

базы // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2013. – № 5. – С. 62–73.

8. Логвинов М.И., Старокожева Г.И., Файдов О.Е. Состояние ресурсной базы углей европейской части России в современных экономических условиях // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2006. – № 2. – С. 26–35.

9. Ткач С.М. Методологические и геотехнологические аспекты повышения эффективности освоения рудных и россыпных месторождений Якутии / Отв. ред. С. А. Батугин; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т горн. дела Севера. – Якутск: Изд-во ИМЗ СО РАН, 2006. – 284 с.

Поступила в редакцию 28.10.2014

УДК 332.64

## Построение экспертной системы для геолого-экономической оценки нефтяных месторождений в условиях неопределенности и рисков

Л.В. Скопина, Н.Е. Шубников

*Нефтедобыча является важнейшим сектором российской экономики. В условиях снижения цен на нефть и введения западных санкций перед государством и крупнейшими вертикально-интегрированными компаниями стоит задача сохранения и увеличения объемов добычи нефти. Освоение нефтяного месторождения является долгосрочным инвестиционным проектом, характеризующимся неопределенностью и рисками на всех этапах реализации. Актуализируется создание универсального инструмента геолого-экономической оценки проведения геологоразведочных работ и дальнейшей разработки нефтяного участка. Предлагается схема экспертной системы для оценки эффективности разработки ресурсов нефти. Описываются основные элементы экспертной системы, указываются преимущества использования экспертной системы для оценки экономической эффективности освоения нефтяного месторождения по сравнению с привлечением специалистов-экспертов.*

Ключевые слова: неопределенность и риски в нефтедобыче, оценка эффективности инвестиций, нечеткое моделирование, экспертная система.

*Oil production is the most important sector of the Russian economy. In the face of declining oil prices and the introduction of Western sanctions, the government and the largest vertically integrated companies meet the objective of maintaining and increasing the volume of oil production. Development of oil field is a long term investment project, which is characterized by uncertainty and risks at all stages of realization. The article actualizes creation of universal tool for geological and economic evaluation of exploration and further development of oil field. Scheme of an expert system for efficiency evaluation of oil field development is proposed. The main elements of the expert system are described; the advantages of using the expert system to assess the economic efficiency of oil development in comparison with the involvement of experts are indicated.*

Key words: uncertainty and risks in oil production, estimation of efficiency of investments, fuzzy modeling, expert system.

Сырьевой характер российской экономики обуславливает высочайшую значимость показателей нефтедобычи для стабильного функционирования страны. От цен на нефть зависит поступление экспортных пошлин на углеводороды и приток валюты в государственную каз-

ну. В настоящее время на фоне рекордного за последние годы снижения цен на нефть и введения западных санкций особо острым вопросом для правительства нашей страны становится эффективная нефтедобыча.

Перед государством и крупнейшими вертикально-интегрированными компаниями стоит стратегическая задача сохранения и даже увеличения объемов добычи нефти, решением которой может стать вовлечение в разработку новых месторождений. Требуется вводить в эксплуатацию месторождения, расположенные в малоизученных регионах страны.

Освоение новых топливно-энергетических ре-

СКОПИНА Лариса Владимировна – к.э.н., доцент, с.н.с. Новосибирского национального исследовательского государственного университета, l.v.skopina@gmail.com; ШУБНИКОВ Никита Евгеньевич – аспирант Новосибирского национального исследовательского государственного университета, Nikita.Shubnikov@gmail.com.

сурсов требует качественного инвестирования, как со стороны государства, так и со стороны частных компаний. Привлечение инвестиций, необходимых для осуществления проектов нефтедобычи, возможно только на основе достоверной и эффективной экономической оценки освоения нефтяных месторождений. Точность прогнозов рентабельности разработки месторождений напрямую зависит от количества и качества имеющейся информации, которой в настоящее время недостаточно.

Проведение геологоразведочных работ и дальнейшая разработка месторождения должны рассматриваться как долгосрочный инвестиционный проект, осуществляемый в условиях неопределенности и рисков. Для оценки эффективности инвестиционного проекта применяют следующие основные показатели: чистый дисконтированный доход, внутреннюю норму рентабельности, индекс доходности инвестиций, индекс доходности затрат, срок окупаемости инвестиций. Но использовать их можно только в том случае, если точно известны все входящие параметры [1]. Традиционные методы оценки не могут дать точных результатов в случае оценки нефтяных инвестиционных проектов, так как нефтедобыча характеризуется множеством неопределенностей на всех стадиях освоения месторождения.

