее время ориентированы на специалистов, как в прикладной проблемной области, так и на *инженеров-системотехников*. Такой подход является современным научным направлением, являясь одним из разделов искусственного интеллекта, с целью создания прикладных автоматизированных систем.

С помощью этих методов можно представлять формализованные знания, истинность или ложность которых можно доказать. Видится, что наиболее эффективно моделирование экспертных знаний можно использовать в сфере экономики-недропользования для формирования расчетов экономических показателей по месторождениям нефти и газа.

Анализ экономической информации основан на формировании семантических иерархических графов с целью построения аналитических алгоритмов. Семантические двудольные графы позволяют строить алгоритмы на основе диалога эксперта и машины, что в результате приводит к обучению конечного пользователя строить декларативные и процедурные знания о решении задачи. [1-12].

Отметим, что такие алгоритмы были разработаны и применены в составе базы знаний отраслевой автоматизированной системы, созданной в

ИПНГ РАН. Построение и интерпретация базы знаний основаны на диаграммных техниках с помощью теории Варнье-Орра и CASE-технологий с целью многократного перестроения программного кода.

Технологии являются основой алгоритмов планировщика вычислений для технико-экономической оценки нефтегазовых инвестиционных проектов.

Планировщик вычислений является управляющей программой, включающей в себя алгоритмы сочетания пар на двудольных графах и алгоритм поиска в глубину [1-12].

Системой предусматривается определение денежной ценности месторождений природных углеводородов на основе расчета ряда технологических и экономических показателей. К ним относятся затраты на разработку месторождений, а также основные критерии оценки — чистый дисконтированный доход, внутренняя норма рентабельности, срок окупаемости инвестиций, индекс доходности месторождения и прибыль.

При проведении экономической оценки нефтегазовых проектов учитывается принципиальная 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 увеличения извлечения нефти, идущими на компенсацию падения добычи. При этом по разрабатываемым «старым» месторождениям экономической оценке подлежат только остаточные запасы на момент составления проекта, включая вариант с новыми методами повышения нефтеотдачи.

Разработанная методика комплексной экономической оценки эффективности разработки нефтегазовых месторождений послужила основой для теоретических и прикладных исследований в области применения современных информационных технологий [11,12].

Методика предполагает использования следующего информационного подхода:

- 1. Формирование информационной технико-экономической модели базы данных по вариантам разработки нефтегазовых месторождений;
- 2. Формирование информационной экономической модели базы знаний на основе экономической методики оценки вариантов разработки нефтегазовых месторождений с применением семантических сетей;
- 3. Использование различных налоговых моделей в недропользовании в составе базы знаний.

На основании проведения гидродинамических расчетов в системе строятся прогнозные модели технико-экономических расчетов по вариантам разработки.

В технико-экономическую оценку включаются технологические варианты разработки, 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.

Все варианты систем разработки подвергаются экономической оценке с помощью автоматизированной системы по годам, этапам разработки, а также в целом за проектный срок с учетом особенностей сбыта продукции (внешнего и внутреннего рынка). В дальнейшем экспертами осуществляется экономическое обоснование методов воздействия на пласты с целью наиболее эффективного извлечения из недр запасов природных углеводородов.

Для расчета капитальных вложений и эксплуатационных расходов на

добычу углеводородов по вариантам помимо геолого-технологических параметров, необходимы нормативы удельных затрат дифференцированные по сеткам скважин (вариантам) и стадиям проектирования. Нормативы капитальных и эксплуатационных затрат обосновываются авторами проектов на основании проектно-сметной документации и анализа фактической информации с учетом инфляционных индексов цен, разрабатываемых и утверждаемых правительством РФ. При привлечении к инвестированию проектов иностранных партнеров нормативы разрабатываются с их участием.

Рассмотрим процесс обработки информации подробней. С помощью интерактивного интерфейса системе дается запрос на формирование расчетного алгоритма. Этот запрос обрабатывается планировщиком вычислений, в результате чего осуществляется импорт исходной информации из баз данных технико-экономических показателей, и, далее поиск необходимых формул и программных процедур, которые будут составлять расчетный модуль на языке бейсик. Процесс также основан на поиске известных переменных, входящих в базу данных технико-экономических показателей по вариантам разработки месторождений. Отметим, что база данных включает в себя финансовый дефлятор учитывающий курс рубля по отношению к доллару. В результате планировщик выбирает из базы знаний те процедуры, которые связаны с известными параметрами. Графы при этом переходят из пассивного состояния в активное, что соответствует окончанию составления расчетной программы. На основе OLE-технологий программный код передается в электронные таблицы, в которых производятся вычисления.

