

<sup>1</sup>Т.Мустафин\*, <sup>1</sup>Б.Кулпешов, <sup>2</sup>А.Зейнуллин, <sup>3</sup>С.Мустафин, <sup>4</sup>А.Тойгожинова

<sup>1</sup>Казахстанско–Британский технический университет, Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Казахстанская Национальная Академия Естественных наук, Нур-Султан, Казахстан

<sup>3</sup>Институт информационных и вычислительных технологий, Алматы, Казахстан

<sup>4</sup>Казахская академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан

\*e-mail: mustafintima@mail.ru

## О ПРОБЛЕМЕ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТА ЗАКЛАДКИ

**Аннотация.** Материал работы относится к проблемам выбора и сравнения состояний динамического объекта для осуществления комплексного контроля состояния объекта закладки по разнородной информации и может быть применен в системах диагностики и управления объектами для оперативного получения достоверной информации о состоянии объекта закладки. Цель работы состоит в создании системы мониторинга и контроля процессов твердения закладочного материала, позволяющей вести постоянный удаленный мониторинг и помощь в подготовке и принятии краткосрочных управленческих решений для своевременного предупреждения аварийных ситуаций и их возникновения, последствия, снижение затрат на изготовление и эксплуатацию системы. Отмечено, что каждый показатель закладки в отдельности определяет состояние массива частично, только одну ее сторону описания, и не может быть глобальной оценкой состояния всего объекта.

**Ключевые слова:** контроль, динамический многопараметрический объект, отклонение, оценка изменения состояния закладки.

**Введение.** Как известно, с развитием математического моделирования и вычислительной техники стало возможным решать задачи, возникающие в процессе жизнедеятельности, облегчить, ускорить, повысить качество результата. К примеру, работа различных систем жизнеобеспечения, взаимодействие человека с компьютером, появление роботизированных систем и др. Тем не менее, обеспечить удовлетворительный результат в ряде задач не удается.

Реализации математических моделей на компьютере в основном подчинялись классической схеме математического моделирования: математическая модель – алгоритм – расчет. Однако помимо классических идей этой схемы возникали методы, основанные на совершенно иной природе, и как показывала практика решения некоторых задач, они зачастую давали лучший результат, нежели решения, основанные на математических моделях. Их идея заключалась в отказе от стремления создать исчерпывающую математическую модель изучаемого объекта (причем часто адекватные модели были громоздки и не поддавались практически вычислительным экспериментам), а вместо этого удовлетвориться ответом лишь на конкретные интересующие нас вопросы, причем эти ответы следует искать из общих для широкого класса задач соображений [1,2].

До недавнего времени существовало мнение, что традиционные математические методы в принципе достаточны для решения любых задач анализа данных. Однако на фоне многочисленных практических успехов утверждения, что любая конкретная задача, может быть, в принципе решена на основе математического моделирования выглядят нереально оторванными от жизни. Если раньше решение задач с использованием математического моделирования было чуть ли не единственным методом решения, то сейчас ситуация поменялась – использование математического моделирования может быть дополнено методами, основанные на совершенно иной природе. Необходимость разработки новых подходов к решению поставленных задач является ответом на вызовы стоящих перед практикой проблем [3,4].

Использование математического моделирования с привлечением методов интеллектуальной обработки данных позволяет решать задачи, как показывала практика, давая зачастую лучший результат, нежели решения, основанные на сложных математических моделях [2].

Предлагаемая нами методика решения задачи контроля состояния динамического объекта рассмотрена на проблеме оценки изменения состояния закладки, применяемой в горной промышленности, конкретнее, может быть использована при анализе данных по закладочному материалу, применяемого при разработке месторождений полезных ископаемых с использованием закладки, для оценки изменений состояния сложного динамического объекта закладки по измерениям параметров закладочного материала в выбранные моменты времени  $t_1, t_2$  [4-6].

В горном деле закладку определяют как заполнение закладочным материалом выработанного пространства, которое образуется в недрах земли в результате выемки полезного ископаемого. Применение закладки на горнодобывающих предприятиях вызвано обеспечением безопасного процесса ведения добычных работ, сохранением строений на поверхности земли, обеспечением безопасности людей и сохранения окружающей среды и т. д. С этой целью выработанное пространство заполняют закладочным материалом, который после достижения определенного состояния прочности должен выполнять функцию поддерживающих целиков.

**Методы.** К основным методам контроля состояния закладки относятся: радиометрический контроль, ультразвуковой метод, методы местных разрушений, методы ударных воздействий, акустический метод, метод измерения температуры материала и т. д.