Результаты исследования [2] показывают, что рациональным для оценки экономической эффективности освоения нефтяного месторождения в условиях среднего уровня неопределенности является применение методов нечеткого моделирования, позволяющих включить в анализ как количественные, так и качественные переменные.

В последние годы в связи с отсутствием государственного полномасштабного мониторинга объектов нефтяной отрасли весьма актуальным стало создание универсального инструмента геолого-экономической оценки эффективности освоения нефтяных месторождений. Одним из современных российских ученых, отмечающих необходимость создания подобного инструмента, является директор Энергетического центра Московской школы управления «Сколково» Григорий Выгон. Данный инструмент, а также сопутствующая ему единая база данных по нефтяным месторождениям России, предоставит возможность принимать обоснованные управленческие решения, в том числе и в сфере налогообложения. По мнению ученого, одной из ключевых проблем, мешающих построению сбалансированной долгосрочной стратегии развития нефтяной отрасли, является низкое качество исходной информа-

ции. Государство имеет искаженную информацию о том, сколько нефти и на каких месторождениях компании смогут добыть в будущем. Следовательно, качество официальных прогнозов добычи нефти в России остается крайне низким, возникают сложности при определении групп трудноизвлекаемых запасов, нуждающихся в стимулировании, а трубопровод ВСТО заполняется в основном западносибирской нефтью Ванкорского месторождения [3]. Непрозрачность информации о разработке месторождений для государства привела к созданию неоправданно жесткой налоговой системы. Дороговизна и недоступность информации для нефтедобывающих компаний ведет к сокращению инвестиций в добычу и восполнение минерально-сырьевой базы.

Авторами предлагается разработка экспертной системы, учитывающей применение методов нечеткого моделирования. Экспертная система может стать современным инструментом геолого-экономической оценки, позволяющим обосновывать принятие решение об инвестициях в разработку нефтяных месторождений.

«Экспертная система – система, имитирующая образ действия высококвалифицированных специалистов-экспертов в конкретных предметных областях» [4].

Согласно книге «Построение экспертных систем» [5], экспертной является система, которая располагает экспертными правилами, рассуждает путем оперирования символами, владеет фундаментальными принципами из предметной области. Она может воспринимать описание задачи в произвольных терминах и преобразовывать его во внутреннее представление, пригодное для обработки с использованием экспертных правил.

Предметом теории экспертных систем являются методы создания человеко-машинных систем, способных решать задачи в некоторой узкоспециализированной области. Для того чтобы решать поставленные задачи, экспертные системы должны включать общедоступные данные и индивидуальные знания. Общедоступные данные – факты, определения и теории, статистические данные, изложенные в учебниках и справочниках. Индивидуальные знания – интуиция, а также уникальные навыки и познания экспертов, которые, как правило, в значительной степени состоят из эмпирических правил и позволяют экспертам эффективно принимать решения в условиях неопределенности и неполноты общедоступных данных. Одной из важнейших задач при построении экспертных систем является выявление и воспроизведение таких знаний.

Основная задача разрабатываемой экспертной системы: по исходным общедоступным данным о нефтяном месторождении и необходимым инди-

видуальным знаниям, полученным от экспертов, позволить инвестору или оценщику получить предварительную оценку экономической и геологической эффективности освоения месторождения. В ходе разработки и эксплуатации месторождения следует решать вопрос о целесообразности дальнейшего освоения.

Создание экспертной системы для оценки эффективности освоения нефтяного месторождения невозможно без привлечения следующих специалистов: экспертов, инженеров по знаниям, программистов.

1. Эксперты по оценке эффективности освоения нефтяного месторождения – высококвалифицированные специалисты, которые передают системе свои уникальные знания, необходимые для оценки эффективности освоения конкретного месторождения. Решение о разработке месторождения принимается исходя из геологической и экономической целесообразности, поэтому важно привлечение специалистов в области подсчета запасов, разработки месторождений и их экономической оценки, то есть экспертов следующих специальностей: геологи, технологи, экономисты, специалисты по геолого-экономической оценке освоения нефтяных месторождений.

