

УДК 338.00.1.36

Модель снятия неопределенности с использованием теории нечетких множеств как механизм выявления узких мест в промышленности

А.Ф. Шуплецов^{1а}, М.А. Латышева^{2б}, Ю.А. Скоробогатова^{1с}

¹Байкальский государственный университет, ул. Ленина 11, Иркутск, Россия

²Забайкальский государственный университет, ул. Александрo-Заводская 30, Чита, Россия

^аShupletsovAF@bgu.ru, ^бmariabaksheeva@mail.ru, ^сSkorobogatovaYA@bgu.ru

Статья поступила 16.04.2019, принята 12.05.2019

В статье рассмотрена возможность использования теории нечетких множеств для снятия неопределенности и рисков предпринимательской деятельности и выявления узких мест в промышленных технологиях. Особым примером для этого выбрана горнодобывающая промышленность, а именно золотороссытные месторождения, не приносящие коммерческого успеха и не представляющие для предпринимателей интерес, именованные малоэффективными. Благодаря оценке этих месторождений с использованием теории нечетких множеств становится возможным выявить потенциал резервов для развития отрасли золотодобычи на перспективу и своевременно выявить узкие места в технологиях.

Ключевые слова: неопределенность; риск; изменчивость; факторы неопределенности; нечеткие множества; малоэффективные золотоносные россыпи.

The model of removing uncertainty using the theory of fuzzy sets as a mechanism for identifying industry bottlenecks

A.F. Shupletsov^{1а}, M.A. Latysheva^{2б}, Yu.A. Skorobogatova^{1с}

¹Baikal State University; 11, Lenin St., Irkutsk, Russia

²Transbaikal State University; 30, Aleksandro-Zavodskaya St., Chita, Russia

^аShupletsovAF@bgu.ru, ^бmariabaksheeva@mail.ru, ^сSkorobogatovaYA@bgu.ru

Received 16.04.2019, accepted 12.05.2019

The article considers the possibility of using the theory of fuzzy sets to remove the uncertainty and risks of business activity and to identify "narrow" places in industrial technologies. The mining industry is chosen as a special example for this, namely gold-bearing deposits, which do not bring commercial success and are of no interest to entrepreneurs, named as ineffective. Thanks to the assessment of these deposits using the theory of fuzzy sets, it becomes possible to identify the potential reserves for the development of the gold mining industry for the future and promptly identify bottlenecks in technology.

Keywords: uncertainty; risk; variability; uncertainty factors; fuzzy sets; ineffective gold-bearing placers.

В условиях меняющейся внешней и внутренней среды у организации возникает необходимость прогнозировать свою деятельность. Это особенно актуально для процессов, связанных с освоением месторождений природных ископаемых.

Важным вопросом является разработка модели освоения месторождений, которые не представляют коммерческого интереса для крупных недропользователей, но являются привлекательными для нелегальных старателей. К таковым относятся так называемые малоэффективные золото-

носные россыпи. Данные об этих месторождениях не всегда достаточны и достоверны и носят вероятностный характер.

Для того чтобы оценивать экономическую эффективность освоения, необходимо выделить основные факторы неопределенности, которые могут повлиять на конечный результат. Факторы неопределенности — это потенциальные риски, возможность возникновения которых может привести к негативным последствиям для освоения малоэффективных золотоносных россыпей или

их отдельных частей. На этом этапе исследования возникают определенные проблемы с выбором между существующей методикой и созданием авторской, более качественной методики оценки ситуации и ожидаемых результатов.

В мире активно ведутся работы по формированию методов оценки экономической эффективности объектов с вероятностной природой характеристик. На сегодняшний день, тем не менее, в области добычи золота отсутствуют программные комплексы, позволяющие в полной мере оценить привлекательность освоения того или иного месторождения. Это связано с закрытым доступом к информации и отсутствием универсального аппарата оценки.

