

Научная статья  
УДК 332.1:553.04  
doi:10.46554/1993-0453-2023-9-227-42-49

## Проектирование системы ведения геоэкономического мониторинга на уровне региона посредством модели – онтографа

Валерий Сергеевич Дадыкин<sup>1</sup>, Наталья Васильевна Подобай<sup>2</sup>, Вячеслав Валериевич Бураго<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Брянский государственный технический университет, Брянск, Россия

<sup>1</sup> Dadykin88@bk.ru

<sup>2</sup> lady.natali888@yandex.ru

<sup>3</sup> vvbur@yandex.ru

**Аннотация.** В рамках мониторинга экономических показателей месторождений твердых полезных ископаемых и подземных вод (геоэкономический мониторинг) на региональном уровне актуальными задачами являются сохранение экологического баланса территории и равномерное и экономически рациональное недропользование. Следует отметить, что в настоящее время вопрос рационального освоения месторождений тесно связан с проблематикой воспроизводства минеральных ресурсов. Данная связь требует не только методического, но и программно-аналитического обоснования. Суть последнего состоит в разработке долгосрочных и среднесрочных программ геологического изучения недр, направленных на сохранение и воспроизводство минерального сырья. Для формирования программ важно аналитически подкреплять необходимость в проведении мероприятий по сохранению минеральных ресурсов. В конечном счете для анализа необходимости мероприятий по воспроизводству минеральных ресурсов требуется система хранения информации, построенная по принципу многомерной системы управления данными. Подобные системы разрабатываются в настоящее время на базе онтологии. Онтологический граф, отражающий взаимосвязи конечных элементов, будем считать моделью – онтографом. Цель данной работы состоит в проектировании системы ведения геоэкономического мониторинга на региональном уровне посредством онтологического подхода. В результате необходимо построить модель, отражающую взаимосвязи между геолого-экономическими показателями.

**Ключевые слова:** геоэкономический мониторинг, региональная экономика, недропользование, онтограф

### Основные положения:

- ♦ для построения онтологической модели необходимо использовать блоки по геологическим объектам и промышленно-сырьевым пунктам, содержащим горнопромышленный объект и горнорудный объект;
- ♦ с целью выполнения расчетов экспертным методом нами предлагается формировать аналитическую модель нечеткой логики, которая будет выполнять агрегирование экспертных оценок, введенных в онтологическую модель, и производить соответствующий расчет;
- ♦ полученные оценки позволили выполнить ранжирование участков недр на территории Брянской области по перспективности с точки зрения возможности их промышленного освоения имеющимися на данный момент техническими средствами и технологиями работы.

**Для цитирования:** Дадыкин В.С., Подобай Н.В., Бураго В.В. Проектирование системы ведения геоэкономического мониторинга на уровне региона посредством модели – онтографа // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2023. № 9 (227). С. 42–49. doi:10.46554/1993-0453-2023-9-227-42-49.

---

Original article

## Designing a system for conducting geo-economic monitoring at the regional level using an ontograph model

Valery S. Dadykin<sup>1</sup>, Natalya V. Podobay<sup>2</sup>, Vyacheslav V. Burago<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Bryansk State Technical University, Bryansk, Russia

<sup>1</sup> Dadykin88@bk.ru

<sup>2</sup> lady.natali888@yandex.ru

<sup>3</sup> vvbur@yandex.ru

**Abstract.** Within the framework of monitoring the economic indicators of deposits of solid minerals and groundwater (geo-economic monitoring) at the regional level, an urgent task is to preserve both the ecological balance of the territory and, uniform and economically rational subsurface use. It should be noted that at present the issue of rational development of deposits is closely related to the issues of reproduction of mineral resources. This connection requires not only methodological, but also programmatic and analytical justification. The essence of the latter is to develop long-term and medium-term programs of geological exploration of the subsurface, aimed at the preservation and reproduction of mineral raw materials. In order to form programs, it is necessary to support analytically the need for measures to conserve mineral resources. Ultimately, to analyze the need for measures for the reproduction of mineral resources, an information storage system based on the principle of a multidimensional data management system is required. Such systems are currently being developed on the basis of ontology, in turn, the ontological graph reflecting relationships of finite elements will be considered as an ontograph model. The purpose of this work is to design a system for conducting geo-economic monitoring at the regional level through an ontological approach. As a result, it is necessary to build a model reflecting the relationship between geological and economic indicators.