При формировании группы экспертов необходимо учитывать такие характеристики, как [6]:

- Компетентность – степень квалификации эксперта в данной области знаний. Эта компетентность должна быть продемонстрирована на основе: личных качеств, способности применять знания и умения, которые приобретаются посредством образования, опыта работы, подготовки в качестве эксперта и опыта проведения экспертиз. Эксперты развивают, поддерживают и улучшают свою компетентность посредством постоянного повышения квалификации и регулярного участия в экспертизах [7].

- Достоверность суждений, которая определяется на основе информации о прошлом опыте участия эксперта в решении проблем.

- Конформизм – подверженность влиянию авторитетов, при котором мнение авторитета может подавлять лиц, обладающих более высокой компетентностью.

- Коллективизм и самокритичность.

2. Инженер по знаниям – это специалист по разработке экспертных систем, который помогает эксперту выявить и структурировать знания, необходимые для работы экспертной системы, осуществляет выбор того инструментального средства, наиболее подходящего для данной проблемной области. Он и определяет способ представления знаний в этом инстру-

ментальном средстве, выделяет и программирует (традиционными средствами) стандартные функции (типичные для данной проблемной области), которые будут использоваться в правилах, вводимых экспертом [8].

Инженер по знаниям действует в качестве посредника между экспертами и экспертной системой, знаком с принципами построения экспертной системы, владеет специальными языками описания знаний.

Инженер по знаниям должен обладать следующими качествами:

- психологическими: интеллектуальность, коммуникабельность, дипломатичность;

- профессиональными: глубокие знания в области интеллектуальных систем, моделей представления знаний, процесса разработки экспертных систем, владение методами извлечения знаний, знание методов и способов программирования.

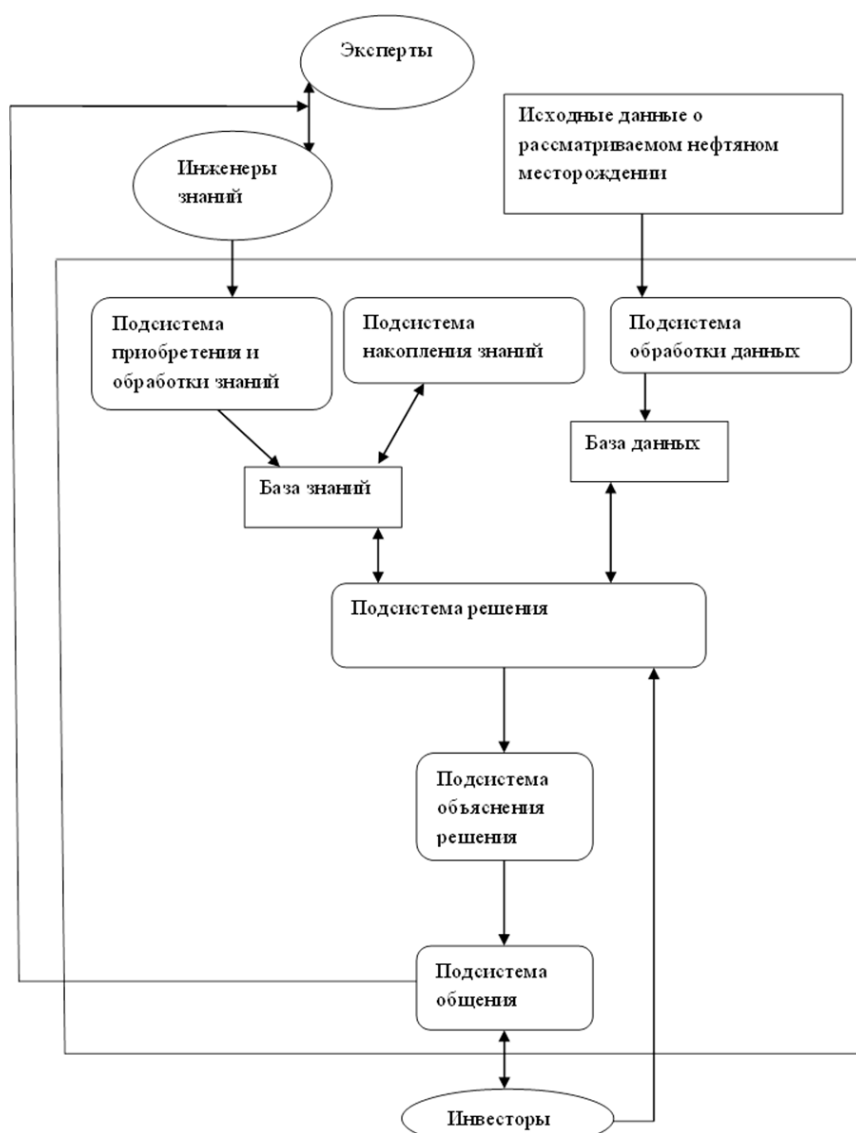
Программист или группа программистов разрабатывает инструментальное средство, включающее все основные компоненты экспертной системы, а также осуществляет соединение системы с окружением (существующим оборудованием и программным обеспечением). Важно отметить, что к помощи программистов стоит прибегать в том случае, если в качестве инструментария используется низкоуровневое средство разработки, то есть какой-либо язык программирования. Если же система разрабатывается с использованием оболочки экспертной системы (класс программ, позволяющих создать экспертную систему на основе уже существующей и хорошо себя зарекомендовавшей экспертной системы), то привлечение программиста не требуется, а его функции выполняет квалифицированный инженер по знаниям [9].

