

Intel · ligència Artificial

Pràctica de planificació

Lluc Bové Canals
Òscar Fernàndez Gómez
Aleix Trasserra Martinez

Juny 2016

Índex

1	El problema	2
2	Extensions del problema	2
3	Domini	3
3.1	Predicats	3
4	Operadors	5
5	Jocs de prova	9
5.1	Joc de prova 1	10
5.1.1	Entrada	10
5.1.2	Sortida	11
5.2	Joc de prova 2	12
5.2.1	Entrada	12
5.2.2	Sortida	12
5.3	Joc de prova 3	13
5.3.1	Entrada	13
5.3.2	Sortida	14
5.4	Joc de prova 4	15
5.4.1	Entrada	16
5.4.2	Sortida	17

1 El problema

El problema que volem resoldre consisteix a planificar una rutina d'entrenament per a un client d'un gimnàs durant 15 dies.

L'objectiu del pla serà que l'usuari assoleixi un cert nivell de dificultat en determinats exercicis al final de la quinzena partint d'un nivell inicial i augmentant progressivament aquest nivell fins a assolir el nivell desitjat per a cadascun dels exercicis requerits. És clar que el pla pot incloure realitzar exercicis pels quals no s'hagi definit un objectiu amb la finalitat de preparar o complementar els exercicis rellevants.

Per a realitzar determinats exercicis i fer l'avanç del pla de forma correcta definirem a continuació tipus d'exercicis que han de complir certes restriccions per a poder realitzar-se:

- **Exercicis precursors:** un exercici és precursor d'un altre si s'ha de fer justament abans de l'altre el mateix dia sense tenir cap exercici intercalat.
- **Exercicis preparadors:** un exercici és preparador d'un altre si s'ha de fer abans que l'altre el mateix dia però sense ser necessàriament l'exercici anterior a l'altre.
- **Exercicis nivell +1:** per a cada exercici podem pujar la dificultat al nivell $N + 1$ si i només si en qualsevol dels dies anteriors s'ha realitzat el mateix exercici amb un nivell de dificultat N .

2 Extensions del problema

En aquesta secció farem un breu resum de les diferents extensions que hem anat realitzant per tal de referir-nos-hi en les següents seccions del document:

- **Problema bàsic:** en el pla d'entrenament tots els exercicis tenen com a molt un preparador i cap precursor.
- **Extensió 1:** els exercicis tenen entre 0 i N preparadors i cap precursor.
- **Extensió 2:** els exercicis tenen entre 0 i N preparadors i exactament un precursor.
- **Extensió 3:** les mateixes condicions que l'extensió dos afegint-hi que cada dia pot tenir com a molt 6 exercicis assignats.
- **Extensió 4:** les mateixes condicions que l'extensió a més de que cada dia la suma dels temps dels exercicis assignats no pot excedir els 90 minuts.

* Totes les extensions descrites anteriorment tenen també la condició de que un exercici amb dificultat $N + 1$ es pot realitzar si i només si s'ha realitzat el mateix exercici amb dificultat N en un dia anterior.

3 Domini

A continuació explicarem les característiques del domini que hem modelat per tal de que el planificador pugui modelar-nos un pla que resolgui el problema.

Com a **característiques** generals del domini, per a poder abordar completament cadascuna de les extensions és necessari tenir el concepte d'**exercici** el qual té un identificador, també és imprescindible el concepte de **dia** i a més a més hem definit el concepte de **dificultat** d'un exercici.

Aquests tres conceptes, com ja hem dit, són necessaris a totes les extensions del problema ja que el pla ha d'assignar exercicis durant els 15 dies i a més a més ha d'augmentar la dificultat de cada exercici desitjat per tal d'arribar a l'objectiu.

El motiu pel qual hem decidit separar els conceptes de dificultat i exercici és perquè hi ha exercicis que el pla pot assignar però que no formin part del objectiu (no es vulgui augmentar la seva dificultat). Per exemple: per augmentar la dificultat d'un exercici cal que abans s'hagi realitzat un precursor o preparador el qual no forma part de l'objectiu.

Per altra banda, en cas de l'extensió 3(exclusivament), per a poder tenir en compte el límit d'exercicis en un dia cal definir aquest concepte(nosaltres l'hem anomenat **cardinalitat**), de forma que podem controlar quants exercicis s'han assignat a un dia determinat.