**Keywords:** geo-economic monitoring, regional economy, subsurface use, ontograph

### Highlights:

- ◆ to build an ontological model, it is necessary to use blocks for geological objects and industrial raw materials points containing a mining facility and a mining facility;
- ◆ in order to perform calculations using the expert method, we propose to form an analytical model of fuzzy logic, which will aggregate expert estimates entered into the ontological model and perform the corresponding calculation;
- ◆ the estimates obtained made it possible to rank the subsurface areas in the territory of the Bryansk region according to their prospects in terms of the possibility of their industrial development with the currently available technical means and work technologies.

**For citation:** Dadykin V.S., Podobay N.V., Burago V.V. Designing a system for conducting geo-economic monitoring at the regional level using an ontograph model // Vestnik of Samara State University of Economics. 2023. No. 9 (227). Pp. 42–49. (In Russ.). doi:10.46554/1993-0453-2023-9-227-42-49.

### Введение

Объекты минерально-сырьевой базы, в частности находящиеся на территории Брянской области, имеют различную степень освоенности и, соответственно, разную степень инвестиционной привлекательности. В большинстве случаев потенциальному инвестору требуется информация о геоэкономических параметрах объекта для принятия решения о целесообразности вложения средств в разработку

участка недр [1]. При обращении за информацией по месторождениям в геологические организации, как правило, удается получить геологические характеристики объектов недр, которые достаточно сложно поддаются интерпретации для неподготовленного специалиста. В связи с этим в настоящее время усиливается спрос на так называемые экспертные информационные системы, содержащие не только геологические, но и экономические пара-

метры с экспертной сравнительной оценкой по степени перспективности участков недр.

Построение экспертных информационных систем начинается со стадии их проектирования. В основе проекта лежит онтологическая модель, содержащая определенный набор показателей, значимых с точки зрения проведения факторного экономического или геоэкономического анализа [2]. Однако преимущество применения онтологического подхода состоит не в наличии состава показателей, а в заложенных на уровне геоэкономической онтологической модели взаимосвязях между ними.

### Методы

Для построения онтологической модели необходимо использовать блоки по геологическим объектам и промышленно-сырьевым пунктам, содержащим горнопромышленный и горнорудный объекты. В составе горнопромышленного объекта необходимо выполнять мониторинг следующих показателей: среднее содержание полезного компонента в составе сырья, стоимость обогащения сырья, стоимость геологоразведочных работ, геолого-промышленный тип объекта, номер лицензии, стадия работ, тип минерального ресурса, объем запасов категорий А+В+С<sub>1</sub>, объем запасов ка-

тегории С<sub>2</sub>, объем прогнозных ресурсов категорий Р<sub>1</sub>+Р<sub>2</sub>+Р<sub>3</sub> [3].

В составе горнорудного объекта необходимо выполнять мониторинг таких показателей, как среднее содержание полезного компонента, затраты на добычу, стоимость 1 т или 1 м<sup>3</sup> (в зависимости от вида сырья), потери при добыче, потери при разубоживании.

Для тех объектов, на которых проводятся геологоразведочные работы, необходимо регулярно отслеживать изменение параметров для своевременного принятия мер по достижению запланированных показателей. Для исследуемых объектов, когда еще не имеется достоверных данных о значениях вышерассмотренных показателей, применяется экспертный метод оценки. С целью выполнения расчетов экспертным методом нами предлагается формировать аналитическую модель нечеткой логики, которая будет выполнять агрегирование экспертных оценок, введенных в онтологическую модель, и производить соответствующий расчет [4].

В качестве редактора онтологической модели будем использовать программу Protege. В результате ввода в программу показателей онтологической модели будет получена триада, представленная в онтографе на рис. 1.

