

**ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ПЕРЕНОСНОЙ СИСТЕМЫ
СБОРА И ОБРАБОТКИ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ
ГОРНЫХ АГРЕГАТОВ**

У статті наведені варіанти переносної системи збору та обробки діагностичних даних гірничих агрегатів, методика та обумовлення вибору найліпшої із запропонованих систем.

**DESCRIBING OPTIMAL GATHERING AND PROCESSING
MINING UNITS INFORMATION SYSTEMS**

Variants of gathering and processing diagnostic portable system of mining units are given; a technique and a substantiation of a offered systems best choice are described.

В настоящее время требования к системам автоматизации предполагают всестороннее использование компьютерной техники, в том числе и при проведении экспериментальных исследований. Таким образом, возникает проблема выбора оптимальной переносной системы для сбора и предварительной обработки собранных данных на месте.

Такая система должна удовлетворять следующим требованиям:

- 1) возможность автономного питания;
- 2) высокая производительность расчетов;
- 3) наличие нескольких датчиков;
- 4) высокая гибкость (возможность изменить и дополнить количество и размерность измеряемых величин);
- 5) отказоустойчивость;
- 6) наименьшая цена готовой системы, при прочих равных условиях.

Многие фирмы-производители предлагают свои варианты переносных систем сбора и обработки данных, однако, в большинстве случаев, такие системы, не отличаясь гибкостью, отличаются повышенной отказоустойчивостью и, соответственно, более высокой ценой. Поскольку для подавляющего большинства исследовательских задач критерий гибкости превалирует над критерием отказоустойчивости, то в нашем исследовании такие системы рассмотрены не будут.

Следовательно, возникает проблема построения проектов систем, удовлетворяющих условиям экспериментатора, и выбора такой системы из возможных предлагаемых вариантов.

Нами были рассмотрены более 50 фирм-производителей специализированного оборудования для контроля и обработки диагностических данных промышленных агрегатов[1]. Все предлагаемые варианты были классифицированы по производительности, отказоустойчивости и гибкости. Из них были выбраны наиболее типичные представители своих классов, которые и послужили основой для предложенных вариантов систем (см. табл. 1).

Таблица 1 - Варианты системы сбора и обработки диагностических данных

Номер варианта	Описание системы	Питание	Производительность расчетов	Количество датчиков	Гибкость	Отказоустойчивость	Цена
1	Ноутбук Mitac A760 Датчики Grayhill АЦП Fastwell	+	500	До 8	6	8	От 9000\$
2	Ноутбук PШ-1000 Датчики Grayhill АЦП Signatec	+	1100	До 16	7	7	От 12000\$
3	Ноутбук PШ-1200 Датчики + АЦП на микро-контроллере PIC	+	1200	До 4	10	8	От 2500\$
4	Моб. компьютер Advantech Датчики Advantech АЦП Advantech Программаторы Advantech	+	850	До 16	9	10	От 6000\$
5	Ноутбук Mitac CA35 Датчики TiePie АЦП TiePie	+	700	До 16	7	7	От 5000\$

Для выбора оптимальной системы воспользуемся подходом, предложенным французскими учеными во главе с Б. Рои. Этот подход направлен на Разработку Индексов Попарного Сравнения Альтернатив (РИПСА). На данном этапе существует множество методов, которые принадлежат подходу РИПСА. Из них наиболее известна группа методов ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la Eealite – исключение и выбор, отражающие реальность) [2].

Для учета нечеткости в процессе принятия решений в методах ELECTRE используются границы нейтральности (Indifference) и предпочтения (Preference).

Основная особенность методов ELECTRE заключается в том, что сравниваемые альтернативы могут быть либо эквивалентными, либо несравнимыми. В использованном нами методе ELECTRE 1 используются четкие бинарные отношения между альтернативами.

Из предложенных альтернатив формируется ядро, т.е. множество эквивалентных и несравнимых альтернатив.

Сначала рассчитываются индексы согласия и несогласия. Выдвигается гипотеза о предпочтении альтернативы A_i над A_j . Множество I , которое состоит из необходимого числа критериев, разбивается на 3 подмножества:

– I^+ – подмножество критериев, по которым A_i более привлекательна чем альтернатива A_j ;

– $I^=$ подмножество критериев, по которым A_i равноценна альтернативе A_j ;

– I^- – подмножество критериев, по которым A_j более привлекательна чем альтернатива A_i .

Далее формируется индекс согласия гипотеза о превосходстве A_i над A_j .