Для многовариантных расчетов разработан алгоритм ранжирования вариантов, в порядке возрастания чистого дисконтированного дохода, как целевой функции. Важным является то, что наиболее эффективный и оптимальный вариант определяется только на основе экспертных заключе-

ний, а также переговоров между государством и инвестором (инвесторами).

Состав и содержание исходных данных может меняться во времени. Значимость моделей определяется на основании целевой функции. На вход системы поступает множество исходных данных и расчетных техникоэкономических моделей (Рис. 1, 2).

СОЗДАНИЕ НАЧАЛЬНОГО МНОЖЕСТВА АЛГОРИТМОВ СРП Россия 1-я модель РАНЖИРОВАНИЕ В СООТВЕТСТВИИ С ЦЕЛЕВОЙ Вариант решения задачи

Рис. 1. Работа интеллектуальных алгоритмов



Рис. 2. Схема работы планировщика вычислений

На рис. 2 и в табл. 1 показано наглядное представление работы интеллектуальных алгоритмов.

Таблица 1 Результаты расчетов на условиях СРП стран недропользователей по данным ИПНГ РАН в 2017 году по Ольховскому месторождению

Страны недропользователи	Индонезия	Нигерия	Ирак	Россия
Налоги (млн.руб.)	12335	14877	17367	9958
Поток денежной наличности (млн.руб.)	3793	6025	8533	10680
Чистый дисконтированный доход (млн.руб.)	1001	1530	2260	2828
Индекс доходности (ед.)	3,0	4,4	5,6	5,9
Доход государства (млн.руб.)	30194	27963	25455	23308

Рассмотрим механизм работы алгоритмов на примере. За основу возьмем модель расчета выручки от реализации продукции, которая представлена двудольным графом E (Табл. 2, рис.3).

Для формирования программного кода расчета выручки системе формулируется задание: «Рассчитать выручку». Задание поступает в систему в виде запроса. В результате планировщиком создается перечень исходных данных и отмечается искомая вершина (\mathbf{B}_t).

В примере показано, что информация о реализации попутного газа - параметр $qg_{_t}$, отсутствует, поэтому планировщик игнорирует все вершины связанные с этим параметром и формулы исключаются из расчетов (Рис. 4).

Таблица 2 Перечень вершин-параметров для расчета выручки от реализации продукции

\mathbf{B}_{t} - выручка от реализации углеводородов	
$\mathrm{B1}_{t}$ - выручка от реализации нефти	
$B2_t$ - выручка от реализации газа	
qn_ _t – добыча нефти	
qg_ ₁ – добыча газа	
Cn_v – цена на нефть на внутреннем рынке	
Cn_m - цена на нефть на внешнем рынке	
Сgv - цена на газ	
А1 – доля реализации нефти на внутреннем рынке	
А2 - доля реализации нефти на внешнем рынке	

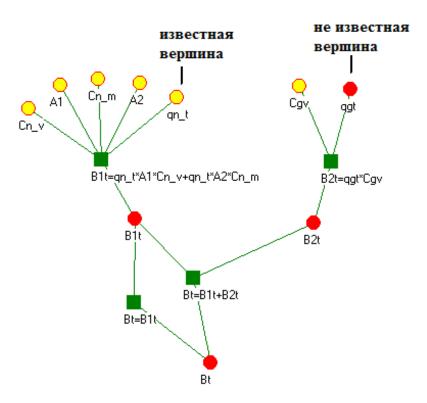


Рис. 3. Неориентированная семантическая сеть для расчета выручки (Граф Е)

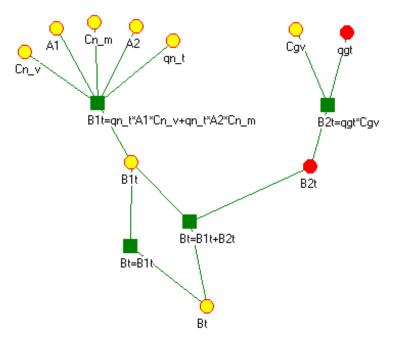


Рис. 4. Ориентированная семантическая сеть для расчета выручки (граф Е')

При определении минимальной системы отношений, как ядра задачи, получаем следующий алгоритм, написанный в виде макроса в формате пакета EXEL (Рис. 5).