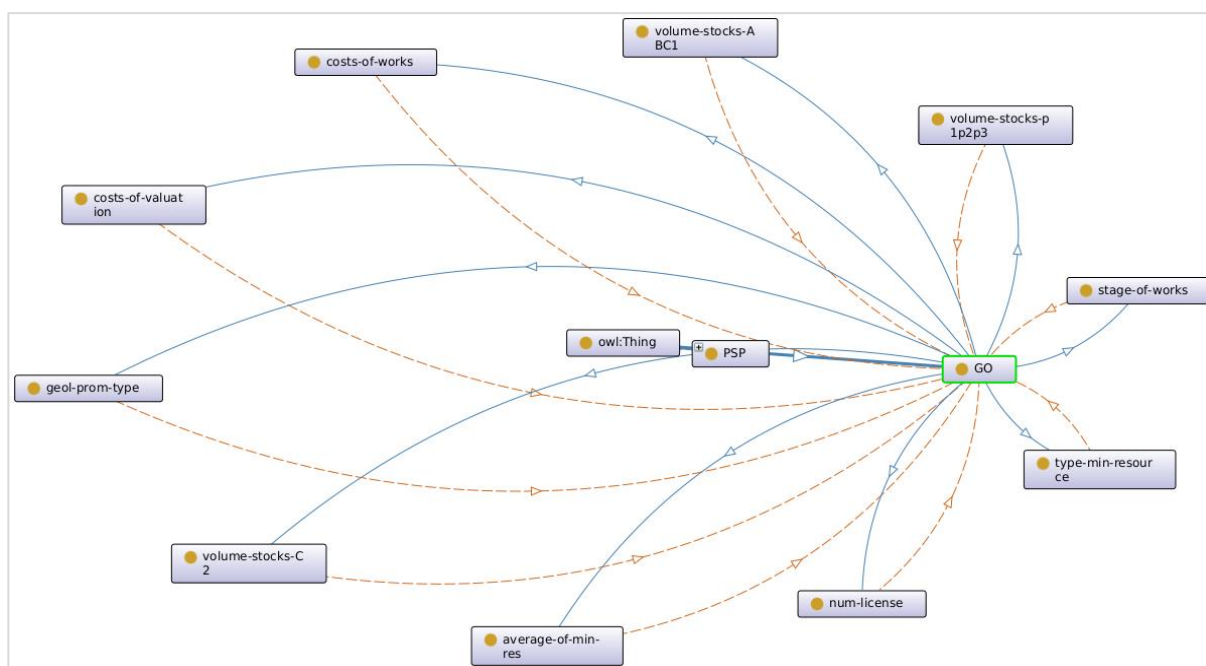


Рис. 1. Триада параметрического блока для горнорудного объекта

Для выполнения агрегирования будем использовать программу Scilab с модулем работы с нечеткой логикой. В качестве метода, применяемого при работе с дескрипционной логикой, будем использовать метод Мамдани, заложенный в соответствующий программный продукт.

В случае выполнения оценки посредством 4 экспертов требуется использовать  $3^4=81$  правило нечеткой логики. В модель нечеткой логики в программе Scilab (компонент Fuzzy logic) необходимо ввести правила для выполнения операций фазификации/дефазификации (см. таблицу).

Правила преобразования в программе Scilab (фрагмент)

№ п/п	Результат оценки (эксперт 1)	Результат оценки (эксперт 2)	Результат оценки (эксперт 3)	Результат оценки (эксперт 4)	Выходная функция
1	H	H	H	H	OH
2	H	H	H	C	OH
3	H	H	C	H	OH
4	H	C	H	H	OH
5	C	H	H	H	OH
6	H	H	C	C	OH
7	C	C	H	H	OH

