© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

EXPERTSYSTEM FÖR FELSÖKNING PÅ GRUVMASKINER

Nikos Vagenas och Sven Granholm
Avdelningen för Bergmaskinteknik
Högskolan i Luleå

ABSTRACT

Artificiell intelligens är ett snabbt ökande område för datorapplikationer. Expertsystem, som är ett område inom artificiell intelligens, användes i sammanhang, där man har särskilt behov av att kunna utnyttja erfarenhet, intuition och slutledningsförmåga.

Driftstörningar och låg tillgänglighet hos maskinerna är ett hinder för ökning av produktiviteten i svensk gruvindustri. Vid reparationer och underhåll är man i hög grad beroende av erfarenhet och intuition hos underhållspersonalen. Och detta beroende ökar i takt med att maskinerna blir allt mer komplicerade. Användningen av expertsystem kan här vara ett effektivt hjälpmedel att minska felsökningstiderna, och därmed även reducera stillståndstiderna.

Expertsystem erbjuder möjligheten att samla, bibehålla och även utöka kunnandet hos den mest erfarna underhållspersonalen, samtidigt som man gör detta kunnande och denna erfarenhet lätt tillgänglig för övrig underhållspersonal. Diagnostiska expertsystem gör det möjligt för även mindre erfarna reparatörer att snabbt kunna lokalisera fel hos komplicerade maskiner, och därigenom medverka till att stillståndstider reduceras och att dyrbara maskiner kan utnyttjas bättre.

INTRODUKTION

Expertsystem är datorprogram, som använder sig av kunskap och inferensprocesser för att lösa problem, vilka kräver stora mått av kunnande och erfarenhet. Den kunskap som erfordras för att lösa problemet, kan, tillsammans med inferensprocessen, betraktas som en modell av det bästa expertkunnandet inom ämnesområdet (Fytas et al., 1987). Expertsystem är väl lämpade för sådana problem som saknar struktur och/eller standardlösningar, och vilka inte kan lösas med hjälp

© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

av algoritmer, utan kräver användning av subjektivt kunnande, erfarenhet och intuition.

Utvecklingen av ett expertsystem kräver samarbete mellan kunskapsingenjörer, och experter inom det aktuella området. Kunskapsingenjören är den som intervjuar experten, analyserar och strukturerar kunnandet, samt kodifierar kunskapen i inferensregler för att skapa kunskapsbasen. Experten tjänar som kunskapskälla inom det aktuella problemområdet, och bidrager med kunskap i form av procedurer, strategier, logik, tumregler, eller till och med ekvationer.

Utvecklingen av ett expertsystem kan delas in i fyra steg:

Steg 1. Definition av problem (inriktning och omfattning av det aktuella problemet)

Steg 2. Insamling av kunskap (genom intervjuer med experter, och genom att hämta information från relevant dokumentation/litteratur)

Steg 3. Implementering (lagring av kunskaperna i en kunskapsbas)

Steg 4. Prov och utvärdering (prov av kunskapsbasen och utförande av nödvändiga modifieringar)

Kunskapsbasen består av två slag av data:

- Fakta, relaterade till problemområdet

- Regler och heuristik, vilka kan generera alternativa slutledningar.

Reglerna i ett expertsystem består vanligtvis av "If...Then"-satser. Beroende på osäkerheten i viss del av den lagrade informationen, kan vissa regler och vissa fakta vara viktade. Viktningen kan uttryckas som en sannolikhet, eller som en säkerhetsfaktor inom området +1 till-1, där +1 indikerar vad som betraktas som med säkerhet sant, medan -1 indikerar vad som betraktas som osant. Användningen av dessa regler styres av en inferensmekanism, känd såsom inferens-generator. Denna består av två delar:

© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

- Tolkningsdelen, vilken avgör hur reglerna skall användas för att kunna dra slutsatser av ny kunskap.

- Styrdelen, vilken avgör i vilken ordning olika regler skall exekveras.

Det är en fundamental skillnad mellan expertsystem och konventionella datorprogram. I konventionella datorprogram exekveras "If...Then"-satserna i en förutbestämd ordning, vilken är entydigt definierad av programmet. I ett expertsystem, däremot, är det den aktuella kunskapen, som bestämmer ordningsföljden for exekverandet av olika satser. Kunskapen i systemet styr användningen av reglerna, och väljer den för ändamålet bäst lämpade regeln (Ramani & Prasad, 1987).

Uppbyggnaden av ett typiskt expertsystem visas i princip i Figur 1. Kunskapsbasen innehåller det områdesspecifika kunnandet, vilket representeras av expertisen. Inferens-generatorn innehåller ett antal allmängiltiga slutlednings-strategier, och metoder för att kunna draga slutsatser av kunskaperna i kunskapsbasen. Arbetsminnet är en tillfällig förvaringsplats för alla fakta som är relevanta för den pågående konsultationen.