Видится, что применение поисковых алгоритмов в рассматриваемом подходе экономической оценки разработки месторождений может позво-

лить решить задачу принятия оптимального решения на основе имеющихся исходных данных.

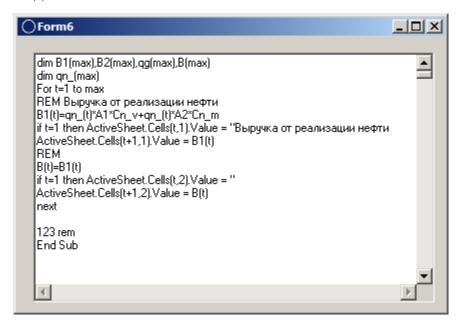


Рис. 5. Алгоритм расчета выручки

Система проста в использовании и формирует алгоритмы в формате «скаляр», «вектор», что полностью отвечает требованиям решаемых прикладных задач. Системой не предусматривается обработка двумерных массивов, однако использование дополнительных программных библиотек может решить эту проблему при небольшой доработке системы. Время обработки баз знаний зависит от числа семантических подсетей, входящих в базы знаний. Для решения рассматриваемых задач время интерпретации семантических сетей не превышает трех минут для построения программного кода, а время расчета по программному коду составляет несколько секунд.

Актуальным является то, что подход может быть применен для формирования расчетов экономических показателей по вариантам разработки месторождений природных углеводородов, что в период цифровизации экономики и реформирования нефтегазодобывающего сектора России является крайне важным.

Список литературы

- 1. Абдикеев Н.М. Проектирование интеллектуальных систем в экономике// Российская экономическая академия им. Г.В.Плеханова, М:-2003г, 312 с.
- 2. Башмаков А.И, Башмаков И.А. Интеллектуальные информационные технологии// Учеб.пособие М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2005 304с.
- 3. Вагин В.Н. Дедукция и обобщение в системах принятия решений./ М.: Наука, 1988, 384с.
- 4. Змитрович А.И. Интеллектуальные информационные системы //Минск, ТетраСистемс, 1997, 367с
- 5. Кахро М.И., Калья А.П., Тыугу Э.Х. Инструментальная система программирования на ЕС ЭВМ (ПРИЗ). /Финансы и статистика, 1988, 175с
- 6. Поспелов Г.С. Искусственный интеллект основа новой информационной технологии. / М: Наука, 1988, 280c.
- 7. Поспелов Г.С. Системный анализ и искусственный интеллект./ М:ВЦ АН СССР, 1980, 200с.
- 8. Поспелов Г.С., Поспелов Д.А. Искусственный интеллект прикладные системы. / М.: Знание, 1985, 48с.
- 9. Поспелов Д.А. Фантазия или наука. На пути к искусственному инте-ллекту. / М: Наука, 1982, 220с.
- 10. Трахтенгерц Э.А, Степин Ю.П., Андреев А.Ф Компьютерные методы поддержки принятия управленческих решений в нефтегазовой промышленности. М.: СИНТЕГ, 2005. 592 с.
- 11. Пономарева И.А, Богаткина Ю.Г., Еремин Н.А. Комплексная экономическая оценка месторождений углеводородного сырья в инвестиционных проектах.//М.-Наука, 2006г,134с.
- 12. Богаткина Ю.Г. Оценка эффективности инвестиционных проектов в нефтегазовой отрасли с использованием механизмов автоматизированного моделирования//Монография, Москва, Макс Пресс, 2020, 246с