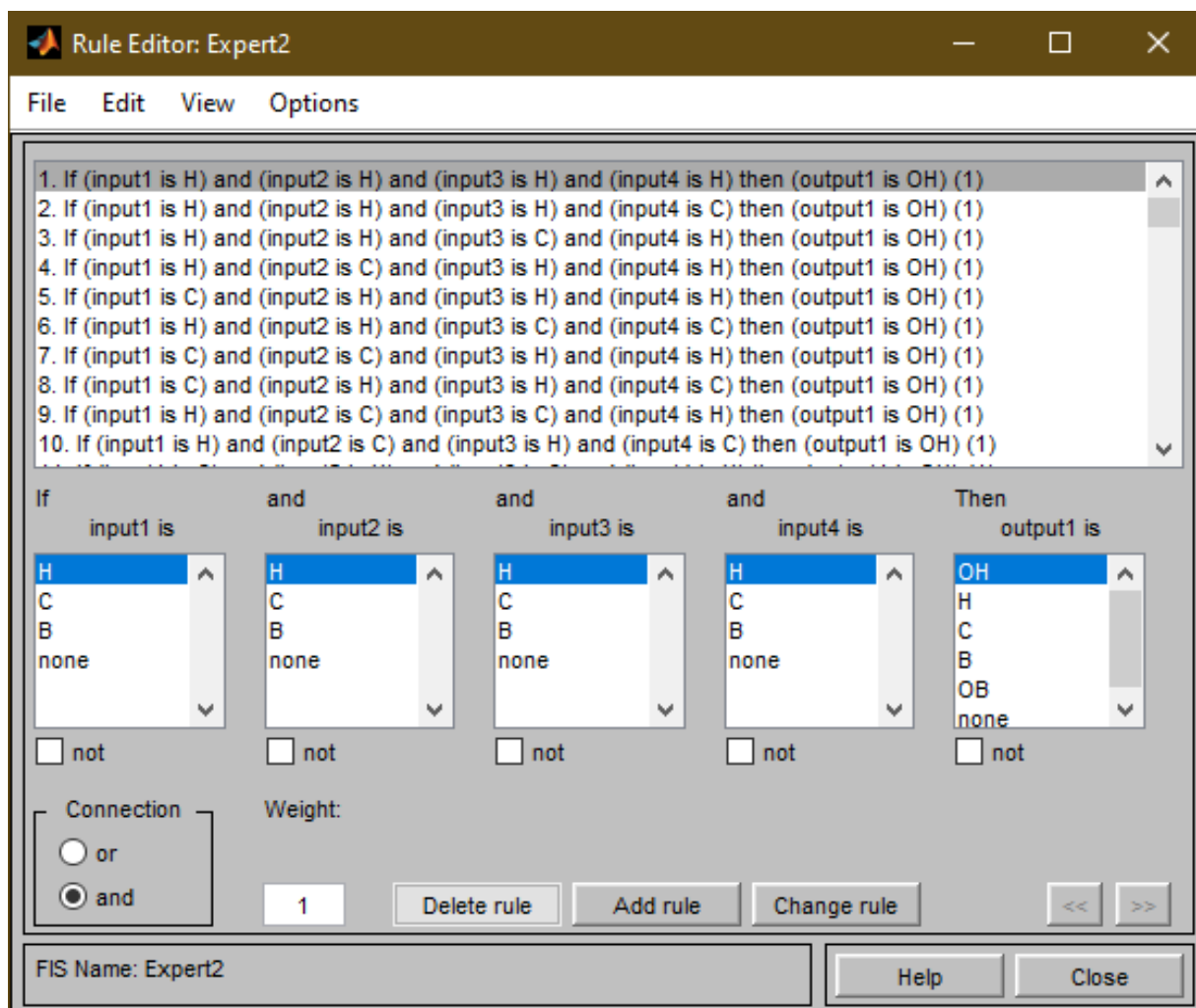


Рис. 2. Результат ввода ассоциативных правил в модель нечеткой логики

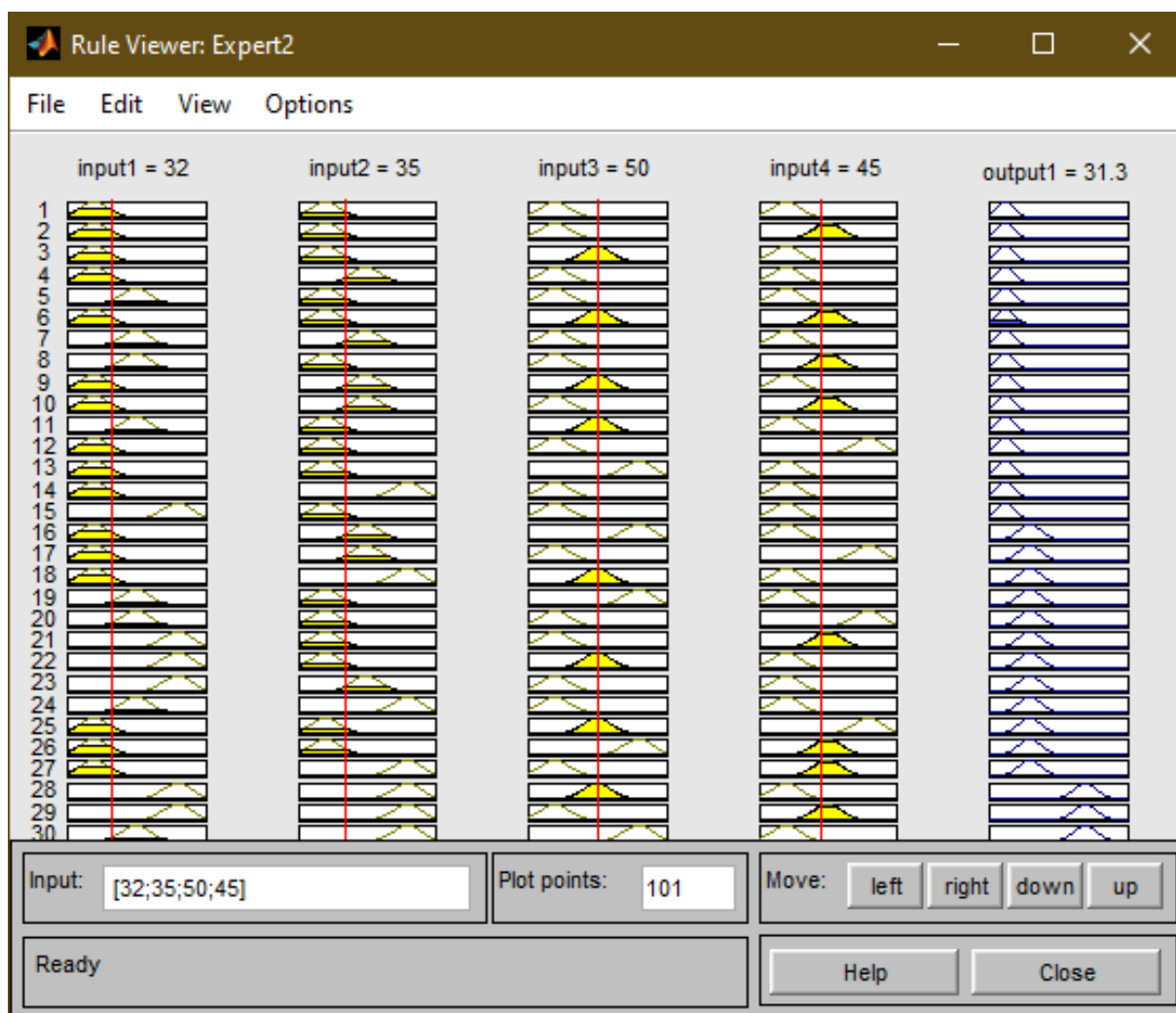


Рис. 3. Результат расчета модели в программе Scilab

### Результаты

Для выполнения расчета посредством редактора нечеткой логики необходимо воспользоваться инструментарием создания правил нечеткой логики (рис. 2).

Окно Rule Editor содержит все возможные сочетания экспертных оценок, сгруппированных по 3 группам: низкая перспективность (Н), средняя перспективность (С) и высокая перспективность (В).

Соответственно границы диапазонов входной функции принадлежности имеют следующий вид:

- ◆ Н, если набрано по результатам оценки 0–40 баллов по индикатору;
- ◆ С, если набрано 30–70 баллов по индикатору;
- ◆ В, если набрано 60–100 баллов по индикатору.

Взаимное пересечение диапазонов обусловлено внешним видом функции принадлежности. В качестве функции принадлежности будет использоваться стандартная симметричная гауссовская функция, которая задается следующей формулой:

$$\mu(x) = e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}}$$

В результате ввода в модель вышерассмотренных параметров были получены следующие результаты (рис. 3).

По аналогии формируется выходная лингвистическая переменная для выходной функции. Для нее определим 5 уровней градации по степени перспективности участков недр:

- ◆ ОН, 0–25 баллов в сводной оценке;
- ◆ Н, 15–45 баллов в сводной оценке;
- ◆ С, 35–65 баллов в сводной оценке;