3.1 Predicats

Seguidament donarem una explicació detallada dels predicats que hem utilitzat per a modelar el problema. Per a cada predicat marcarem entre parèntesis les extensions que utilitzen cada predicat(Basic,ext1,ext2,ext3). Els predicats són els següents:

- **preparador ?prep - exercici ?ex - exercici** (Basic,ext1,ext2,ext3,ext4): aquest predicat defineix que l'exercici *prep* és preparador d'*ex*. Aquest predicat ens permet reconèixer quan un exercici requereix de preparadors per a poder realitzar-se.
- **precursor ?prec - exercici ?ex - exercici** (ext2,ext3,ext4): aquest predicat defineix que l'exercici *prep* és precursor d'*ex*. Aquest predicat ens permet reconèixer quan un exercici requereix d'un precursor per a poder realitzar-se.
- **esta_fent ?ex - exercici ?dia - dia** (Basic,ext1,ext2,ext3,ext4): aquest predicat indica si durant el dia *dia* s'ha realitzat l'exercici *ex*. Aquest predicat és útil combinat amb el predicat *preparador* per determinar si s'ha realitzat un preparador.

- **difficultat__actual ?ex - exercici ?dif - difficultat** (Basic,ext1,ext2,ext3,ext4): aquest predicat indica s'ha realitzat l'exercici *ex* amb dificultat *dif*. Aquest predicat és útil per comprovar si s'ha realitzat un exercici amb una certa dificultat i així determinar si es pot augmentar o no la dificultat de l'exercici.
- **es__ultim ?ex - exercici ?dia - dia** (ext2,ext3,ext4): aquest predicat indica quin és l'últim exercici realitzat el dia *dia*. Aquest predicat ens serveix per a poder assignar un exercici el qual tingui un precursor, de manera que, combinat amb el predicat *precursor* podem saber si l'últim exercici realitzat és el precursor del que volem assignar.
- **dia__actual ?dia - dia** (ext2,ext3,ext4): indica que el dia en el qual ens trobem es *dia*. És útil per saber el dia en que estem assignant exercicis i podar les combinacions amb dia de manera que només pugui assignar exercicis al dia actual. A més també ens serveix a l'hora d'avançar el dia, ja que sabem quin és l'actual.
- **cardinalitat__dia ?dia - dia ?card - cardinalitat** (ext3): aquest predicat indica que el nombre d'exercicis assignats al dia *dia* és *card*. És útil per comprovar que podem assignar un exercici o no durant un dia tenint en compte la restricció imposada a l'extensió 3, que diu que el màxim d'exercicis per dia és 6.
- **es__dia_posterior ?diaP - dia ?diaA - dia** (Basic,ext1,ext2,ext3,ext4): aquest predicat indica si el dia *diaP* és posterior a *diaA*. És útil per poder tenir linealitat amb els dies i així fer saber al planificador quin és el següent dia per assignar exercicis.
- **es__difficultat_posterior ?difP - difficultat ?difA - difficultat** (Basic,ext1,ext2,ext3,ext4): aquest predicat indica si la dificultat *difP* és posterior a *difA*. És útil per poder tenir linealitat amb la dificultat i així fer saber al planificador quina és la següent dificultat a assignar a un exercici.
- **es__card_posterior ?cardP - cardinalitat ?cardA - cardinalitat** (ext3): aquest predicat indica si la cardinalitat *cardP* és posterior a *cardA*. És útil per poder tenir linealitat amb la cardinalitat i així fer poder controlar el nombre d'exercicis assignats a un dia.

Exclusivament pel cas de l'**extensió 4**, que ens demana que la suma dels temps diaris dels exercicis assignats no sobrepassi els 90 minuts, ens cal per una banda, afegir el concepte de temps d'un exercici i el temps total assignat al dia. Això ho fem afegint les següents funcions(variables de tipus numèriques):

```
(:functions
  (tempsEx ?ex - exercici)
  (tempsTotal))
```

4 Operadors

En aquesta secció descriurem els operadors que hem dissenyat per tal de que el planificador els pugui aplicar portant-tos des de l'inici fins a l'objectiu destijat.

Hem definit tres operadors, 2 per assignar exercicis i un altre per avançar els dies. Hem distingit 2 operadors per assignar exercicis ja que, com s'ha explicat abans, hi ha exercicis els quals ens interessa la dificultat i altres que no. Per tant els operadors segueixen també aquesta lògica.