Малоэффективные золотоносные россыпи — это объекты горной промышленности, и для них на сегодняшний день существует единственная общепринятая методика — линейный подсчет запасов в соответствии с методическими рекомендациями ЦНИГРИ по ТЭО (технико-экономическому обоснованию) кондиций и подсчету запасов.

Традиционно для оценки эффективности инвестиционных проектов освоения месторождений рассматривают такие основные показатели, как чистый дисконтированный доход, индекс рентабельности, внутренняя норма рентабельности, срок окупаемости инвестиций с учетом дисконтирования. Но использовать их можно только в том случае, если точно известны входящие в них параметры [1].

Применение на практике подобного подхода изначально указывает на необходимость учета неопределенности. В практике используются методики, основанные на доходном подходе. Это не снижает риск несостоятельности предпринимательской деятельности, организованной на этом поле.

По мнению Г.М. Мкртчяна, можно выделить следующие риски, оказывающие влияние на реализацию проектов освоения малоэффективных россыпей золота [2]:

1. Геологические: неоткрытие месторождения, несовпадение качества и количества реальных запасов и ресурсов месторождения с прогнозируемыми;
2. Финансовые: инфляционный, валютный, процентный;
3. Управленческие: организационные, экономические, технологические, социальные, правовые;
4. Ижиниринговые: неправильный выбор технологий, оборудования, отсутствие должной технологии, оборудования;

5. Строительные: задержка ввода объектов проекта в эксплуатацию, несоответствие качества строительных работ;

6. Эксплуатационные: несоответствие качества оборудования и выполнения строительных работ, выход оборудования из строя;

7. Маркетинговые: ошибки прогнозирования спроса на нефть, снижение цен на углеводородное сырье;

8. Страновые: государственное вмешательство, изменения в законодательстве, изменения налоговой (таможенной) экспортной политики;

9. Экологические: нанесение ущерба окружающей среде, негативное влияние природно-климатических факторов.

Неопределенность параметров проекта освоения месторождений обуславливают и такие факторы, как [3]:

– неполнота и неточность информации о величине и динамике технико-технологических и экономических показателей, характеризующих объект;

– ошибки оценки показателей инвестиционного проекта как следствие экстраполяции на будущее зависимостей прошлого;

– упрощенность расчетов экономических показателей как следствие упрощенного понимания технических и организационно-экономических систем.

При этом следует исходить из того, что методика оценки эффективности освоения россыпей должна соответствовать следующим требованиям:

- 1) вероятность всесторонней оценки освоения малоэффективных золотоносных россыпей (со стороны управленческого и предпринимательского уровня деятельности организации);
- 2) точность метода расчета;
- 3) рассмотрение объектов малоэффективных золотоносных россыпей как смешанной системы.

Одним из эффективных инструментов, способных учитывать не только количественные, но и качественные характеристики, считается экспертная система, использующая методы нечеткого моделирования. Качественная оценка в этом случае строится на основе оценочных суждений экспертов, которых выбирают в зависимости от специфики отрасли. В нашем случае экспертами могут быть экономисты, геологи, а также специалисты по геолого-экономической оценке.

Экономисты ориентируются прежде всего на количественно-качественную оценку параметров предпринимательской деятельности. Это инвестиции, цена золота, курс валют, процентная ставка, размер инфляции, издержки, затраты на

геологоразведочные работы, наконец, транспортные затраты.

Геологи дают количественно-качественную оценку проекта, акцентируя внимание на запасах и имеющихся ресурсах, предстоящем объеме геологоразведочных работ, геологических и технологических параметрах. Специалистам по геолого-экономической оценке при наличии подобной информации легче выбрать оптимальную схему и методы оценки эффективного освоения месторождений.