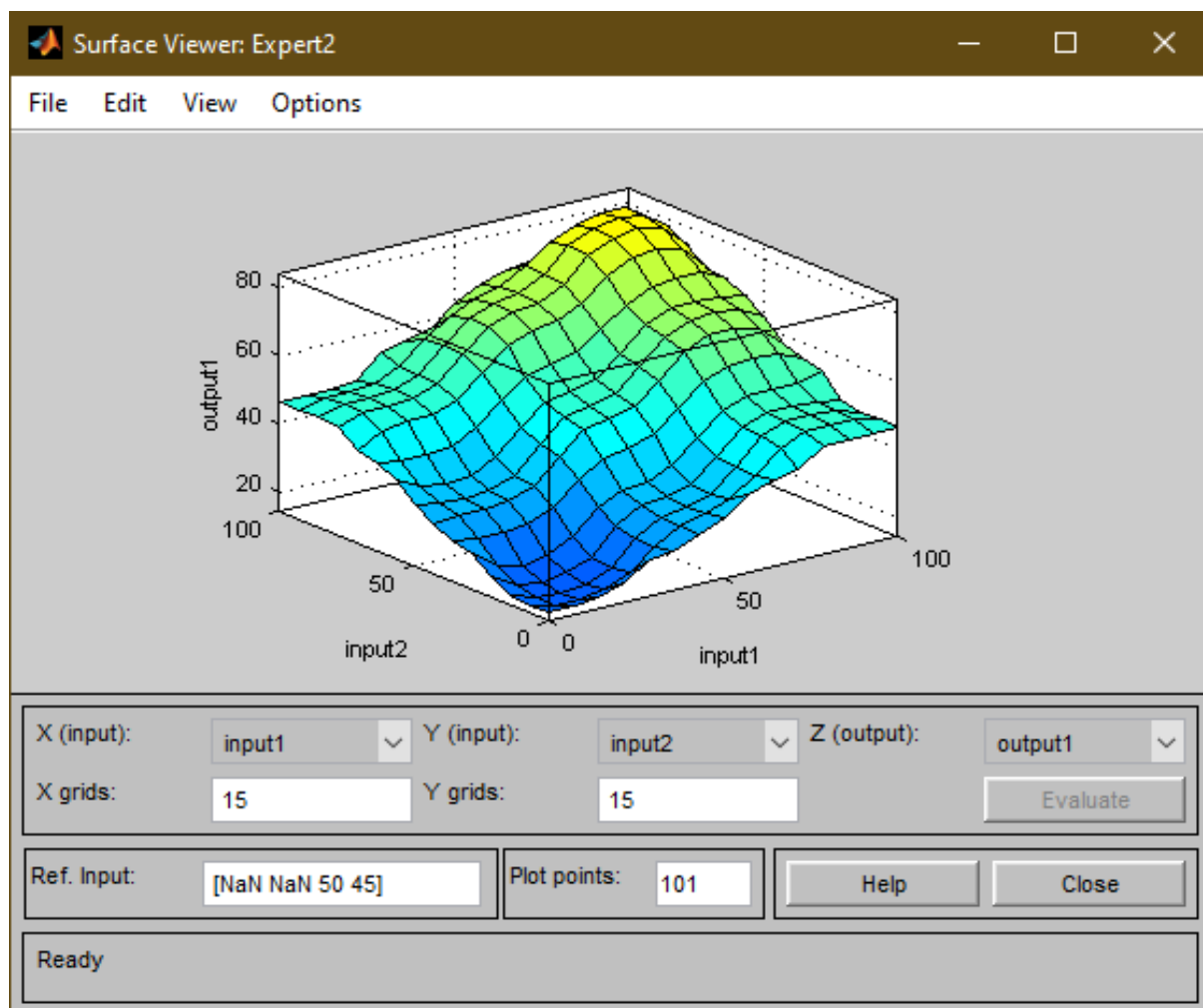


Рис. 4. Вид поверхности функции принадлежности по линии разреза «Эксперт 3 – Эксперт 4»

- ◆ В, 55–85 баллов в сводной оценке;
- ◆ ОВ, 75–100 баллов в сводной оценке.

Итоговый результат отобразим в виде поверхности функции принадлежности по двум измерениям: оценка эксперта 3 и 4 (рис. 4) и оценка эксперта 1 и 2 (рис. 5).

Полученные оценки позволили выполнить ранжирование участков недр на территории Брянской области по перспективности с точки зрения возможности их промышленного освоения имеющимися на данный момент техническими средствами и технологиями работы.

### Обсуждение

Высокое внимание со стороны научного сообщества к вопросам агрегирования экспертных оценок в рамках одной модели или системы по-прежнему сохраняет свою актуальность. Представляет собой дискуссионный вопрос конкретная методика по приведению

всех оценок к единому значению. В сфере недропользования в разное время применялись такие подходы, как:

- 1) мультиагентные системы;
- 2) нейросетевой подход;
- 3) метод нечеткой логики.