Рассмотрим основные элементы предлагаемой экспертной системы для оценки эффективности освоения нефтяных месторождений в условиях неопределенности и рисков (рисунок).

1. Подсистема обработки данных – преобразует исходные данные в форму, необходимую для проведения расчета эффективности освоения нефтяного месторождения.

2. Подсистема приобретения и обработки знаний – преобразует знания экспертов в форму, необходимую для проведения расчета эффективности освоения нефтяного месторождения.

3. Подсистема накопления знаний – призвана дополнить знания эксперта путём формирования эмпирических зависимостей из имеющихся неполных (или даже противоречивых) исходных данных, интерполяции и экстраполяции этих данных, вывода новых фактов и правил в процессе обучения и взаимодействия со средой [10].



Структурная схема экспертной системы

инвестиционного проекта, используемых для расчёта целевого показателя, учтены в соответствующих нечётких оценках, а веса вхождения сценариев в полную группу характеризуются функцией принадлежности. Суть заключается в том, что задаются нечёткие интервалы значений всех переменных, влияющих на реализацию инвестиционного проекта, попадание в которые характеризуется некоторой степенью неопределённости. В итоге посредством операций над интервалами получается нечёткий интервал значения целевого показателя. Использование метода нечётких множеств позволяет включить в анализ не только количественные, но и качественные переменные, оперировать неопределёнными и нечёткими входными данными [2]. Результаты исследования показали, что для принятия решения о разработке нефтяного месторождения целесообразно построить и проанализировать функцию принадлежности чистого дисконтированного дохода. Таким образом, одной из основных частных целей нашей экспертной системы будет построение функции принадлежности чистого дисконтированного дохода. «Для определения функций принадлежности разработаны различные экспертные методы.

4. База знаний – является хранилищем индивидуальных знаний экспертов.

5. База данных – является хранилищем общедоступных данных.

6. Подсистема решения – основной элемент предлагаемой к разработке экспертной системы. В нее предлагается включить эффективные алгоритмы геолого-экономической оценки эффективности освоения нефтяного месторождения, и в частности алгоритмы построения на основе нечеткого моделирования. Оценка эффективности реализации инвестиционного проекта с помощью аппарата теории нечётких множеств лишена недостатков традиционных методов оценки. Предполагается, что все возможные сценарии развития событий, отражающиеся во входных данных рассматриваемого

В ряде случаев используют типовые формы функций принадлежности, тогда методом экспертных оценок определяется тип функций принадлежности и их параметры»[10].

Подсистема объяснения решения – отвечает на вопрос, почему инвестор должен принять рекомендуемое системой решение, объясняет, как было получено решение.

Подсистема общения – интеллектуальный интерфейс, который предоставляет инженеру по знаниям инструменты для опроса эксперта, компоновки, редактирования и испытаний базы знаний, а инвестору – возможность доступа в простой и наглядной форме к работе экспертной системы, базе знаний и базе данных.