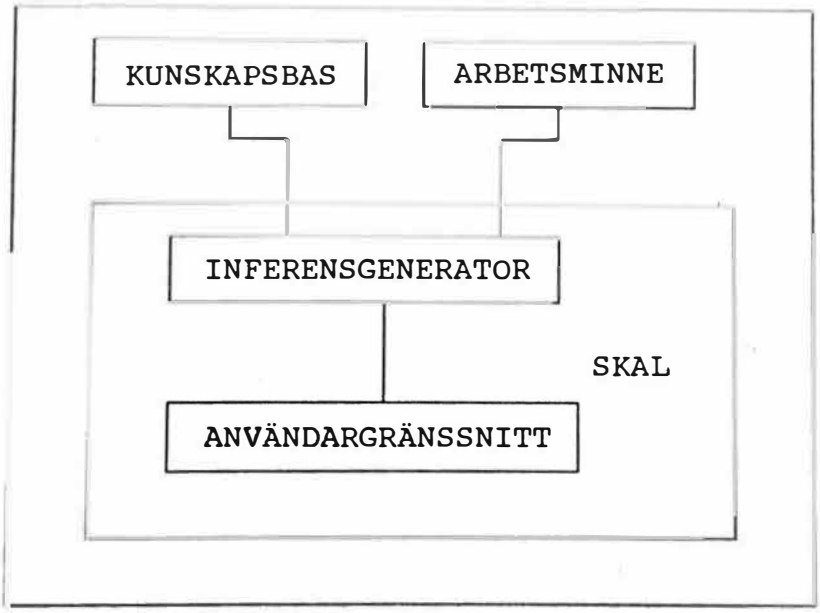

Fig. 1 Principell uppbyggnad av att expertsystem.

© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Ett s. k. skal till ett expertsystem innehåller alla modulerna i Figur 1, förutom kunskapsbasen och arbetsminnet. Genom att addera olika kunskapsbaser till skalet, kan man utveckla olika expertsystem. Skalet kan betraktas som en generisk kunskaps-processor (Lun & MacLeod, 1990). Det finns på markanden idag ett antal skal till expertsystem, vilka är väl lämpade för applikationer inom gruvindustrin (Prasad & Ramani, 1989).

EXPERTSYSTEM FÖR FELSÖKNING PÅ GRUVMASKINER

Under senare tid har ett flertal applikationer av expertsystem inom gruvindustrin beskrivits i litteraturen. Expertsystem har utvecklats för val av gruv-layouter, för identifiering av problem hos gruvmaskiner, val av gruvmaskiner etc. (Wilke & Seewald, 1989), (Atkins et al, 1990), (Guo & Xin, 1990), (Hurtgen, 1990).

I Sverige har några företag visat intresse för möjligheten att använda expertsystem som hjälpmedel vid underhåll av gruvmaskiner. Undersökningar har visat att underhållskostnaderna i vissa fall uppgår till 50-60% av driftskostnaderna (Kumar, 1989). Det har också visat sig, att i många fall endast 20% av maskinreparationerna har kunnat planeras (Danielsson, 1987).

Driftstopp och störningar i driften är en väsentlig anledning till produktionsbortfall i svenska gruvor. Felsökning på de mer komplicerade maskinerna kan uppgå till så mycket som 60% av totala reparationstiden. Användningen av expertsystem för felsökning på gruvmaskiner kan i dessa fall vara fördelaktig, då subjektivt kunnande, erfarenhet och intuition i regel erfordras för att snabbt kunna lösa problemen. En expert kan betraktas som en kombination av intelligens, erfarenhet och intuition.

Expertkunnande är en tillgång, som är lätt att förlora genom personalavgång, t. ex. genom pensionering, genom arbetsbyte, eller långt driven specialisering. Det är ett slöseri med kunskap, om kunnandet ej kan sparas, dokumenteras och vidmakthållas.

Expertsystem erbjuder möjligheten att samla, bibehålla, och även utöka expertkunnandet på ett sätt, som gör det lätt tillgängligt. Felsökning på gruvmaskiner bygger i de flesta fall i hög grad på erfarenhet och intuition hos underhållspersonalen. Detta är av särskilt stor

© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

betydelse i de fall maskintillverkarnas handböcker innehåller otillräcklig eller bistfällig information om tänkbara fel och felorsaker.

Erfarenheten har visat, att det inte alltid är så lätt att finna den primära orsaken till ett fel på en maskin. En skada någonstans i en maskin, kan t. ex. ha en återverkan på någon annan del av maskinen, vilket kan resultera i sekundära fel. Vid ett första påseende kan det därför vara svårt att säkert kunna bestämma vilken av defekterna som ursprungligen initierade problemen. Det är därför nödvändigt med en systematisk klassificering och analys av felorsaker för att man skall kunna upptäcka den verkliga orsaken. Målet måste vara att identifiera relationerna mellan symptom och möjliga felorsaker, samt att förstå felmekanismerna.

En diagnostisk teknik, vilken gör det möjligt att snabbt och effektivt kunna identifiera orsakerna till driftstopp och störningar, kan bidraga till en ej oväsentlig minskning av reparationstiden, och därmed också en reducering av kostnaderna.

Användningen av expertsystem för felsökning på gruvmaskiner finns beskriven på många ställen i litteraturen, t. ex. (Patton et al., 1989), (Mitchell, 1989), (Price & Lewis, 1989), (Bandopadyay & Venkatasubramanian, 1989).