Основными недостатками перечисленных методов являются односторонность описания объекта рассмотрения и необходимость построения индивидуальных градировочных зависимостей по результатам исследований закладки такого же состава и возраста.

Цель предлагаемого подхода – построение метода сравнения состояний закладочного материала за счет использования структуры данных по состояниям объекта закладки в моменты времени  $t_1, t_2$ , уменьшающий организационную и интеллектуальную нагрузку на эксперта.

**Технический результат** предлагаемого нами заключается в повышении достоверности оценки изменения состояния объекта исследования с оперативным определением относительной величины и характера изменения его состояния.

Задача модели – повышение достоверности и оперативности оценки изменения состояния закладки, применяемой при разработке месторождений полезных ископаемых с использованием закладочного материала, и уменьшающий нагрузку на эксперта.

Содержательная запись предлагаемого метода. Методика оценки изменений состояния сложного динамического объекта по измерениям параметров объекта в моменты времени  $t_1, t_2$  состоит, по крайней мере, из трех этапов и заключается в измерении  $j$  параметров состояний закладки  $z_j^1, z_j^2$  ( $j = 1, n$ ) в моменты времени  $t_1, t_2$  соответственно; в нормализации значений параметров состояния объекта закладки  $S$  по интервалам изменения параметров описания объекта закладки и далее в оценке изменения состояний закладки согласно следующему решающему правилу: оценка изменения  $R(1,2)$  между состояниями  $S(t_1)$  и  $S(t_2)$  объекта закладки  $S$  равна средней от суммы приведенных отклонений по всем параметрам закладки.

Не останавливаясь на первом этапе по причине принадлежности этого этапа к предметной области эксперта (постановщика задачи) рассматриваемой области, перейдем ко второму этапу. Необходимость второго этапа, нормализации выборок данных, вызвана природой используемых параметров, численные значения которых сильно зависят от физической природы соответствующих параметров, и для различных параметров эти

значения могут сильно различаться между собой по абсолютным величинам. Так, например, данные могут содержать параметры разные по физическому содержанию - и параметры, измеряемые в метрах, и параметры, измеряемые в процентах, и параметры, измеряемые в сотнях тысяч паскаль и т.д. Нормализация данных позволяет привести все используемые числовые значения параметров описания объекта исследования к одной области изменения, благодаря чему появляется возможность рассматривать их в одной модели – производить алгебраические действия над текущими параметрами закладки для определения близости его состояний. Предлагаемая модель позволяет проводить нормализацию для описания состояний закладки, имеющих как количественный, так и дискретный характер. Выбор интервалов изменения параметров объекта закладки выполняется из содержательных соображений, характеристик приборов измерения параметров и полностью возлагается на эксперта рассматриваемой предметной области знаний, в нашем случае, на технолога разработки месторождений полезных ископаемых с закладкой. Заключительный этап состоит в оценке изменения состояний закладки согласно предлагаемому решающему правилу.

Формальная запись предлагаемого выглядит следующим образом.

1. Измерение  $j$  параметров состояний закладки  $z_j^1, z_j^2$  ( $j = 1, n$ ) в моменты времени  $t_1, t_2$  соответственно;

2. Нормализация значений параметров состояния объекта закладки  $S$  по интервалам изменения параметров описания объекта закладки;

3. Оценка изменения  $R(1,2)$  между состояниями объекта закладки  $S$  равна средней от суммы приведенных отклонений  $j$  параметра  $r_j(1,2), j = 1, n; 0 \leq R(1,2) \leq 1$ .

Текущее состояние закладочного материала, применяемого при разработке месторождений полезных ископаемых с закладкой, можно охарактеризовать следующим набором параметров:

1. температурный параметр  $T$  твердения закладки, измеряемый в градусах,  $^{\circ}C$ ; для измерения температуры используют термоэлектрические пирометры (термометры); электрические термометры сопротивления, иногда бесконтактные термометры.

Температура закладочного материала изменяется от  $15^{\circ}C$  до  $45^{\circ}C$ .

2. ультразвуковой импульсный параметр  $V_{ульбра}$  основан на том, что распространение ультразвуковых колебаний в среде определяется ее составом, структурой и свойствами; излучатель импульсов устанавливается в начальной точке отсчета, а приемник перемещают в точки измерения, расстояние между которыми известно. По времени распространения ультразвуковых колебаний и расстоянию между излучателем и приемником определяют скорость распространения импульса  $v$ , измеряется в м/сек; Ультразвуковой параметр закладочного материала изменяется в интервале от 2800 м/сек до 4200 м/сек.