A continuació mostrem i describem els tres operadors amb més detall:

- **següent-dia:**

```
1 (:action seguent-dia
2   :parameters (?diaA - dia ?diaP - dia)
3   :precondition (and (dia_actual ?diaA)
4                     (es_dia_posterior ?diaP ?diaA)
5   )
6   :effect (and (not (dia_actual ?diaA))
7               (dia_actual ?diaP)
8   )
9 )
```

Aquesta acció rep com a paràmetres dos dies. Comprova que *diaA* sigui l'actual i *diaP* sigui el posterior, si es compleix això el dia actual passa a ser *diaP*

- **assignar-exercici:**

```
1 (:action assigna-exercici
2   :parameters(?ex - exercici ?card - cardinalitat ?dia
3   - dia)
4   :precondition (and (not(esta_fent ?ex ?dia))
5                     (or (forall (?exP - exercici) (
6                       imply (preparador ?exP ?ex)(esta_fent ?exP ?dia)))
7                       (not (exists (?exP - exercici)
8                         (preparador ?exP ?ex))))
9   )
10  (or (exists (?exPC - exercici) (
11    and (precursor ?exPC ?ex)(es_ultim ?exPC ?dia)))
12    (not (exists (?exPC - exercici) (precursor ?exPC ?ex))))
13  (exists (?cardP - cardinalitat)(
14    and (cardinalitat_dia ?dia ?cardP) (es_card_posterior ?
15      card ?cardP)))
16  (dia_actual ?dia)
17 )
18 :effect (and (forall (?exU - exercici)(when(es_ultim
19 ?exU ?dia) (not(es_ultim ?exU ?dia))))
20 (forall (?cardA - cardinalitat)
21 (when (cardinalitat_dia ?dia ?
22 cardA)(not (cardinalitat_dia ?dia ?cardA))))
23 (cardinalitat_dia ?dia ?card)
```

```

18         (es_ultim ?ex ?dia)
19         (esta_fent ?ex ?dia)
20     )
21 )

```

L'objectiu d'aquesta operació és assignar un exercici a un dia.

Aquesta operació rep com a paràmetres un exercici *ex*, una cardinalitat *card* (extensió 3) i un dia *dia*.

Comprova que tots els preparadors, precursors(extensió 2,3 i 4) s'hagin realitzat i en el cas de l'extensió 3 també comprova que el nombre d'exercicis assignats al dia *dia* és inferior a 6. Si es compleix la precondició, aleshores assigna l'exercici *ex* al dia *dia*, fet que s'indica amb el predicat *esta_fent*. A més fa que aquest exercici sigui l'últim que s'està realitzant durant el dia(extensió 2,3 i 4) i actualitza el nombre d'exercicis realitzats durant aquest dia(extensió 3).

- **assignar-exercici-dificultat:**

```

1 (:action assigna-exercici-dificultat
2   :parameters(?ex - exercici ?dif - dificultat ?card -
3     cardinalitat ?dia - dia)
4   :precondition (and (not(esta_fent ?ex ?dia))
5     (or (forall (?exP - exercici) (
6       imply (preparador ?exP ?ex)(esta_fent ?exP ?dia)))
7       (not (exists (?exP - exercici)
8         (preparador ?exP ?ex))))
9     (or (exists (?exPC - exercici) (
10      and (precursor ?exPC ?ex)(es_ultim ?exPC ?dia)))
11      (not (exists (?exPC -
12        exercici) (precursor ?exPC ?ex))))
13      (exists (?cardP - cardinalitat)(
14        and (cardinalitat_dia ?dia ?cardP) (es_card_posterior ?
15          card ?cardP))))
16     (dia_actual ?dia)
17     (exists (?difA - dificultat)(and
18       (dificultat_actual ?ex ?difA) (es_dificultat_posterior ?
19         dif ?difA))))
20   )
21   :effect(and (forall (?exU - exercici)(when(es_ultim
22     ?exU ?dia) (not(es_ultim ?exU ?dia))))
23     (es_ultim ?ex ?dia)
24     (forall (?difA - dificultat)
25       (when (
26         dificultat_actual ?ex ?difA)(not (dificultat_actual ?ex ?
27           difA))))
28       (dificultat_actual ?ex ?dif)
29       (forall (?cardA - cardinalitat)
30         (when (cardinalitat_dia ?dia ?
31           cardA)(not (cardinalitat_dia ?dia ?cardA))))
32         (cardinalitat_dia ?dia ?card)
33         (esta_fent ?ex ?dia)
34       )
35     )
36 )

```

Aquesta operació rep com a paràmetres els mateixos que l'operació anterior afegint-hi una dificultat *dif*.