Tillsammans med LKAB i Kiruna, har avdelningen för Bergmaskinteknik vid Högskolan i Luleå utvecklat en demonstrationsmodell av ett regel-baserat expertsystem, kallat PROGNOS, för felsökning på transmissionssystemet hos en modell av Toro 500 lastmaskin, tillverkad av ARA Inc., Finland (Vikman, 1990). Utvecklingen av PROGNOS har finansierats av Gruvteknik 2000. PROGNOS har utvecklats med en hierarkisk struktur. Med utgångspunkt från ursprungliga symptom, konstruerar systemet en hypotes, och föreslår orsaker till dessa symptom. Vidare söker expertsystemet ytterligare information, med hjälp av den aktiva hypotesen, för att komma till den ursprungliga orsaken. Den hierarkiska uppbyggnaden av PROGNOS gör det möjligt att lösa även samtliga underproblem, vilka är nödvändiga att lösa för att kunna lösa huvudproblemet (Bandopadyay & Venkatasubramanian, 1990).

PROGNOS är ett av de första försöken att undersöka potential och begränsningar i användningen av expertsystem för felsökning på gruvmaskiner i svenska gruvor.

© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Slutsatser

Artificiell intelligens är ett område inom datortekniken, vilket är under snabb utveckling. Expertsystem, vilka utgör ett delområde av den artificiella intelligensen, kan med fördel användas i applikationer där intuition, mänsklig intelligens och logisk slutledningsförmåga erfordras.

Felsökning på gruvmaskiner är ett område där expertsystem med fördel kan användas, då arbetet med att söka fel till stor del bygger på erfarenhet och intuition.

© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

REFERENSER

Atkins, A. S., Ren, T, Singh, R. N.: Applications of expert systems in Engineering Risk Assessment in decision support , Proceedings of the 22nd APCOM Symposium, Berlin, Tyskland, September 1990, ISBN 3-7983-13741.

Bandopadyay, S., Venkatasubramanian, P.: A fault diagnostic expert system for longwall shearer, Proceedings of the 21st APCOM Symposium, Las Vegas, USA, 1989, ISBN 0-87335-079-0.

Bandopadyay, S., Venkatasubramanian, P.: A fault diagnostic expert system model for longwall shield support, Proceedings of the 22nd APCOM Symposium, Berlin, Tyskland, September 1990, ISBN 3-7983-13741.

Danielsson, B. Kartläggning av underhållsverksamheten vid sju svenska gruvor. Idhammar Konsult AB, Sverige, G2000 87:5

Fytas, K., Collins, J., Flament, F., Galibois, A., Singhal, R.: Potential applications of knowledge based systems in mining, 89th Annual General Meeting of CIM, Toronto, Canada, 1987.

Guo, W., Xin, J.: Two applications of expert systems in underground coal mining, Proceedings of the 22nd APCOM Symposium, Berlin, Tyskland, September 1990, ISBN 3-7983-13741.

Hürtgen, F. : Determination and presentation of Escapeways by combination of CAD and expert systems, Proceedings of the 22nd APCOM Symposium, Berlin, Tyskland, September 1990, ISBN 3-7983-13741

Kumar, U.: Maintenance strategy for mechanized mining systems, Licentiate thesis, Div. of Mining Equipment Eng., Luleå Univeristy of Technology, Luleå, Sweden, 1989:01 L, ISSN 0280-8242.

Lun, V., MacLeod, I. M.: The development of a rule-based expert system tool for engineering teaching and research, Engineering Applications of AI, Vol. 3, June, 1990.

© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Mitchell, J.: A knowledge-based system for hydraulic maintenance of a continuous miner, Proceedings of the 21st APCOM Symposium, Las Vegas, USA, 1989, ISBN 0-87335-079-0.

Patton, S. B., Novak, T., Sanford, R. L.: Electrical fault diagnosis using expert systems, Mining Engineering, September 1989.

Prasad, K. V. K., Ramani, R. V.: An assessment of expert system building tools for mining applications, Proceedings of the 21st APCOM Symposium, Las Vegas, USA, 1989, ISBN 0-87335-079-0.

Price, A. E., Lewis, D. C.: Reducing machine downtime with consultative expert systems, Mineral Resources Engineering Journal, 1989, Vol. 2, No 2,pp. 97-107.

Ramani, R. V., Prasad, K. V. K.: Applications of knowledge based systems in mining engineering, Proceedings of the 20th APCOM Symposium, Johannesburg, South Africa, SAIMM, 1987, pp. 167-180.

Vikman, K.: Utvecklingen av ett expertsystem för felsökning på transmissionssystemet på lastmaskin TORO 500 vid LKAB:s underjordsgruva i Kiruna, Examensarbete 1990:01 E, Avdelningen för Bergmaskinteknik, Högskolan i Luleå, Rapport G2000 90:08, Gruvteknik 2000.

Wilke, F. L., Seewald, M.: The fundamentals for an expert system, designed to assist the layout planning of face operations for an underground coalmine, Proceedings of the 21st APCOM Symposium, Las Vegas, USA, 1989, ISBN 0-87335-079-0.