3. плотность материала закладки  $D$ , измеряемая в  $кг/м^3$ .

одна из характеристик материала - плотность закладки: от нее в большой мере зависит прочность материала. Плотность закладки, удельный вес – это соотношение массы материала к его объему. Плотность закладки нарастает в процессе затвердевания материала по мере испарения воды. Плотность закладки изменяется от 800 до 1500  $кг/м^3$ .

4. влажность объекта  $M$ , измеряемая в %; метод измерения влажности объекта закладки основан на эффекте поглощения электромагнитной энергии высокой частоты молекулами воды, при распространении электромагнитной волны в веществе. Параметр по влажности закладочного материала изменяется от 40% до 60%.

5. показатель электропроводимости закладки  $G$ , измеряемый в сименсах на метр ( $См/м$ ); Многочисленные экспериментальные исследования показывают, что общая закономерность изменения проводимости закладочной смеси имеет место. Величина изменяется от 0.1  $См/м$  до 10  $См/м$ .

Дальнейшее вычисление оценки  $R(1,2)$  в многомерном пространстве параметров позволяет получить количественную оценку изменения состояния закладочного материала  $S(t)$  при переходе от состояния  $S(t_1)$  к состоянию  $S(t_2)$ .

Для вычисления оценки близости состояний закладочного материала экспертом формируется набор значимых, легко извлекаемых и изменяемых во времени параметров, являющихся частичными описаниями состояния материала  $S(t)$ .

Тогда последовательность шагов предлагаемого метода такова.

1. Выбор порогов  $\varepsilon, \delta$  на изменение параметров закладки  $S$ ,  $0 \leq \varepsilon, \delta \leq 1$  (%).

2. В момент времени  $t_1$  (сут.) проводим измерения параметров закладки.

Проводим нормализацию параметров закладки - отображаем значения параметров в  $[0,1]$ .

3. В момент времени  $t_2 = (t_1 + 1)$  (сут.) проводим измерения параметров закладки.

Проводим нормализацию параметров закладки - отображаем значения параметров в  $[0,1]$ .

Определяем близость состояний закладки  $R(1,2)$  в моменты  $t_1$  и  $t_2$ .

Если величина  $R(1,2) > \delta$  (%), то можно заявить о готовности закладки для эксплуатации, иначе, переходим к измерениям в момент времени  $t_3 = (t_2 + 1)$ .

4. В момент времени  $t_3$  (сут.) проводим измерения выбранных параметров закладки. Проводим нормализацию параметров закладки, определяем близость состояний закладки  $R(2,3)$  в моменты  $t_2$  и  $t_3$ .

Если величина  $R(2,3) > \delta$  (%), то можно заявить о готовности закладки для эксплуатации, иначе, переходим к измерениям в момент времени  $t_4 = (t_3 + 1)$ . И т. д.

Следует отметить, что поскольку процесс твердения закладки затухающий, то момент начала возможной эксплуатации закладки обязательно наступит. Нормативное время твердения закладки не должно превышать 30 суток. Сам способ интуитивно понятен и вычислительно прост, для его реализации не требуется трудоемких расчетов.

**Выводы.** Предлагаемый подход установил принципиальную возможность применения предлагаемой методики для решения задачи определения момента начала эксплуатации закладки.

**Заключение.** Тематика работы относится к проблемам выбора и сравнения состояний динамического объекта, которые осуществляются для контроля состояния многопараметрического объекта по разнотипной информации о закладке. Построен параметрический метод определения величины изменения состояния закладки в последовательные моменты времени. Показана последовательность этапов применения предлагаемой оценки для определения момента принятия закладки к эксплуатации. Изложенное применимо в различных достаточно далеких друг от друга областях знаний, там, где необходим мониторинг и контроль тенденций изменения состояния многопараметрического объекта.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Дородницын А.А. Проблема математического моделирования в описательных науках. Кибернетика. 1983.- 4, 6–10
- [2] Журавлев Ю. И. Избранные труды, М.: Магистр, 1998, 568 с.
- [3] Вентцель Е.С. Исследование операций, М.: Наука, 1975. 610 с
- [4] Байконуров О.А. Классификация и выбор методов подземной разработки месторождений, Алма-Ата: Наука, 1969. 606 с.
- [5] Байконуров О.А., Крупник А.Л., Мельников А. В. Подземная разработка месторождений с закладкой, Алма-Ата: Наука, 1972. 384 с.
- [6] Байконуров О.А., Мельников А. В. *Основы горной геофизики.*-Алма-Ата: Наука, 1970. 323 с.

