

## ДВНАДЕСЕТ МЕТОДОЛОГИЧНИ ПРОБЛЕМА ПРИ АВТОМАТИЗИРАНЕ НА УПРАВЛЕНИЕТО НА МИННИТЕ РАБОТИ В ОТКРИТИТЕ РУДНИЦИ

### *Методи Маждраков*

*Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“, 1700 София*

**РЕЗЮМЕ.** Представят се 12 от многобройните методологични проблеми, които се появяват при разработването на автоматизираните системи за управление на минните работи в откритите рудници; ако не се отчетат тези проблеми, работата на системата може да бъде компрометирана частично или изцяло. Накратко тези проблеми могат да бъдат формулирани така: 1. Рудникът не се разглежда като система 2. Управлява се моделът 3. Иерархия на цели и ограничения 4. Складът – решение или проблем 5. Внимание: буквално изпълнение 6. Във вероятностна среда – с вероятностни подходи 7. Интерактивен подход (човеко/машинни решения) 8. Изходът е функция на входа 9. Техническите средства: какви, къде и как 10. База от данни 11. Научни основи 12. Пазарът - в края, но не на последно място

### TWELVE METHODOLOGICAL PROBLEMS WITH THE AUTOMATION OF MANAGEMENT OF WORKING IN OPEN MINES

#### *Metodi Mazhdrakov*

*University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia*

**ABSTRACT.** Twelve of the numerous methodological problems are represented. They appear in the development of the automated systems for control of the mine works at open mines; if these problems are not reported the work of the system can be compromised partially or totally. Shortly those problems could be formulated as follows: 1. The mine is not considered like a system; 2. A management of the model; 3. Hierarchy of proposes and limitations; 4. The depot – a solution or a problem; 5. Attention: literally performance; 6. In probable environment – using probable approaches; 7. Interactive approach (human/machine solutions); 8. The exit is a function of the entrance; 9. Technical devices: what kind, where and how; 10. Database; 11. Scientific bases; 12. The market in the end, but not at the last place.

В последните години на ХХ в., благодарение на развитието на техниката и технологията за събиране и обработване на информация, в крупните открити рудници бяха внедрени, изцяло или частично, системи за автоматизирано управление на отделни процеси или на цялата минна дейност. При създаването на тези системи бяха използвани различни подходи. Най-често бяха адаптирани известни решения за други производства и/или минни обекти или се съчетаваха готови със специализирани модули. По-рядко бяха създавани системи "по мярка" за конкретен обект. Някои системи бяха закупвани на основа на впечатленията от търговското представяне, без консултации с експерти.

Ето защо смятам, че е целесъобразно да се представят ПОНЕ 12 от многобройните методологични проблеми, които се появяват при разработването на автоматизираните системи за управление на минните работи в откритите рудници; ако не се отчетат тези проблеми, работата на системата може да бъде компрометирана частично или изцяло.

#### **1. Рудникът като система**

При управлението на съвременните рудници трябва да се отчетат особеностите на системата "Рудник", които я отличават съществено от повечето производствено-технически системи.

(а) Рудникът е добивна система, в която непрекъснато се променят местоположението, формата и размерите на работните места.

(б) Рудникът е стохастична система, работеща във взаимодружаваща си със природна среда, която се променя по неизвестни или само приблизително познати закономерности.

(в) Рудникът е динамична система, в която процесите протичат с относително висока скорост и непрекъснато променят обстановката в обекта. Наред с това, рудникът притежава и характеристики на инерционна система, тъй като допуснатите грешки се преодоляват трудно и показват тенденция към задълбочаване.

(г) Рудникът е кибернетична система от взаимосвързани елементи, осигурени с технологични и информационни връзки. В нея могат да се отделят управляващи и управлявани части и канали за права и обратна връзка.

(д) Според най-често срещаните определения, рудникът е сложна система, защото:

- той се описва с понятия от различни области на знанието, и

- промените в една част от системата водят до непредвидими или трудно прогнозируеми промени в другите части.