References

- 1. Abdikeev N.M. *Proektirovanie intellektualnykh sistem v ekonomike* [Engineering of intelligent systems in economics]. Plekhanov Russian Academy of Economics, Moscow, 2003, 312 p. (in Russian)
- 2. Bashmakov A.I, Bashmakov I.A. *Intellektualnye informatsionnye tekhnologii* [Intellectual information technologies]. Moscow: Bauman Moscow State Technical University Publ., 2005, 304p. (in Russian)
- 3. Vagin V.N. *Deduktsiya i obobshchenie v sistemakh prinyatiya resheniy* [Deduction and generalization in decision-making systems]. Moscow: Nauka Publ., 1988, 384p. (in Russian)
- 4. Zmitrovich A.I. *Intellektualnye informatsionnye sistemy* [Intellectual information systems]. Minsk: Tetrasystems Publ., 1997, 367p. (in Russian)
- 5. Kakhro M.I., Kalya A.P., Tyugu E.Kh. *Instrumentalnaya sistema programmirovaniya na ES EVM (PRIZ)* [Development computer programming system (PRIZ)]. Moscow: Financy i statistika Publ. [Finances and statistics], 1988, 175p. (in Russian)
- 6. Pospelov G.S. *Iskusstvennyy intellekt osnova novoy informatsionnoy tekhnologii* [Artificial intelligence basis for new information technology]. Moscow: Nauka Publ., 1988, 280p. (in Russian)

- 7. Pospelov G.S. *Sistemnyy analiz i iskusstvennyy intellect* [System analysis and artificial intelligence]. Moscow: VTs AN SSSSR, 1980, 200p. (in Russian)
- 8. Pospelov G.S., Pospelov D.A. *Iskusstvennyy intellect prikladnye sistemy* [Artificial intelligence applied systems]. Moscow: Znaniye Publ., 1985, 48p. (in Russian)
- 9. Pospelov D.A. *Fantaziya ili nauka. Na puti k iskusstvennomu intellektu* [Fantasy or science. Underway towards artificial intelligence]. Moscow: Nauka Publ., 1982, 220p. (in Russian)
- 10. Trakhtengerz E.A., Stepin Yu.P., Andreev A.F. *Kompyuternye metody podderzhki prinyatiya upravlencheskikh resheniy v neftegazovoy promyshlennosti* [Computer-based managerial decision-making support methods in the oil and gas industry]. Moscow: SIN-TEG Publ., 2005, 592 p. (in Russian)
- 11. Ponomareva I.A., Bogatkina Yu.G., Eremin N.A. *Kompleksnaya ekonomicheskaya otsenka mestorozhdeniy uglevodorodnogo syrya v investitsionnykh proektakh* [Complex economic assessment of petroleum fields in investment projects]. Moscow: Nauka Publ., 2006,134 p. (in Russian)
- 12. Bogatkina Yu.G. *Otsenka effektivnosti investitsionnykh proektov v neftegazovoy otrasli s ispolzovaniem mekhanizmov avtomatizirovannogo modelirovaniya* [Cost-benefit analysis of investment projects in the oil and gas industry using computer-aided modeling mechanisms]. Moscow: Maks Press Publ., 2020, 246 p. (in Russian)

Сведения об авторах

Богаткина Юлия Геннадьевна, к.т.н, в.н.с аналитического центра научно-технического прогнозирования в нефтегазовой отрасли, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт Проблем Нефти и Газа Российской Академии Наук (ИПНГ РАН)

Россия, 119333, Москва, ул. Губкина, 3

E-mail: ubgt@mail.ru

Станкина Ольга Александровна, старший преподаватель кафедры автоматизированных систем управления, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина Россия, 119991, Москва, Ленинский пр-т, 65

E-mail: olga@bugtraq.ru

Authors

Ju.G. Bogatkina, PhD, Leading Research Associate, Analytical Center for Technology Forecasting in the Oil and Gas Industry, Federal State Budgetary Institution – Institute of Oil and Gas Problems of the Russian Academy of Sciences

3, Gubkina st., Moscow, 119333, Russian Federation

E-mail: ubgt@mail.ru

O.A. Stepankina, Senior Lecturer, Chair of Automated Control Systems, Russian State University named after I.M. Gubkin

65, Leninsky Ave., Moscow, 119991, Russian Federation

E-mail: olga@bugtraq.ru

Статья поступила в редакцию 20.12.2020 Принята к публикации 13.03.2021 Опубликована 30.03.2021