Индекс согласия $C_{A_i A_j}$ рассчитывается на основании весовых коэффициентов критериев:

$$C_{A_i A_j} = \frac{\sum_{k \in I^+, I^=} w_k}{\sum_{k=1}^N w_k}.$$

Индекс несогласия $d_{A_i A_j}$ гипотезы о превосходстве A_i над A_j определяется

по самому противоречивому критерию, по которому A_j наиболее превосходит альтернативу A_i . Для того, чтобы учесть возможную несопоставимость шкал критериев, сначала нормализуем наши данные. Тогда

$$d_{A_i A_j} = \max_{k \in I^-} \left| l_{A_j}^k - l_{A_i}^k \right|,$$

где $l_{A_j}^k, l_{A_i}^k$ - нормализованные оценки альтернатив A_i та A_j по k-критерию.

Введенные индексы используются при построении матриц индексов согласия и несогласия для предъявленных к выбору альтернатив.

В методе ELECTRE 1 бинарное отношение превосходства задается уровнем согласия α_1 и уровнем несогласия γ_1 . Если $C_{A_i A_j} \geq \alpha_1$ и $d_{A_i A_j} \leq \gamma_1$, то альтернатива A_i оглашается более привлекательной чем альтернатива A_j . Если на заданных уровнях сравнение альтернатив невозможно, то альтернативы оглашаются как несравнимые.

Уровни коэффициентов согласия и несогласия, при которых альтернативы несравнимы, представляют собой гибкий инструмент анализа при принятии решения. При заданных уровнях на множестве альтернатив выделяют ядро недоминирующих элементов, которые находятся или в отношении несравнимости, или в отношении эквивалентности. При изменении уровней из заданного ядра выделяют меньшее ядро и т.д.

В нашем случае мы имеем 5 альтернатив, которые оценены по 5 критериям. (Автономное питание присутствует у всех альтернатив, поэтому оно не повлияет на дальнейший выбор). Нам необходимо выделить наилучшую альтернативу. Каждому из 5 критериев ставится в соответствие целое число w (весовой коэффициент), которое характеризует важность критерия.

Критерии:

- 1) производительность расчетов;
- 2) количество датчиков;
- 3) гибкость (экспертная оценка);
- 4) отказоустойчивость (экспертная оценка);
- 5) цена (\$).

Нормализуем данные. Показатели по критериям 1, 2, 3, 4 нужно максимизировать, а 5-й (цена) минимизировать. Сделаем, чтобы все критерии были на максимум (1- наилучшая оценка, 0 – наихудшая).

Таблица 2 – Нормализованные критерии альтернатив

Номер варианта	Производительность расчетов	Количество датчиков	Гибкость	Отказоустойчивость	Цена
1	0,00	0,33	0,00	0,33	0,32
2	0,86	1,00	0,25	0,00	0,00
3	1,00	0,00	1,00	0,33	1,00
4	0,50	1,00	0,75	1,00	0,63
5	0,29	1,00	0,25	0,00	0,74

Этап разработки индексов

Для расчета индекса согласия необходимо определить важность критериев. Т.к. решение задачи неоднозначно, то мы рассчитаем матрицы индексов согласия для двух случаев:

1. все критерии равны ($w_i=1$);

Таблица 3 – Матрица согласия при $w_i=1$

	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 5
Вариант 1		0,4	0,4	0	0,2
Вариант 2	0,6		0,2	0,4	0,8
Вариант 3	0,8	0,8		0,6	0,8
Вариант 4	1	0,8	0,4		0,8
Вариант 5	0,8	0,8	0,2	0,4	

2. наиболее важным критерием принимается производительность расчетов ($w_1=5$; $w_2=4$; $w_3=3$; $w_4=2$; $w_5=1$);

Таблица 4 – Матрица согласия при $w_1=5$; $w_2=4$; $w_3=3$; $w_4=2$; $w_5=1$

	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 5
Вариант 1		0,20	0,40	0,00	0,13
Вариант 2	0,80		0,27	0,60	0,93
Вариант 3	0,73	0,73		0,60	0,73
Вариант 4	1,00	0,67	0,40		0,93
Вариант 5	0,87	0,67	0,27	0,33	

Рассчитаем матрицу индексов несогласия. Она не зависит от весов критериев, поэтому будет одна для обоих случаев.

Таблица 5 – Матрица несогласия

	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 5
Вариант 1		0,86	1,00	0,75	0,67
Вариант 2	0,33		1,00	1,00	0,74
Вариант 3	0,33	1,00		1,00	1,00
Вариант 4	0,00	0,36	0,50		0,11
Вариант 5	0,33	0,57	0,75	1,00	

Этап исследования множества альтернатив

1. Все критерии равны ($w_i=1$).