(е) Важна черта на системата рудник е нейната цялостност, породена от:

- последователността и обвързаността във времето и пространството на основните технологични процеси;

- взаимните връзки и силното влияние на отделните работни места едно спрямо друго и за развитието на обекта;
- неравномерното разпределение на полезните и вредните компоненти, което налага съгласувано третиране на цялата маса на подземното богатство, дори и на цялата минна маса.

## 2. Управлява се моделът

Традиционният ръководител взема решения въз основа на собствената си представа за обекта и/или процеса. Ако означим тази представа с научното понятие "модел" следва, че успехът на ръководителя зависи от адекватността на приетия от него модел.

Автоматизираното управление се основава на компютърно базирани информационни модели. При това:

- рудникът се представя с множество от модели, които отразяват съществено различни характеристики на обекта;
- използваните модели трябва да осигурят информационната цялостност на обекта, т.е. да са съвместими един с друг;
- моделите трябва да съответстват на динамиката на изменението на обекта и на вероятностния характер на въздействията на природната среда и на останалите подобни фактори;
- моделите трябва да отговарят и на определени изисквания свързани с използваната техника и технология за събиране и обработване на информация.

В отделните етапи от развитието на рудника и при решаване на различни задачи, използваните информационни модели имат различно място и значение. Все пак, трябва да отделим трите най-важни модела:

- (а) Модел на минните изработки. Моделът координира в пряк и преносен смисъл данните от останалите модели на рудника.
- (б) Модел на природните условия. Моделът осигурява достатъчно надеждни стойности на природните показатели в "произволна" точка.
- (в) Модел на основните технологични процеси. Моделират се процесите в конкретните условия на работните места в рудника и в даден моменти или период от време.

## 3. Йерархия на цели и ограничения

В зората на автоматизацията, бяха предложени системи, които планираха ежедневния обем на минните работи за срок от 1 година. Това беше много просто, но за жалост, неприложимо решение. За да бъде ефективна, системата трябва да отчете йерархията на целите и ограниченията през отделните периоди на съществуване на рудника.

Ще приведем едно възможно решение за отделните периоди за проектиране (планиране) на развитието на минните работи..

- (а) Период 1, 2, ..., N години ("стратегия"). Основната цел е да се осигури развитието на рудника като инженерно съоръжение, т.е.:
  - бордовете да бъдат устойчиви, и
  - обемът на откривката да е относително постоянен и да не се влияе от локални екстремуми.
- (б) Период 1, 2, ..., 12 (или 15) месеца ("тактика"). Основната цел е да се осигури достатъчен обем подготвени/готови за изземване запаси. Това се постига

със спазване на последователността сондиране - взривяване - натоварване - транспортиране - складиране, респ. насипване. Отчитат се положението и възможностите на механизацията и особеностите на режима на минните работи (напр. в рудниците за добив на въглища през топлия период се напредва с откривката, необходимо е време за основни ремонти и т.н.).

(в) Период от 1, 2, ..., 7 (или 10) дни ("оперативно"). В този период основно е планирането на качеството. Съставя се зависимостта "обем/качествени показатели", която обвързва напредъкът на добивните багери с очакваните стойности на показателите и дава възможност за реално планиране.

(г) Период от 1, 2, ..., 8 (или 12) часа ("реално време"). В този период се решава задачата за съгласуване на работата на добивните багери така, че да се добие подземно богатство със зададени количествени и качествени показатели. Често пъти този процес се нарича "Осредняване". Това понятие обаче не е съвсем точно, защото ВСЯКО произволно смесване води до осредняване на показателите на отделните съставки. Може би по-правилно е процесът да се нарича управлявано или насочено осредняване.

Системата трябва да позволява и обратен ход, т.е. при настъпване на определени събития да се препроектират етапите (в), (б) и (а). Такива събития за по-късите периоди са аварии, непотвърждаване на запасите и т.н., а за по-дългите – промени в макроикономическата обстановка и др.п.