Усовершенствованная методика оценки освоения россыпей предполагает оценку по двум уровням: государство и бизнес. Поэтому необходимо учитывать при обработке полученных результатов преобладающие признаки-факторы для последующего анализа и разработки программы производственно-хозяйственной деятельности по освоению россыпей. Тот, кто принимает решение, несет полную ответственность за него. Процедура обработки неявно выраженных данных, которые описывают освоение россыпей при использовании теории нечетких множеств, имеет особое значение в принятии решений по управлению и формированию стратегии развития золотодобычи региона.

Основоположником теории нечетких множеств считается Лотфи Заде, который изложил ее основы в своей фундаментальной работе [4]. Нечеткие множества, по мнению Заде, это инструмент построения теории возможностей [4].

Примером использования теории нечетких множеств в экономике можно назвать работу А. Кофмана [2, с. 96, 97], в которой представлены разные возможности использования теории.

Основные этапы развития теории нечетких множеств нашли отражение в трудах Л.А. Заде, А. Кофмана, Р.А. Алиева, А.О. Недосекина, О.В. Лускатовой, А.Е. Алтугина, А.Н. Борисова, М.П. Власова и др. В них исследуются методы принятия решений в условиях неопределенности, путем формализации сложных систем. Преимуществом данной теории является количественная интерпретация качественных факторов, выраженных «естественным» языком [5, с. 121].

Последовательность действий по алгоритму снятия неопределенности на основе использования теории нечетких множеств описана в следующей последовательности.

Этап 1. В виде лингвистической переменной необходимо представить каждый элемент потенциала малоэффективных золотоносных россыпей.

Этап 2. По заданным функциям определяется степень принадлежности значения каждого элемента ресурсного потенциала, выраженного «четкими» числами или «нечеткими» подмножествами, образованными на универсальном множестве по «синтаксическому» правилу.

Этап 3. «Компьютерная экспертная система» формирует оценку и дает заключение о состоянии и величине ресурсного потенциала малоэффективных золотоносных россыпей.

Для оценки состояния и величины ресурсного потенциала необходимо сформулировать правила нечеткого логического вывода (содержащие нечеткие высказывания вида «если – то»). Для соответствующих лингвистических термов сформировать функции принадлежности. Важно выполнить следующие условия: каждый лингвистический терм выходной переменной существует хотя бы при одном правиле; терм используется в качестве предпосылки хотя бы одного правила для любого терма входной переменной (левая часть правила). Несоблюдение этих условий формирует «несовершенную» базу нечетких правил.

Описанная методика получения логического вывода и продукционные правила исследуемой нами области позволяют проанализировать входные переменные с помощью компьютерной экспертной системы. Переменными являются компоненты потенциала малоэффективных золотоносных россыпей региона, которые представляют собой систематизированную количественную оценку величин. Это элементы алгоритма реализации методики оценки потенциала малоэффективных золотоносных россыпей.

Началом в изучении и оценке состояния потенциала малоэффективных золотоносных россыпей для будущих исследований, проектирования направлений развития деятельности является выделение факторов (компонентов) и их составляющих (показателей), которые позволят объективно оценить состояние и уровень использования его потенциальных возможностей.

В соответствии с определением, данным в экономико-математическом словаре, фактор (от лат. *factor* – делать) – это источник воздействия на систему, отражающийся на значении переменных модели этой системы.

Ресурсы в механизме освоения малоэффективных золотоносных россыпей регламентируют и влияют на порядок отбора показателей, характеризующих каждый из них, а также на уровень их оценки.