De la mateixa forma que l'anterior operació, comproba totes les restriccions de prepradors, precursors etc. Però també comprova que l'exercici *ex* s'hagi realitzat durant algun dia anterior a *dia* amb una dificultat anterior(N-1) a *dif*.

L'efecte de l'operació és el mateix que en l'anterior, però en aquest cas cal actualitzar la dificultat actual de l'exercici per tal de que el planificador pugui avançar cap a l'objectiu final.

Per a poder abordar el problema dels temps dels exercicis de l'**extensió 4**, hem hagut d'afegir algunes modificacions als operadors per tal d'abordar correctament el problema.

En el cas de les operacions d'assignar exercicis, s'ha eliminat la part que feia referència a l'extensió 3(cardinalitat de dia etc.) ja que és excoent amb el problema de l'extensió 4.

Aquestes modificacions es mostren i s'expliquen seguidament:

- **següent-dia:**

```
1 (:action seguent-dia
2   :parameters (?diaA - dia ?diaP - dia)
3   :precondition (and (dia_actual ?diaA)
4                     (es_dia_posterior ?diaP ?diaA)
5   )
6   :effect (and (not (dia_actual ?diaA))
7               (dia_actual ?diaP)
8               (decrease (tempsTotal) (tempsTotal)))
9 )
10 )
```

En aquesta operació simplement hem reiniciat el comptador de temps total durant el dia, per tal de cada dia comenci amb un temps 0 i a mesura que es vagin assignant exercicis, aquest es vagi actualitzant d'acord al temps de cada exercici.

- **assignar-exercici:**

```
1 (:action assigna-exercici
2   :parameters(?ex - exercici ?dia - dia)
3   :precondition (and (<=(+(tempsTotal)(tempsEx ?ex))
4   90)
5                     (not(esta_fent ?ex ?dia))
6                     (dia_actual ?dia)
7                     (or (exists (?exPC - exercici) (
8   and (precursor ?exPC ?ex)(es_ultim ?exPC ?dia)))
9                     (not (exists (?exPC -
10  exercici) (precursor ?exPC ?ex)))))
11                     (or (forall (?exP - exercici)
12   (imply (preparador ?exP ?ex)(esta_fent ?exP ?dia))))
```



```

10      (not (exists (?exP -
11      exercici) (preparador ?exP ?ex)))
12      )
13      )
14      :effect (and (forall (?exU - exercici) (when (es_ultim
15      ?exU ?dia) (not (es_ultim ?exU ?dia))))
16      (es_ultim ?ex ?dia)
17      (esta_fent ?ex ?dia)
18      (increase (tempsTotal) (tempsEx ?ex))
19      )

```

En aquesta operació hem afegit com a precondició, que el temps acumulat durant el dia *dia* + el temps de l'exercici *ex* no sobrepassi els 90 minuts. Com a efecte, s'ha d'actualitzar el temps total dels exercicis assignats al dia *dia* sumant-li el temps de l'exercici *ex*.

- assignar-exercici-dificultat:

```

1  (:action assigna-exercici-dificultat
2    :parameters(?ex - exercici ?dif - dificultat ?dia -
3    dia)
4    :precondition (and (<=(+(tempsTotal)(tempsEx ?ex))
5    90)
6    (not (esta_fent ?ex ?dia))
7    (dia_actual ?dia)
8    (or (exists (?exPC - exercici) (
9    and (precursor ?exPC ?ex) (es_ultim ?exPC ?dia)))
10    (not (exists (?exPC -
11    exercici) (precursor ?exPC ?ex))))
12    (or (forall (?exP - exercici)
13    (imply (preparador ?exP ?ex) (esta_fent ?exP ?dia)))
14    (not (exists (?exP -
15    exercici) (preparador ?exP ?ex))))
16    (exists (?difA - dificultat) (and
17    (dificultat_actual ?ex ?difA) (es_dificultat_posterior ?
18    dif ?difA)))
19    )
20    )
21    :effect (and (forall (?exU - exercici) (when (es_ultim
22    ?exU ?dia) (not (es_ultim ?exU ?dia))))
23    (es_ultim ?ex ?dia)
24    (forall (?difA - dificultat)
25      (when (
26      dificultat_actual ?ex ?difA) (not (dificultat_actual ?ex ?
27      difA))))
28    (dificultat_actual ?ex ?dif)
29    (esta_fent ?ex ?dia)
30    (increase (tempsTotal) (tempsEx ?ex))
31    )
32    )

```

Les modificacions en aquesta operació són exactament les mateixes que les afegides a l'operació anterior.