## 4. Складът – решение или проблем

Складът с добитото подземно богатство, независимо къде се намира – в рудника и/или при потребителя, има две основни функции:

- съхраняване на резерв, който осигурява дейността на преработвателните мощности при спиране или намаляване на добива, и
- управляване на качеството (т.нар. "осреднителни" складове).

Обикновено втората функция на склада се надценява. Нейното изпълнение зависи от начина на постъпване на добитото подземно богатство в склада. Възможни са различни случаи:

- (а) В склада постъпва подземно богатство с показатели, които съответстват на природната изменчивост на показателите (неуправляван добив). За управление на качеството, складът трябва да се третира като рудник: опробване по съответен начин, съставяне на модели, решаване на задачите (в) и (г) от т. 3.
- (б) В склада постъпва подземно богатство с достатъчно точно определени показатели (качеството на добива се контролира). В този случай е необходимо да се състави модел на склада и с подходящи технологични решения да се управлява изгребването. Моделирането се облекчава, ако отделните качества се разделят физически. Разбира се, задачата няма решение, ако в склада преобладаващо постъпва подземно богатство с лошо качество, или по-общо казано, складът не позволява екстраполиране.
- (в) В склада постъпва само подземно богатство, което отговаря на изискванията на потребителя (качеството се

управлява). Тогава моделът трябва да отразява количеството на складираната маса.

Управлението на качеството чрез осреднителен склад е по-прегледно, отколкото управлението на добива в рудника, но неговите възможности са ограничени, особено ако не се поддържа и използва модел на складираната маса.

### **5. Внимание: буквално изпълнение**

Не винаги е правилно на автоматизираната система да се възлагат цели, които са свойствени на "човешкото" управление. Автоматизираната система изпълнява изискванията буквално, без да въвежда смислови корекции. Ето няколко примера.

- цел: Максимална ефективност на автотранспорта. Системата ще предпочете дългите курсове, при които коефициентът на използване на транспорта е по-голям.

- цел: Максимална производителност на добивните багери. Системата ще включи в добива неоправдано голям обем запаси с ниско съдържание. Като се отчете изменчивостта на показателите и неизбежните грешки при определяне на запасите, вероятността да се добие некондиционна минна маса е неоправдано висока. Същото ще се получи и при целева функция добив на подземно богатство с минимални, респ. максимални, допустими стойности на показателите.

- цел: Добив със зададен(и) показател(и). При достатъчен брой багери (обикновено 3 и повече), задачата не е еднозначна и има десетки решения. Затова следва да се въведе и друг критерий, напр. минимална междузабойна дисперсия.

### **6. Във вероятностна среда – с вероятностни подходи**

Има противоречие между вероятностния характер на средата и процесите в рудника и детерминираността на заданията. Не можем да наредим на багериста да натовари 1000 m<sup>3</sup> с отклонение 10%, тъй като той ще натовари 900. Заданието трябва да е детерминирано, но системата следва да оцени риска за неговото неизпълнение; при недопустим риск, заданието следва да се коригира (но не от багериста).

По наше мнение, най-добри резултати при планиране (проектиране) на минните работи, особено за къси периоди, се получават със стохастично моделиране (популярно като метод "Монте Карло"). Този подход има две важни предимства:

- първо, вместо единичен резултат се получава разпределение на решенията, т.е. и тяхната вероятност, и  
- второ, отчитат се и т.нар. "малко вероятни събития", които се пренебрегват от "класическата" статистика.

### **7. Интерактивен подход (човеко/машинни решения)**

Системата трябва да предвиди намесата на специалистите (програмиран диалог). Подходящи са случаите когато:

- изискванията са противоречиви;  
- липсва приемливо решение при конкретните входни данни;  
- трябва да се вземат важни решения;

- решението се взема по неясни правила, където помагат интуицията и опитът на специалиста.

Най-широко трябва да е застъпен диалогът в управлението в реално време – реакция на настъпилите неблагоприятни решения, генериране на справки и т.н.

Системата трябва максимално да подпомага специалиста с ясно редактирани съобщения и запитвания, предлагане на алтернативи и особено – с подходящи графики. Въобще графиките имат голяма роля в автоматизираните системи за управление и в това отношение те са близки до ГИС.