Таблица 1

Факторы и их составляющие оценки состояния и целесообразности освоения малоэффективных золотоносных россыпей

Наименование фактора	Основные составляющие фактора
Правовой	<ul style="list-style-type: none"> - количество нормативно-правовых актов, действующих в области недропользования по освоению объектов МЗР*; - упрощенная система налогообложения; - правоохранные мероприятия, связанные с безопасностью; - предоставление льгот при освоении сложных объектов МЗР; - разнообразие организационно-правовых форм по освоению месторождений
Организационный	<ul style="list-style-type: none"> - период работы в год (месяцев, дней); - срок отработки месторождения; - коллективная организационная форма (тип старательской артели); - индивидуальная форма (ИП); - предприятия, которые могут оказывать услуги по добыче золота
Трудовой	<ul style="list-style-type: none"> - люди, не имеющие профессиональных навыков; - люди, уволенные из добывающих предприятий; - люди, обладающие уникальной квалификацией; - собственники земли, на которой находятся объекты МЗР; - люди, живущие непосредственно вблизи объекта МЗР
Производственный	<ul style="list-style-type: none"> - наличие линий электропередач; - наличие водных объектов; - наличие транспортных (подъездных) путей; - наличие подтвержденных запасов; - сложность добычи; - толщина пустой земли; - толщина продуктивного слоя; - производительность применяемого оборудования; - эксплуатационные потери; - технология добычи
Экологический	<ul style="list-style-type: none"> - затраты на экологические мероприятия; - территория рекреационных зон (заповедники, заказники и т. п.); - водотоки, находящиеся на МЗР, снабжающие населенные пункты питьевой водой
Природно-климатический	<ul style="list-style-type: none"> - территории северных районов (с суровым климатом); - территории южных районов (с благоприятным климатом); - территории лесных зон (тундра, лесотундра); - территории степных зон; - территории, на которых присутствуют водоемы (крупные и мелкие реки, ручьи, озера)

* МЗР – малоэффективная золотоносная россыпь. Объект, разработка которого масштабными высокопроизводительными технологиями при сложившейся конъюнктуре рынка и действующих правовых основах экономически не целесообразна

Набор показателей для оценки каждого фактора потенциала малоэффективных золотоносных россыпей может быть расширен при условии наличия исходной информации, необходимой для сравнения, анализа и выведении нечеткой оценки.

Ресурсный потенциал малоэффективных золотоносных россыпей Забайкальского края (RPE) может быть представлен как функция, аргументами которой являются:

$$RPE = f(R1, R2, R3, R4, R5, R6), \quad (1)$$

где $R1$ – правовой; $R2$ – организационный; $R3$ – трудовой; $R4$ – производственный; $R5$ – экологический; $R6$ – природно-климатический факторы.

Определение данной функции заключено в области «нечеткие подмножества», заданной на универсальном множестве, в следующих параметрах со значениями: «низкий» (от 0 до 4); «средний» (от 4 до 7); «высокий» (от 7 до 10) на интервале от 0 до 10. Функцией принадлежности данной лингвистической переменной выступает гауссова формулировка, а для построения алгоритма формирования «вывода» использована модель Мамдани.

Применение теории нечетких множеств основано на анализе экспертных оценок. Ранее упоминалось о том, кто может выступать экспертами для оценки определенных количественных показателей и качественных характеристик объекта исследования. Для этого разработаны анкеты, которые эксперты заполняют индивидуально. Эта информация становится основой для расчета конечных результатов оценки с использованием компьютерных систем и прикладных программ MatLab Fuzzy Logic Toolbox, Mathcad или Scilab, что и позволяет вывести итоговую интегральную оценку каждого компонента.

Экспертные процедуры в практической деятельности могут быть как индивидуальные, так и групповые. Но они, в свою очередь, имеют ряд недостатков, это субъективность и недостоверность в первом случае, стихийность и спонтанность во втором.

Основываясь на исследованиях А.В. Спесивцева и И.П. Кардашева, мы пришли к выводу, что «наиболее эффективным является использование в теории нечетких множеств теории планирования эксперимента». В ее основу положены результаты опроса экспертов. Для каждого из них формируется определенный набор значений входных лингвистических переменных, опираясь на которые, эксперт осуществляет процедуру оценки. Этапы формирования экспертных оценок образуют заданную последовательность поведения.