5 Jocs de prova

En aquesta secció descriurem els jocs de prova que hem realitzat per a comprovar el correcte funcionament del domini i operadors proposats.

S'indicarà en cada joc el motiu pel qual l'hem escollit, l'entrada i la sortida i s'explicarà que significa també la sortida i si el resultat és l'esperat.

Per a no afegir codi repetitiu, a continuació es mostraran els predicats generals que ha de contenir cada entrada del joc de proves per tal de que el sistema pugui executar correctament els operadors:

```

1 (: objects
2   dia1 dia2 dia3 dia4 dia5 dia6 dia7 dia8 dia9 dia10 dia11 dia12
   dia13 dia14 dia15 - dia
3   d1 d2 d3 d4 d5 d6 d7 d8 d9 d10 - dificultat
4   c0 c1 c2 c3 c4 c5 c6 - cardinalitat
5 )
6 (: init
7   (es_dia_posterior dia2 dia1)
8   (es_dia_posterior dia3 dia2)
9   (es_dia_posterior dia4 dia3)
10  (es_dia_posterior dia5 dia4)
11  (es_dia_posterior dia6 dia5)
12  (es_dia_posterior dia7 dia6)
13  (es_dia_posterior dia8 dia7)
14  (es_dia_posterior dia9 dia8)
15  (es_dia_posterior dia10 dia9)
16  (es_dia_posterior dia11 dia10)
17  (es_dia_posterior dia12 dia11)
18  (es_dia_posterior dia13 dia12)
19  (es_dia_posterior dia14 dia13)
20  (es_dia_posterior dia15 dia14)
21  (es_dificultat_posterior d2 d1)
22  (es_dificultat_posterior d3 d2)
23  (es_dificultat_posterior d4 d3)
24  (es_dificultat_posterior d5 d4)
25  (es_dificultat_posterior d6 d5)
26  (es_dificultat_posterior d7 d6)
27  (es_dificultat_posterior d8 d7)
28  (es_dificultat_posterior d9 d8)
29  (es_dificultat_posterior d10 d9)
30
31  (es_card_posterior c1 c0)
32  (es_card_posterior c2 c1)
33  (es_card_posterior c3 c2)
34  (es_card_posterior c4 c3)
35  (es_card_posterior c5 c4)
36  (es_card_posterior c6 c5)

```

```

37
38 (cardinalitat_dia dia1 c0)
39 (cardinalitat_dia dia2 c0)
40 (cardinalitat_dia dia3 c0)
41 (cardinalitat_dia dia4 c0)
42 (cardinalitat_dia dia5 c0)
43 (cardinalitat_dia dia6 c0)
44 (cardinalitat_dia dia7 c0)
45 (cardinalitat_dia dia8 c0)
46 (cardinalitat_dia dia9 c0)
47 (cardinalitat_dia dia10 c0)
48 (cardinalitat_dia dia11 c0)
49 (cardinalitat_dia dia12 c0)
50 (cardinalitat_dia dia13 c0)
51 (cardinalitat_dia dia14 c0)
52 (cardinalitat_dia dia15 c0)

```

En el codi anterior, definim els **objectes** necessaris: els 15 dies del pla d'entrenament, les possibles dificultats (del 1 al 10) per a cada exercici i exclusivament pel cas de l'extensió 3 les possibles cardinalitats dels dies (des d'1 fins a 6). Podem afegir objectes de tipus *exercici*, però cada prova pot tenir un nombre diferent d'exercicis.

Els **predicats** inicials que ha de tenir tot joc de proves són: definir la linealitat entre els dies (*es_dia_posterior*), la linealitat entre les dificultats (*es_dificultat_posterior*) i la linealitat entre les cardinalitats (*es_cardinalitat_posterior*) per a l'extensió 3. A més cal iniciar a 0 (també per a l'extensió 3) les cardinalitats dels 15 dies.