В статье [2] авторами была проведена оценка эффективности реализации инвестиционного

проекта в нефтедобыче с помощью аппарата теории нечетких множеств. Были заданы нечеткие интервалы значений всех переменных, влияющих на реализацию инвестиционного проекта, получен нечеткий интервал значения целевого показателя: чистого дисконтированного дохода. Была построена функция принадлежности чистого дисконтированного дохода, на анализе которой на основании выбранного критерия эффективности обосновывалось принятие решение о целесообразности инвестирования в разработку рассматриваемого месторождения.

Недостатком описанной выше процедуры оценки эффективности являются трудоёмкость и неуниверсальность, а также высокая зависимость от специалистов, проводящих процедуру оценки. В случае потребности оценки другого инвестиционного проекта необходимо повторное привлечение специалистов и проведение всех аналогичных расчетов. Построение экспертной системы для оценки эффективности освоения месторождения должно стать удобным решением для устранения данных недостатков.

Экспертная система в сравнении со специалистом-экспертом имеет ряд преимуществ:

- Эффективность. Применение экспертных систем увеличивает производительность и позволяет уменьшить затраты персонала.

- Широта. Объединение знаний многих экспертов и возможность хранения больших объёмов информации позволяет экспертным системам решать широкий круг вопросов.

- Устойчивость. Ничто не влияет на качество работы системы, в то время как компетенция человека-эксперта может со временем снижаться. Экспертные системы устойчивы к «помехам» и влиянию внешних факторов, не связанных с решением задачи, но которые могут повлиять на действия эксперта.

- Воспроизводимость. Успешно функционирующую экспертную систему можно растиражировать и использовать неограниченное число раз.

- Лёгкость и быстрота передачи информации. Если процесс передачи информации между экспертами может занимать долгое время, то внутри экспертной системы информация передаётся быстро и в полном объёме.

- Стоимость. Денежные средства необходи-

мо одновременно затратить на разработку и создание экспертной системы, в то время как за привлечение высококвалифицированного специалиста-эксперта нужно платить каждый раз.

Вместе с тем, стоит отметить тот факт, что функционирование экспертной системы невозможно без человека-эксперта. Таким образом, проблему оценки эффективности освоения нефтяных месторождений целесообразно решать с помощью привлечения высококвалифицированных экспертов и построения экспертной системы.

### Литература и источники

1. Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов: Теория и практика. – М.: Дело, 2002. – 888 с.
2. Мкртчян Г.М., Морозов В.П., Скопина Л.В., Шубников Н.Е. Развитие доходных методов оценки эффективности разработки лицензионных участков с учётом неопределённости и рисков // Наука и образование. – 2012. – №3. – С. 101–105.
3. Выгон Г. В поисках равновесия // URL: <http://izvestia.ru/news/554451> (дата обращения: 24.09.2014 г.).
4. Васильев В.И., Ильясов Б.Г. Интеллектуальные системы управления. Теория и практика: учебное пособие. – М.: Радиотехника, 2009. – 392 с.
5. Построение экспертных систем: Пер. с англ. / Под ред. Ф. Хейеса-Рота, Д. Уотермана, Д. Лената. – М.: Мир, 1987. – 441 с.
6. Хабаров С.П. Экспертные системы (Конспект лекций) // URL: [http://www.habarov.spb.ru/main\\_es.htm](http://www.habarov.spb.ru/main_es.htm) (дата обращения: 14.05.2014 г.).
7. Требования к экспертам и руководителям экспертных групп по оценке и сертификации квалификаций в нефтегазоперерабатывающей отрасли // URL: [http://www.gubkin.ru/departaments/educational\\_activities/SPQ/EMC/ND/treb\\_exp.pdf](http://www.gubkin.ru/departaments/educational_activities/SPQ/EMC/ND/treb_exp.pdf) (дата обращения: 27.04.2014 г.).
8. Попов Э.В., Фоминых И.Б., Кисель Е.Б., Шапотов М.Д. Статические и динамические экспертные системы: учебное пособие. – М.: Финансы и статистика, 1996. – 320 с.
9. Муромцев Д.И. Введение в технологию экспертных систем. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2005. – 93 с.
10. Усков А.А., Круглов В.В. Интеллектуальные системы управления на основе методов нечеткой логики. – Смоленск: Смоленская городская типография, 2003. – 177 с.

Поступила в редакцию 11.11.2014