### **8. Изходът е функция на входа**

Сложните автоматизирани системи като правило са особено чувствителни към неточности във входа. Въпросът има най-малко два аспекта:

- първо, разработване на процедури за отстраняване на фактически и логически грешки (напр. коефициентът на разбухване е винаги над 1), и

- второ, определяне на достатъчно надеждни стойности на множество технологични показатели, като загуби, обедняване/замърсяване, коефициент(и) на разбухване, фракционен състав, коефициенти за използване на механизацията и т.н.

Намирането на тези стойности изисква определен обем изследователски работи, тъй като те са свързани с конкретните условия на обекта. Такива изследвания у нас бяха извършени през 1970-1980 г. Може би е време те да бъдат установени отново.

Впрочем, достатъчно интелигентната система трябва итеративно да изчислява някои показатели и ефективно да използва инструментът "обратна връзка".

### **9. Техническите средства: какви, къде и как**

Съвременното електронно приборостроене осигурява широк спектър от технически средства за събиране на информация: тотални геодезически станции, GPS-приемници, експрес-анализатори, датчици за производителност и натоварване, комуникационни системи и средства и т.н.

Сами по себе си, тези средства не решават проблемите. За да бъдат ефективни, трябва да бъдат спазени редица условия.

(а) Техническите средства да бъдат на подходящо място в цялостната система. Примери. GPS-приемниците трябва приоритетно да се разполагат на добивните багери, а не на автосамосвалите, особено при работа в затворен цикъл и по познати маршрути. Експресните анализатори поставени на забоя служат за управление на товаропотока, а в края на потока – за контролиране на получените резултати.

(б) Резултатите от различните технически средства да се съгласуват във времето и пространството; напр. GPS-приемниците в много случаи работят в "друго" пространство, а не в координатната система, която е приета в рудника. ата

(в) Да се отчита надеждността на получените данни, която в общия случаи зависи от използваните физически, респ.

геометрически, принципи, влиянието на средата, конструктивните особености на прибора и т.н.

(г) Да се предпочитат on-line обработките.

Не е трудно със съвременните технически средства да се получава маркшайдерски модел на изработките в реално време. Важно е получената информация да се използва пълноценно.

### **10. База от данни**

Огромното количество от данни с различно съдържание, характер и източници на получаване изисква и съответната организация на информационните масиви. Такава организация осигуряват известните СУБД; разбира се, възможни са и други решения. При съвременните компютри не бива да се притесняваме за скоростта на обработка и за съхраняването на големи масиви. Това не означава, че трябва да се пренебрегват известните правила, като:

- разработване на подходящи входни панели и изходни документи;
- съвместимост на данните чрез обща номенклатура, координатна система, мерни единици и т.н.
- създаване на правила за внасяне/корекции на данните в базата;
- защита срещу неправомерно ползване, вкл. и срещу компютърни пирати;
- осигуряване на приемственост.

Важен е въпросът за съхраняването на първичните данни. Значителен източник на такива данни са автоматичните датчици за измерване и регистриране на стойностите на различни величини. Например, за 1 година се получават (приблизително):

- от 1 автосамосвал при 50 курса на ден – 100 хил. данни;
- от датчика за пепел на ГТЛ (през 15 мин.) – 35 хил. данни;
- от ежемесечните маркшайдерски снимки – 200 хил. данни.

Едва ли е възможно да се препоръча общ подход и трябва да се комбинират няколко решения-

- обработка на първичните данни и съхраняване на синтетични показатели;
- архивиране и съхраняване извън основната БД;
- запазване само на актуалната стойност.

### **11. Научни основи (Няма нищо по-практично от добрата теория. А. Айнщайн)**

Както всички съвременни технологични достижения, автоматизираните системи се основават на успехите на науката. При имплантирането на научните решения в системата са възможни различни случаи.