* Per a fer jocs de prova per a l'extensió 4, cal eliminar els predicats *es_card_posterior* i les inicialitzacions d'aquestes i afegir els següents predicats:

```

1  (= (tempsEx ex1) 10)
2  (= (tempsEx ex2) 2)
3  (= (tempsEx ex3) 10)
4  (= (tempsEx ex4) 30)
5  (= (tempsEx ex5) 20)
6  (= (tempsEx ex6) 20)
7  (= (tempsEx ex7) 4)
8  (= (tempsTotal) 0)

```

L'objectiu d'aquests predicats és assignar el temps de cada exercici dels possibles del gimnàs.

5.1 Joc de prova 1

Aquest joc de proves serveix per provar el correcte funcionament de les extensions Bàsic i 1. Tindrem 8 exercicis disponibles dels quals ens interessa augmentar la dificultat dels 3 primers (els tres de 1 fins a 3). A més a més, l'exercici 1 tindrà 3 preparadors de manera que comprovarem les restriccions de preparadors.

5.1.1 Entrada

```

1 (dificultat_actual ex1 d1)
2   (dificultat_actual ex2 d1)
3   (dificultat_actual ex3 d1)
4   (dificultat_actual ex4 d1)
5   (dificultat_actual ex5 d1)
6   (dificultat_actual ex6 d1)
7   (dificultat_actual ex7 d1)
8   (dificultat_actual ex8 d1)
9   (preparador ex5 ex1)
10  (preparador ex6 ex1)
11  (preparador ex7 ex1)
12 )
13 (:goal (and (dia_actual dia15)
14   (dificultat_actual ex1 d3)
15   (dificultat_actual ex2 d3)
16   (dificultat_actual ex3 d3)
17 )
18 )
19 )

```

5.1.2 Sortida

```

1      0: ASSIGNA-EXERCICI EX5 C1 DIA1
2      1: ASSIGNA-EXERCICI EX6 C2 DIA1
3      2: ASSIGNA-EXERCICI EX7 C3 DIA1
4      3: ASSIGNA-EXERCICI-DIFICULTAT EX2 D2 C4 DIA1
5      4: ASSIGNA-EXERCICI-DIFICULTAT EX3 D2 C5 DIA1
6      5: SEGUENT-DIA DIA1 DIA2
7      6: ASSIGNA-EXERCICI EX5 C1 DIA2
8      7: ASSIGNA-EXERCICI EX6 C2 DIA2
9      8: ASSIGNA-EXERCICI EX7 C3 DIA2
10     9: ASSIGNA-EXERCICI-DIFICULTAT EX2 D3 C4 DIA2
11    10: ASSIGNA-EXERCICI-DIFICULTAT EX3 D3 C5 DIA2
12    11: ASSIGNA-EXERCICI-DIFICULTAT EX1 D2 C6 DIA2
13    12: SEGUENT-DIA DIA2 DIA3
14    13: ASSIGNA-EXERCICI EX5 C1 DIA3
15    14: ASSIGNA-EXERCICI EX6 C2 DIA3
16    15: ASSIGNA-EXERCICI EX7 C3 DIA3
17    16: ASSIGNA-EXERCICI-DIFICULTAT EX1 D3 C4 DIA3
18    17: SEGUENT-DIA DIA3 DIA4
19    18: SEGUENT-DIA DIA4 DIA5
20    19: SEGUENT-DIA DIA5 DIA6
21    20: SEGUENT-DIA DIA6 DIA7
22    21: SEGUENT-DIA DIA7 DIA8
23    22: SEGUENT-DIA DIA8 DIA9
24    23: SEGUENT-DIA DIA9 DIA10
25    24: SEGUENT-DIA DIA10 DIA11
26    25: SEGUENT-DIA DIA11 DIA12
27    26: SEGUENT-DIA DIA12 DIA13
28    27: SEGUENT-DIA DIA13 DIA14
29    28: SEGUENT-DIA DIA14 DIA15

```

En la sortida mostrada anteriorment veiem de forma clara que abans d'assignar l'exercici 1, cal haver assignat primer els seus preparadors (línies 7-11) per exemple.

La següent condició que volem comprovar, és que abans del dia 15, s'hagin

assignat els tres primers exercicis amb dificultat 3. Efectivament veiem el resultat([exercici 2, línia 9],[exercici 3, línia 10],[exercici 1, línia 16]).

Per tant, s'assoleixen els objectius desitjats complint totes les restriccions en aquest joc de proves.