Определение цели экспертизы и разработка

процедуры опроса составляют первый этап проведения оценки. Целью является формирование анкеты для диагностирования уровня признаков-факторов, представляющей собой таблицу вопросов по каждой из групп. Результат окончательной нечеткой оценки фактора – это индивидуальные суждения экспертов, которые объединяются в единую коллективную оценку (начиная с наименьшего и заканчивая наибольшим).

Заключительный этап – формирование (расчет) интегрального значения всего компонента. По правилу согласованного выбора производится объединение индивидуальных экспертных оценок в коллективную оценку. Пример такой процедуры описывает В.И. Левина в своей работе [3].

Факторы, находящиеся в области нечетких множеств с «левой стороны», являются тем узким местом, которое должно быть доукомплектовано ресурсами с учетом их оптимального применения в производстве. Факторы, которые оказались «правее», имеют неиспользованные резервы. Их можно задействовать для совершенствования производства и ликвидации узких мест.

Предложенный способ оценки имеет кольцевую композицию, т. е. после определения результата и в случае неудовлетворенности им есть возможность повторить этот расчет.

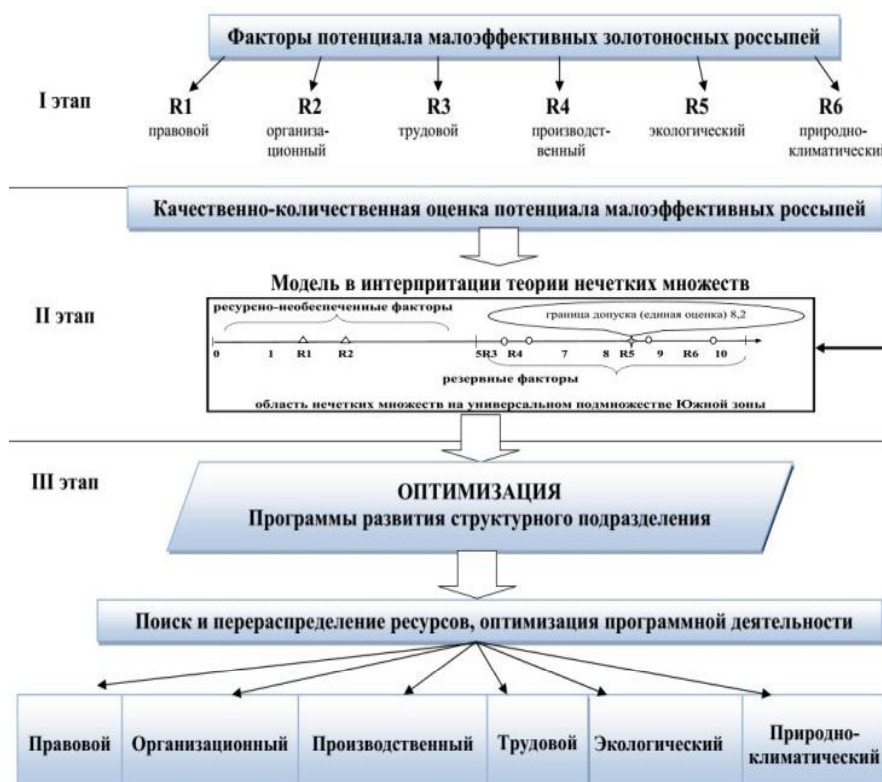


Рис. 1. Алгоритм снятия неопределенности оценки малоэффективных золотоносных россыпей

Следующим этапом формирования модели является оптимизация процесса освоения территорий малоэффективных золотоносных россыпей, необходимая для определения наилучшего варианта распределения ресурсов при наличии большого числа переменных величин и ограничений.

