Mechanika, komputer, człowiek (VII)

Prof. dr Dominik ROGULA

Działanie celowe

Umiejętność realizacji zadań na podstawie ich treści, to umiejętność osiągania pewnych celów. Sposób realizacji zadania to sposób osiągnięcia odpowiedniego celu.

Czy maszyna może działać celowo? Aby móc uzyskać jaśniejszy pogląd, problem ten musimy uściślić. Uściślenia tego dokonamy przede wszystkim z punktu widzenia „normalnego" stawiania zadań komputerowi, polegającego na zakomunikowaniu mu treści zadania, bez podawania sposobu realizacji w postaci programu.

1. Dany jest świat, który może znajdować się w różnych stanach, i w którym możliwe są określone działania elementarne zmieniające w pewien sposób stan świata. Cel to pewien warunek logiczny orzekający coś o stanie świata. Osiągnięcie celu, to przekształcenie świata do stanu, w którym cel jest spełniony. Działanie to łańcuch działań elementarnych. Działanie celowe, to działanie zmierzające skutecznie do osiągnięcia celu.

2. Hipotetyczną na razie maszynę działającą w sposób celowy nazwiemy w skrócie *robotem*. Jeżeli robot ma skutecznie wykonywać swe zadania, to w każdym przypadku mamy dwie możliwości: albo (1) robot z góry „zna" sposób osiągnięcia postawionego celu, albo (2) jest w stanie taki sposób „wynaleźć".

Już tradycyjne programowanie daje na postawione wyżej pytanie odpowiedź pozytywną w zakresie nadających się do tego celów: odpowiednio oprogramowany komputer „zna" przecież algorytmy wykonywania zadań pewnej klasy i może wobec tego działać zgodnie z pierwszą możliwością. Istotnie nowym elementem postawionego pytania jest więc możliwość druga (2).

Można by zatem zwęzić pojęcie działania celowego, ograniczając je do sytuacji, kiedy nie jest z góry znany algorytm osiągania celu. Nie uczynimy tak, mając na względzie praktyczną stronę tego pojęcia: stawiając robotowi zadanie interesujemy się wynikiem, a nie kwestią czy wynik był osiągnięty w drodze zastosowania algorytmu, czy inaczej.

Z punktu widzenia teorii ważny jest natomiast jedynie „trudny" przypadek, gdy algorytm osiągania celu nie jest znany.

3. Możliwość celowego działania w tym istotnym sensie sprowadza się do możliwości wykonywania zadań w sytuacji, gdy odpowiedni algorytm nie jest znany. Rozwiązanie problemu stanowi wspomniane już programowanie heurystyczne. Można nawet powiedzieć więcej: istotą programowania (i w ogóle postępowania) heurystycznego są próby osiągania pewnych celów.

4. Jakiego rodzaju ułatwień można oczekiwać od działających celowo maszyn? Przede wszystkim byłoby możliwe tak ważne dla nas „normalne" stawianie zadań. Ponadto różnorodność wykonywanych zadań mogłaby być nieporównywalnie większa niż dziś, a to ze względu na fakt, że algorytmy nie odgrywają w działaniu robota roli decydującej. Procedury heurystyczne mogą być dużo bardziej uniwersalne niż algorytmy.

Możliwe są rozmaite interpretacje robota. Jeżeli zadaniem robota jest faktyczne osiąganie postawionego celu, to jest to *robot-wykonawca*. Możliwy jest także *robot-planista*, którego zadaniem jest sporządzenie planów. Plan to opis sekwencji dopuszczalnych działań prowadzących od dowolnego stanu świata α spełniającego pewien warunek P do pewnego stanu β spełniającego warunek (cel) K. Robot-planista może planować zarówno działania własne, jak i cudze, pod warunkiem znajomości dopuszczalnych działań elementarnych.

Jeżeli „świat" to pamięć i rejestry komputera, a dopuszczalne działania to operacje komputera, robot-planista staje się *robotem-programistą*. Jest on zdolny do układania programów rozwiązywania zadań na danej EMC.

5. Przedstawione wyżej uściślenia pojęcia działania celowego można jeszcze uogólnić, opisując cel nie za pomocą warunku logicznego, lecz ogólniej — za pomocą relacji preferencji, będącej relacją częściowego uporządkowania zbioru stanów świata. Jeżeli $\alpha < \beta$ w sensie relacji preferencji, to stan β jest bardziej pożądany niż stan α. Cel w postaci warunku logicznego K odpowiada szczególnej relacji preferencji

$$\alpha < \beta \overset{\mathrm{df}}{\equiv} (\text{nie } K(\alpha) \wedge K(\beta)) \vee (\alpha = \beta).$$

Tak uogólnione działanie celowe leży całkowicie w możliwościach programowania heurystycznego.

6. Stopień trudności działania celowego zależy od wielu okoliczności. Milcząco przyjmowaliśmy, że stan świata może ulegać zmianie wyłącznie wskutek działań podmiotu. Można jednakże dopuścić zarówno spontaniczne transformacje świata zachodzące według pewnych reguł („praw przyrody"), jak i zmiany wynikłe z działań innych podmiotów. Te inne działania też mogą być celowe, co w zależności od relacji pomiędzy celami prowadzi do problemów współdziałania, przeciwdziałania, konkurencji itp. W tych warunkach plan zastępuje strategia, a skuteczne osiąganie celów staje się sprawą trudniejszą.