У каждого из подходов есть свои особенности. Так, мультиагентные системы широко применяются в рамках имитационного моделирования экономических процессов. Нейросетевой подход активно используется в задачах анализа данных. Нечеткая логика находит свое применение на стыке интеллектуальных информационных технологий и систем, относящихся к классу экспертных систем.

### Заключение

Полученный результат расчета может использоваться в территориальных фондах геологической информации и профильных департа-

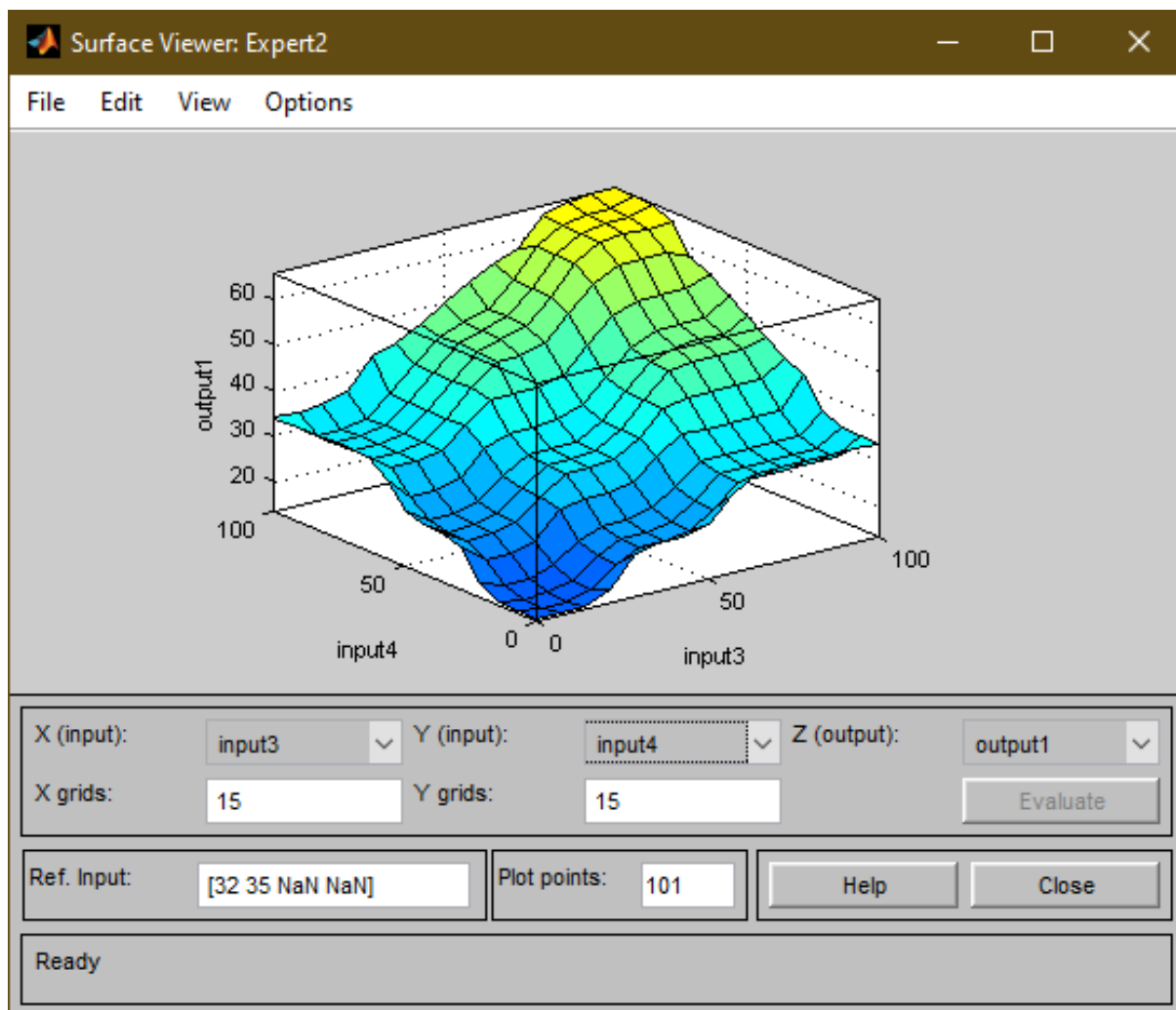


Рис. 5. Вид поверхности функции принадлежности по линии разреза «Эксперт 1 – Эксперт 2»

ментах по недропользованию при анализе результатов программ геологического изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы. Также результаты сравнительной интегральной оценки могут применяться при определении направлений работ по изучению недр в части формирования перечней месторождений.