Пусть первые уровни согласия и несогласия равны $\alpha_1=0,8$; $\gamma_1=0,36$.

После анализа матриц согласия и несогласия становится очевидно, что альтернатива 1 не входит в первое ядро, так как индексы согласия по всем альтернативам меньше допустимого уровня, при этом индексы несогласия по всем альтернативам больше допустимого уровня.

Также, альтернатива 4 доминирует над альтернативами 2 и 5, поскольку $C_{42} \geq 0,8$ и $d_{42} \leq 0,36$; $C_{45} \geq 0,8$ и $d_{45} \leq 0,36$. Альтернативы 2 и 5 хуже, чем альтернатива 3 по аналогичным показателям. Поэтому альтернативы 2 и 5 исключаются из ядра. Альтернативы 3 и 4 несравнимы на данных уровнях согласия и несогласия.

Изменим уровень согласия и уровень несогласия: $\alpha_1=0,4$; $\gamma_1=0,5$.

Альтернатива 4 доминирует над альтернативой 3: $C_{43} \geq 0,4$ и $d_{43} \leq 0,5$.

Таким образом, наилучшей альтернативой является 4-я, далее идет 3, потом 2 и 5, а 1 на последнем месте.

2. Наиболее важным критерием принимается производительность расчетов ($w_1=5$; $w_2=4$; $w_3=3$; $w_4=2$; $w_5=1$).

Пусть первые уровни согласия и несогласия равны $\alpha_1=0,8$; $\gamma_1=0,1$.

Альтернативы 1 и 3 не входят в первое ядро, так как индексы согласия по всем альтернативам меньше допустимого уровня, при этом индексы несогласия по всем альтернативам больше допустимого уровня. 2, 4 и 5 альтернативы не-сравнимы на данном уровне. Они образуют первое ядро.

Изменим уровень согласия и уровень несогласия: $\alpha_1=0,66$; $\gamma_1=0,36$.

При данных условиях альтернатива 4 доминирует над альтернативами 2 и 5, поскольку $C_{42} \geq 0,66$ и $d_{42} \leq 0,36$; $C_{45} \geq 0,66$ и $d_{45} \leq 0,36$.

Мы получили, что наилучшей альтернативой является 4-я, далее идут 2 и 5, а 1 и 3 на последнем месте.

Из проведенного анализа следует, что принятие решения о наилучшей альтернативе зависит от весов критериев, а значит и от целей пользователя системы. Также следует отметить, что альтернатива 3 имеет довольно высокие индексы согласия, что говорит в ее пользу. При этом уровень несогласия очень высокий. Он обусловлен наличием наименьшего количества датчиков. Если для решаемой задачи достаточно наличие 4 датчиков, то данный критерий можно исключить.

Рассмотрим, как изменится оптимальное решение при оставшихся критериях: производительность расчетов, гибкость, отказоустойчивость, цена.

Таблица 6 – Нормализованные критерии альтернатив без учета количества датчиков

Номер варианта	Производительность расчетов	Гибкость	Отказоустойчивость	Цена
1	0,00	0,00	0,33	0,32
2	0,86	0,25	0,00	0,00
3	1,00	1,00	0,33	1,00
4	0,50	0,75	1,00	0,63
5	0,29	0,25	0,00	0,74

Рассчитаем матрицы индексов согласия.

1. Все критерии равны ($w_i=1$);

Таблица 7 – Матрица согласия без учета количества датчиков при $w_i=1$

	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 5
Вариант 1		0,5	0,25	0	0,25
Вариант 2	0,5		0	0,25	0,75
Вариант 3	1	1		0,75	1
Вариант 4	1	0,75	0,25		0,75
Вариант 5	0,75	0,75	0	0,25	

2. Наиболее важным критерием принимается производительность расчетов ($w_1=4; w_2=3; w_3=2; w_4=1$);

Таблица 8 – Матрица согласия без учета количества датчиков при $w_1=4; w_2=3; w_3=2; w_4=1$

	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 5
Вариант 1		0,3	0,2	0	0,2
Вариант 2	0,7		0	0,4	0,9
Вариант 3	1	1		0,8	1
Вариант 4	1	0,6	0,2		0,9
Вариант 5	0,8	0,6	0	0,1	

Рассчитаем матрицу индексов несогласия.