Osiąganie celów „odległych", tzn. wymagających długich łańcuchów działań, może dla robotów najbliższej przyszłości okazać się trudne. Jest ono trudne również dla człowieka. Wydaje się, że w najbliższej przyszłości największy pożytek przyniosą komputery zaprogramowane na realizację celów stosunkowo prostych, niezbyt odległych, lecz bardzo różnorodnych. Zwolni to człowieka od wielu uciążliwych drobiazgów, pozwalając mu skoncentrować swą inteligencję na sprawach skrojonych na jej miarę.

Rozwiązanie zadania M 189
Ustawmy 32 skoczki na czarnych (albo białych) polach. Widoczne jest, że się nie szachują. Gdyby w jakikolwiek sposób można było rozstawić więcej niż 32, to przynajmniej jeden z ośmiu prostokątów 4×2, na które można pociąć szachownicę, zawierałby 5 skoczków. Ale na tak małym prostokącie nie można ustawić 5 skoczków tak, by się nie szachowały, gdyż pola tego prostokąta można połączyć w pary o tej własności, że skoczek stojący na jednym polu pary szachuje drugie pole tej pary.

Uzupełnione algorytmami osiągania „odległych" celów specjalnych programy takie mogą się okazać nadzwyczaj pożyteczne. Budowa systemów łączących podejście algorytmiczne z heurystycznym nie nastręcza koncepcyjnie większych trudności: zasadniczo wystarczy dołączyć algorytmicznie wykonywane makrooperacje do listy dostępnych działań elementarnych.
7. Wykonywanie zadań niejasno postawionych, niemożliwe w podejściu algorytmicznym, jest zupełnie naturalne w działaniu celowym opartym na zasadach heurystycznych. Nie jest wykluczone, że takie zadania będą nawet pod pewnymi względami sprawniej realizowane.

W poprzednim numerze podaliśmy sposób konstrukcji dziewięciopolowych kwadratów magicznych, w których suma magiczna jest daną liczbą naturalną podzielną przez 3 i większą lub równą 15. A oto inny sposób takiej konstrukcji, dający kwadrat o sumie magicznej $3(5+M)$:

$4+M$	$9+M$	$2+M$
$3+M$	$5+M$	$7+M$
$8+M$	$1+M$	$6+M$

Można zapytać o istnienie kwadratów magicznych złożonych z różnych liczb pierwszych. Zauważmy, że jeżeli liczby $a+kr$ ($k = 1, 2, \ldots, 8, 9$) są liczbami pierwszymi, to

$a+4k$	$a+9k$	$a+2k$
$a+3k$	$a+5k$	$a+7k$
$a+8k$	$a+k$	$a+6k$

jest dziewięciopolowym kwadratem magicznym złożonym z liczb pierwszych. Liczby $a+kr$ ($k = 1, 2, \ldots, 8, 9$) są pierwsze np. dla $r = 210$ i $a = -11$, $a = 199$.
W roku 1961 opublikowano kwadrat magiczny złożony ze 169 różnych liczb pierwszych, nie tworzących jednak ciągu arytmetycznego. Skonstruował go anonimowy pensjonariusz jednego z więzień amerykańskich. Oto ten kwadrat:

1153	8923	1093	9127	1327	9277	1063	9133	9661	1693	991	8887	8353
9967	8161	3253	2857	6823	2143	4447	8821	8713	8317	3001	3271	907
1831	8167	4093	7561	3631	3457	7573	3907	7411	3967	7333	2707	9043
9907	7687	7237	6367	4597	4723	6577	4513	4831	6451	3637	3187	967
1723	7753	2347	4603	5527	4993	5641	6073	4951	6271	8527	3121	9151
9421	2293	6763	4663	4657	9007	1861	5443	6217	6211	4111	8581	1453
2011	2683	6871	6547	5227	1873	5437	9001	5647	4327	4003	8191	8863
9403	8761	3877	4783	5851	5431	9013	1867	5023	6091	6997	2113	1471
1531	2137	7177	6673	5923	5881	5233	4801	5347	4201	3697	8737	9343
9643	2251	7027	4423	6277	6151	4297	6361	6043	4507	3847	8623	1231
1783	2311	3541	3313	7243	7417	3301	6967	3463	6907	6781	8563	9091
9787	7603	7621	8017	4051	8731	6427	2053	2161	2557	7873	2713	1087
2521	1951	9781	1747	9547	1597	9811	1741	1213	9181	9883	1987	9721

Kwadrat ten ma interesującą własność: powstały zeń przez usunięcie skrajnych kolumn i wierszy kwadrat o 121 polach jest magiczny, gdy usuniemy znowu z tego kwadratu skrajne kolumny i wiersze, otrzymany kwadrat o 81 polach będzie znów magiczny itd.
Zauważmy na marginesie, że najdłuższy znany rosnący ciąg arytmetyczny złożony z liczb pierwszych ma 17 wyrazów. Jest to ciąg

$$a_k = 3\,430\,751\,869 + 87\,297\,210\,k, \qquad 0 \leqslant k \leqslant 16.$$

Znalazł go w roku 1977 przy pomocy maszyny matematycznej Amerykanin Sol Weintraub.

Andrzej MĄKOWSKI