В дальнейших исследованиях планируется определить возможные варианты использования нейросетевого программно-аналитического аппарата для выявления взаимного влияния параметров геоэкономического мониторинга при анализе перспективных участков недр [5].

#### Список источников

1. Дадыкин В.С., Дадыкина О.В. Снижение воспроизводства минерально-сырьевой базы как угроза экономической безопасности // Социально-экономические и гуманитарные исследования: проблемы, тенденции и перспективы развития : материалы междунар. науч.-практ. конф., Брянск, 27–28 апр. 2016 г. Брянск : Брянский гос. аграр. ун-т, 2016. С. 24–27.
2. Дадыкин В.С. Формирование механизма взаимодействия в системе управления фондом недр общераспространенных полезных ископаемых // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. 2017. № 4. С. 86–91. doi:10.24143/2073-5537-2017-4-86-91.
3. Дадыкин В.С. Анализ, моделирование и прогноз оптимальных объемов запасов для устойчивого развития горнодобывающих предприятий // Недропользование XXI век. 2018. № 2 (71). С. 162–169.

4. Степина О.М., Дадыкин В.С. Применение ГИС-технологий в управлении промышленным предприятием // Инновационно-промышленный потенциал развития экономики регионов : материалы IV Международ. науч.-практ. конф., Брянск, 31 марта 2017 г. Брянск, 2017. С. 285–290.

5. Kuznetsova E., Dadykin V. Analysis of an industrial and raw material facility as a socio-economic system // 2020 International multi-conference on industrial engineering and modern technologies, FarEastCon 2020, Vladivostok, October 6–9, 2020. Vladivostok, 2020. P. 9271435. doi:10.1109/FarEastCon50210.2020.9271435.

#### References

1. Dadykin V.S., Dadykina O.V. Reduction of reproduction of the mineral resource base as a threat to economic security // Socio-economic and humanitarian research: problems, trends and development prospects : materials of the International scientific and practical conference, Bryansk, April 27–28, 2016. Bryansk : Bryansk State Agrarian University, 2016. Pp. 24–27.

2. Dadykin V.S. Formation of the mechanism of interaction in the management system of the subsoil fund of widespread minerals // Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Economics. 2017. No. 4. Pp. 86–91. doi:10.24143/2073-5537-2017-4-86-91.

3. Dadykin V.S. Analysis, modeling and forecast of optimal reserves for sustainable development of mining enterprises // Subsurface use of the XXI century. 2018. No. 2 (71). Pp. 162–169.

4. Stepina O.M., Dadykin V.S. Application of GIS technologies in industrial enterprise management // Innovative and industrial potential of regional economic development : materials of the IV International scientific and practical conference, Bryansk, March 31, 2017. Bryansk, 2017. Pp. 285–290.

5. Kuznetsova E., Dadykin V. Analysis of an industrial and raw material facility as a socio-economic system // 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2020, Vladivostok, October 6–9, 2020. Vladivostok, 2020. P. 9271435. doi:10.1109/FarEastCon50210.2020.9271435.

#### Информация об авторах

*В.С. Дадыкин* – доктор экономических наук, доцент, декан факультета отраслевой и цифровой экономики, профессор кафедры «Цифровая экономика» Брянского государственного технического университета;

*Н.В. Подобай* – кандидат экономических наук, доцент, зав. кафедрой «Цифровая экономика» Брянского государственного технического университета;

*В.В. Бурого* – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры «Цифровая экономика» Брянского государственного технического университета.

#### Information about the authors

*V.S. Dadykin* – Doctor of Economics, Associate Professor, Dean of the Faculty of Industrial and Digital Economics, Professor of the Department of Digital Economics of Bryansk State Technical University;

*N.V. Podobay* – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Digital Economics of Bryansk State Technical University;

*V.V. Burago* – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Digital Economics of Bryansk State Technical University.

Статья поступила в редакцию 27.09.2023; одобрена после рецензирования 29.09.2023; принята к публикации 26.10.2023.

The article was submitted 27.09.2023; approved after reviewing 29.09.2023; accepted for publication 26.10.2023.