Таблица 9 – Матрица несогласия без учета количества датчиков

	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 5
Вариант 1		0,86	1,00	0,75	0,42
Вариант 2	0,33		1,00	1,00	0,74
Вариант 3	0,00	0,00		0,67	0,00
Вариант 4	0,00	0,36	0,50		0,11
Вариант 5	0,33	0,57	0,75	1,00	

3. Все критерии равны ($w_i=1$).

Пусть первые уровни согласия и несогласия равны $\alpha_1=0,75; \gamma_1=0,36$.

При таких уровнях альтернатива 1 не входит в первое ядро, так как индексы согласия по всем альтернативам меньше допустимого уровня, при этом индексы несогласия по всем альтернативам больше допустимого уровня. Альтернатива 3 доминирует над альтернативами 1, 2 и 5. Но на данном уровне согласия и несогласия она несравнима с 4-й альтернативой. При этом 4 хуже, чем 3.

Изменим уровень несогласия: $\gamma_1=0,67$. Тогда альтернатива 3 доминирует над альтернативой 4: $C_{34} \geq 0,75$ и $d_{34} \leq 0,67$. А альтернатива 4 становится несравнимой с альтернативой 3: $C_{43} \leq 0,75$ и $d_{43} \leq 0,67$.

Таким образом, лучшей альтернативой принимается 3, далее идет 4, а потом 1, 2, 5.

4. Наиболее важным критерием принимается производительность расчетов ($w_1=4; w_2=3; w_3=2; w_4=1$).

Ситуация аналогична предыдущей. При уровнях согласия и несогласия $\alpha_1=0,8; \gamma_1=0,67$ альтернатива 3 доминирует над остальными.

Следует заметить, что во всех случаях альтернатива 3 проигрывает только 4 за счет меньшей отказоустойчивости.

Исходя из анализа альтернатив, оптимальной для экспериментатора является альтернатива 3 - Ноутбук РИИ-1200, Датчики + АЦП на микроконтроллере PIC, если главным критерием является минимальная цена или достаточно 4-х датчиков. В остальных случаях лучшей является альтернатива 4 - моб. компьютер Advantech, датчики Advantech, АЦП Advantech и программаторы Advantech.

Ее преимуществами являются: наибольшее количество датчиков, наилучшая отказоустойчивость и высокая гибкость.

Данный метод выбора оптимального варианта сочетания «диагностическое оборудование + компьютерная обработка результатов диагностики» предусмотрен для решения проблемы проведения экспериментальных исследований по изучению режимов работы любого горнотехнического оборудования в реальном масштабе времени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. www.prosoft.ru, способ доступа – <http://www.prosoft.ru/>
2. Roy, B. – Classement et choix en presence de points de vue multiples (la methode ELECTRE), - RIRO (Revue Internationale de Recherche Operationnelle), no. 8, marsavril, 1968.

УДК 681.5:622.24

Асп. С.Ю. Семенов (НГУ)

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ И СИСТЕМ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ БУРЕНИЯ

Сделано попытку проанализировать современное состояние автоматизации процессов бурения, определить общие тенденции развития отрасли, классифицировать предыдущий опыт по ряду критериев (системы управления технологическими параметрами, системы мониторинга технического состояния, научное обоснование методов и систем автоматизации процессов бурения). Исходя из выявленных тенденций, выбрано направление исследований и предложена концептуальная модель системы диагностики и управления процессами бурения.

ANALYSIS OF UP-TO-DAY METHODS AND SYSTEMS OF DIAGNOSTICS AND CONTROL OF DRILLING PROCESS

Attempts are made to analyze up-to-day state of automation of drilling process, to define general branch development tendencies, to classify previous experience by the number of criteria (systems of control of technological parameters, systems of monitoring of technical state, scientific substantiation of methods and systems of drilling process automation). The research direction is chosen according to shown tendencies. The conceptual model of system of diagnostics and control of drilling process is suggested.

Зі світового досвіду відомо, що впровадження систем автоматизації технологічних процесів в середньому вдвічі зменшує всі види витрат даного виробництва. Особливість процесів буріння свердловин полягає в тому, що вони є нестационарними, стохастичними, розвивається в часі і протікають в умовах значної апріорної невизначеності. Складні гірничо-геологічні умови і значні глибини, які характеризують буріння свердловин в Україні, вимагають значних фінансово-матеріальних та енергетичних затрат.

З іншого боку, в умовах обмеженого державного фінансування, коли відбувається старіння матеріально-технічної бази бурових підприємств, важливого значення набувають питання моніторингу технічного стану бурового обладнання, адаптивної ідентифікації та оперативного керування процесами буріння.

Метою даної роботи є визначення напряму дослідження та розробки методів