Алгоритм оценки потенциала малоэффективных россыпей региона можно реализовать в рамках экспертной системы качественно-количественной оценки на основе правил с использованием математического пакета Fuzzy Logic Toolbox (пакет нечеткой логики) программного продукта MatLab (см. рисунок 1). Это позволяет снять высокий уровень неопределенности и привести качественные и количественные параметры экономической системы к единой количественной оценке. Становится возможным выявить на этой основе проблемные ограничения и условия развития отрасли, оценить степень использования задействованных в производстве ресурсов и выявить резервы по каждому из них.

Литература

1. Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов // Теория и практика. М.: Дело, 2002. С. 888.
 2. Лебедев А.С., Потьлицын А.Н. Проблемы оценки сырьевого потенциала нефтедобывающего производства в условиях нестабильной среды [Электронный ресурс] // Нефтегазовое дело: сетевое изд. 2007. URL: <http://www.ogbus.ru> (дата обращения: 10.03.2019).
 3. Мкртчян Г.М., Морозов В.П., Скопина Л.В. Развитие доходных методов оценки эффективности разработки лицензионных участков с учетом неопределенности и риска // Наука и образование. 2012. № 3. С. 101-105.
 4. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М., 1976. 166 с.
 5. Лускатова О.В. Оценка экономической устойчивости горного предприятия при управлении комплексом рисков: дис. ... д-ра экон. наук. М., 2004. 250 с.
 6. Левин В.И. Новое обобщение операции над нечеткими множествами // Изв. Рос. акад. наук «Теория и системы управления». 2000. № 1. С. 143-146.
 7. Рутковская Д., Пилинский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. М.: Горячая линия. 452 с.
 8. Латышева М.А. Аппарат теории нечетких множеств как инструмент оценки потенциала малоэффективных золотоносных россыпей // Евразийский союз ученых (ЕСУ). 2018. № 8 (53), Ч. 4. С. 33-35.
 9. Недосекин А.О., Абдулаева З.И. Применение нечетко-множественных моделей и методов в исследованиях экономических систем // Системная экономика, экономическая кибернетика, мягкие измерения: сб. науч. ст. СПб., 2014. С. 129-133.
 10. Кофман А., Хит Алуха Х. Введение теории нечетких множеств в управлении предприятиями // Вышэйшая школа: сб. ст. Минск, 2012. 257 с.
 11. Круглов В.В., Дли М.И. Интеллектуальные информационные системы. Компьютерная поддержка систем нечеткой логики и нечеткого вывода // Физмат. 2012. 20 с.
 12. Jager. R. Fuzzy logic in control [S.I.:s.n.]. III. This is technische university it Delft. With index, ref. With summary in Dutch, 1995. 313 p.
 13. Найт Ф. Понятия риска и неопределенности // Thesis 1994. № 5. С. 12-28.
 14. Смоляк С.А. Учет риска и неопределенности при оценке эффективности инвестиционных проектов в России // Имущественные отношения в Российской Федерации. 2006. № 10 (61). С. 40-45.
 15. Боярко Г.Ю. Стратегические отраслевые риски горнодобывающей промышленности // Отечественная геология. 2003. № 4-5. С. 28-32.
 16. Заернюк В.М., Забайкин Ю.В., Сейфулаев Б.М. Особенности проявления рисков и неопределенности при реализации горных проектов // Kant. 2017. № 3 (24). С. 130-138.
 17. Клейнер Г.Б., Тамбовцев В.Л. Предприятие в условиях неопределенности // Человек и труд. 1993. № 2. С. 81-84.
 18. Самаруха В.И., Фигзаев Ф.Ф. Структурная экономическая политика в Читинской области // Изв. Иркут. гос. экон. акад. 2017. № 6. С. 49-52.
 19. Светник Т.В., Боровских С.В. Мониторинг эффективности предпринимательской деятельности малого предприятия // Изв. Иркут. гос. экон. акад. 2013. № 1. 8 с.
- Чупров С.В., Бондарев А.Е. Методологические принципы разработки и проведения мониторинга регионального социально-экономического развития // Изв. Иркут. гос. экон. акад. 2013. № 1. С. 133-139.