(а) Научните решения “не работят” в условията на минното производство. Например, известната от линейното програмиране “Задача за шихтата” не е подходяща за управление на добива от няколко забои, защото връзките между величините в целевата функция и ограничителните условия не са линейни.

(б) Научните изследвания изискват допълнителни изследвания и експерименти. Подобно е определянето на закономерностите на пространствено разпределение на полезните/вредните компоненти на подземното богатство и др.п. показатели.

(в) Съществуват по-строги и обосновани методи, които могат да заменят традиционните приблизителни и частни решения, голяма част от които са били наложени от ограничените възможности на класическите изчислителни средства. В такъв смисъл трябва да се предпочете методът на крайните елементи пред кръгово-цилиндричната повърхнина на плъзгане и т.н.

(г) Системата съчетава решения от различни области на науката. Това поставя високи изисквания пред разработчиците и неизбежно проникване в съседни области.

### **12. Пазарът - в края, но не на последно място**

Колкото и непривично да звучи, за пазара няма принципна разлика между кварталното магазинче и големия открит рудник. И двете институции работят ЗА и съществуват благодарение НА клиента. Всичко в рудника, което представлява потребителски интерес трябва да се разглежда като стока, независимо от записаното в геоложките доклади и други документи.

Изискванията на клиента се отнасят за качеството в широкия смисъл на думата. Това включва най-малко:

- определени стойности на различни показатели (съдържание на полезни/вредни компоненти, сортов състав, физикомеханични свойства, фракционен състав и т.н.);
- обем (количество) и ритъм на доставките;
- цена за 1-ца количество при дадено качество.

Желаните от клиента показатели могат да бъдат зададени по различен начин -единична стойност (средна аритметична и стандартно отклонение), вид, интервал, максимална или минимална стойност, функция от други параметри и т.н. Особени трудности при управлението на качеството се срещат при твърди стойности на показателя, при наличие на неблагоприятни корелационни връзки и др.п.

\*

Изложеното далече не изчерпва многобройните проблеми, които възникват при разработването и внедряването на автоматизирани системи за управление на минните работи в откритите рудници. То е опит за един по-общ поглед, който е особено необходим в началните етапи на проектиране на системата. От друга страна, изложеното може би ще помогне на минните специалисти да се ориентират за действителните качества и възможности на системите, които се предлагат на пазара.

## **Литература**

- Астафиев, Ю. П., А. С. Давидович и др. *Автоматизация планирования горных работ на железорудных карьерах*. М., Недра, 1982.
- Баранов, Ю., А. Сберовский, А. Хлебанов. Перспективы применения геоинформационных систем и технологий для ведения горно-транспортных работ на карьерах – 6-та конф. по открит добив, сб. докл., Несебър, 2001.
- Ершов, В. В. *Геолого-маркшайдерское обеспечение управления качеством руд*. М., Недра, 1986.

- Маждраков, М. *Автоматизация на маркшейдерските изчисления и графични построения*. С., ВМГИ, 1987.
- Маждраков, М. Проблемы создания и внедрения автоматизированной системы маркшейдерского обеспечения (АСМО) в НРБ. – *VII Межд. конгрес по маркш. делу*, сб. докл., т. V, Ленинград, 1988.
- Маждраков, М. (редактор). *Информационно осигуряване на управлението на минното производство*. С., ВМГИ, 1991.
- Маждраков, М. и др. Автоматизированная система маркшейдерского обеспечения открытых горных работ. – *V Межд. симп. по маркш. делу*, сб. докл., т. 5, Варна, 1982.
- Маждраков, М., С. Иринков, И. Христов, Н. Николов. По някои въпроси от управлението на количеството и качеството на добива в р-к “Кремиковци”. *Годишник на ВМГИ*, т. XXXV, св. IV, София, 1988-89.
- Станков, С. Оптимално управление на рудничен транспорт и шихтоване чрез мониторинг с GPS NavStar. – *6<sup>та</sup> Конференция по открит добив*, сб. докл., Несебър, 2001.

Препоръчана за публикуване от  
Катедра “Маркшейдерство и геодезия”, МТФ