## REFERENCES

- [1] Dorodnicyn A.A. Problema matematicheskogo modelirovaniya v opisatel'nyh naukah. Kibernetika. 1983.- 4, 6–10
- [2] Zhuravlev Ju. I. Izbrannye trudy, M.: Magistr, 1998, 568 s.
- [3] Ventcel' E.S. Issledovanie operacij, M.: Nauka, 1975. 610 s
- [4] Bajkonurov O.A. Klassifikacija i vybor metodov podzemnoj razrabotki mestorozhdenij, Alma-Ata: Nauka, 1969. 606 s.
- [5] Bajkonurov O.A., Krupnik A.L., Mel'nikov A. V. Podzemnaja razrabotka mestorozhdenij s zakladkoj, Alma-Ata: Nauka, 1972. 384 s.
- [6] Bajkonurov O.A., Mel'nikov A. V. Osnovy gornoj geofiziki.-Alma-Ata: Nauka, 1970. 323 s.

<sup>1</sup>Т.Мустафин\*, <sup>1</sup>Б.Кулпешов, <sup>2</sup>А.Зейнуллин, <sup>3</sup>С.Мустафин, <sup>4</sup>А.Тойгожинова

<sup>1</sup>Қазақстан-Британ техникалық университеті, Алматы, Қазақстан

<sup>2</sup>Қазақстан ұлттық жаратылыстану ғылымдары академиясы, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

<sup>3</sup>Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы, Қазақстан

<sup>4</sup>Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан

\*e-mail: mustafintima@mail.ru

## БЕТБЕЛГІ НЫСАНЫНЫҢ ЖАҒДАЙЫН КЕШЕНДІ БАҒАЛАУ МӘСЕЛЕСІ ТУРАЛЫ

**Андатпа.** Жұмыс материалы әртүрлі ақпарат бойынша бетбелгі нысанының жағдайын кешенді бақылауды жүзеге асыру үшін динамикалық нысанның күйлерін таңдау және салыстыру мәселелеріне жатады және көп параметрлі нысанның жай-күйі туралы сенімді ақпаратты жедел алу үшін нысандарды диагностикалау және басқару жүйелерінде қолданылуы мүмкін. Жұмыстың мақсаты апат жағдайларын және олардың туындауын, салдарын уақытылы алдын алу, жүйені дайындауға және пайдалануға арналған шығындарды азайту үшін қысқа мерзімді басқару шешімдерін дайындауға және қабылдауға тұрақты қашықтықтан мониторинг жүргізуге және көмек көрсетуге мүмкіндік беретін толтырым материалдарының қатаю процестерін бақылау мен автоматтандырылған мониторинг жүйесін құру болып табылады. Толтырымның әр көрсеткіші сілемнің күйін ішінара, оның сипаттамасының тек бір жағын ғана анықтайтыны және нысанның бүкіл күйін жаһандық бағалай алмайтындығы атап өтілді.

**Негізгі сөздер:** бақылау, динамикалық көп параметрлі нысан, ауытқу, бетбелгі күйінің өзгеруін бағалау.

<sup>1</sup>T. Mustafin\*, <sup>1</sup>B. Kulpeshov, <sup>2</sup>A. Zeinullin, <sup>3</sup>S. Mustafin, <sup>4</sup>A. Toigozhinova

<sup>1</sup>Kazakh-British Technical University, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Kazakhstan National Academy of Natural Sciences, Nur-Sultan, Kazakhstan

<sup>3</sup>Institute of Information and Computational Technologies, Almaty, Kazakhstan

<sup>4</sup>Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan

\*e-mail: mustafintima@mail.ru

## ABOUT A COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE STATE OF FILLING MATERIAL

**Abstract.** The work material relates to problems of selection and comparison of states of a dynamic object for complex monitoring of the state of laying by heterogeneous information and can be used in diagnostic and control systems of objects for prompt obtaining of reliable information on the state of a object.

The purpose of the work is to create a system for monitoring and controlling the processes of hardening of the filling material, which enables to make continuous remote monitoring and helps prepare and make short-term management decisions for the timely prevention of emergencies and their occurrence, consequences, reducing the cost of manufacturing and operating the system.

It is noted that each filling material indicator separately determines the state of the array partially, only one side of its description, and cannot be a global assessment of the state of the entire object.

**Keywords:** control, dynamic multivariable object, deviation, evaluation of changes in the state of filling materials.