5.2 Joc de prova 2

En la següent prova, el que farem serà afegir al joc de prova anterior(joc de prova 1), que l'exercici 1 tingui un predecessor(l'exercici 8), afegirem com predecessor i preparador de l'exercici 2 l'exercici 7.

L'objectiu de fer aquesta prova és comprovar que al ampliar al domini per modelar l'extensió 2 es segueixin complint les condicions de l'extensió 1, afegint el concepte de predecessor i també combinar-los.

5.2.1 Entrada

```

1 (dificultat_actual ex1 d1)
2 (dificultat_actual ex2 d1)
3 (dificultat_actual ex3 d1)
4 (dificultat_actual ex4 d1)
5 (dificultat_actual ex5 d1)
6 (dificultat_actual ex6 d1)
7 (dificultat_actual ex7 d1)
8 (dificultat_actual ex8 d1)
9 (preparador ex5 ex1)
10 (preparador ex6 ex1)
11 (preparador ex7 ex1)
12 )
13 (:goal (and (dia_actual dia15)
14 (dificultat_actual ex1 d3)
15 (dificultat_actual ex2 d3)
16 (dificultat_actual ex3 d3)
17 )
18 )

```

5.2.2 Sortida

```

1      0: ASSIGNA-EXERCICI EX8 C1 DIA1
2      1: ASSIGNA-EXERCICI-DIFICULTAT EX3 D2 C2 DIA1
3      2: SEGUENT-DIA DIA1 DIA2
4      3: ASSIGNA-EXERCICI EX8 C1 DIA2
5      4: ASSIGNA-EXERCICI-DIFICULTAT EX3 D3 C2 DIA2
6      5: SEGUENT-DIA DIA2 DIA3
7      6: ASSIGNA-EXERCICI EX8 C1 DIA3
8      7: ASSIGNA-EXERCICI EX5 C2 DIA3
9      8: SEGUENT-DIA DIA3 DIA4
10     9: ASSIGNA-EXERCICI EX5 C1 DIA4
11    10: ASSIGNA-EXERCICI EX8 C2 DIA4
12    11: ASSIGNA-EXERCICI EX6 C3 DIA4
13    12: SEGUENT-DIA DIA4 DIA5
14    13: ASSIGNA-EXERCICI EX5 C1 DIA5
15    14: ASSIGNA-EXERCICI EX6 C2 DIA5
16    15: ASSIGNA-EXERCICI EX8 C3 DIA5
17    16: ASSIGNA-EXERCICI EX7 C4 DIA5

```

```

18 17: ASSIGNA-EXERCICI-DIFICULTAT EX2 D2 C5 DIA5
19 18: SEGUENT-DIA DIA5 DIA6
20 19: ASSIGNA-EXERCICI EX5 C1 DIA6
21 20: ASSIGNA-EXERCICI EX6 C2 DIA6
22 21: ASSIGNA-EXERCICI EX8 C3 DIA6
23 22: ASSIGNA-EXERCICI EX7 C4 DIA6
24 23: SEGUENT-DIA DIA6 DIA7
25 24: ASSIGNA-EXERCICI EX5 C1 DIA7
26 25: ASSIGNA-EXERCICI EX6 C2 DIA7
27 26: ASSIGNA-EXERCICI EX7 C3 DIA7
28 27: ASSIGNA-EXERCICI-DIFICULTAT EX2 D3 C4 DIA7
29 28: ASSIGNA-EXERCICI EX8 C5 DIA7
30 29: ASSIGNA-EXERCICI-DIFICULTAT EX1 D2 C6 DIA7
31 30: SEGUENT-DIA DIA7 DIA8
32 31: ASSIGNA-EXERCICI EX5 C1 DIA8
33 32: ASSIGNA-EXERCICI EX6 C2 DIA8
34 33: ASSIGNA-EXERCICI EX7 C3 DIA8
35 34: ASSIGNA-EXERCICI EX8 C4 DIA8
36 35: ASSIGNA-EXERCICI-DIFICULTAT EX1 D3 C5 DIA8
37 36: SEGUENT-DIA DIA8 DIA9
38 37: SEGUENT-DIA DIA9 DIA10
39 38: SEGUENT-DIA DIA10 DIA11
40 39: SEGUENT-DIA DIA11 DIA12
41 40: SEGUENT-DIA DIA12 DIA13
42 41: SEGUENT-DIA DIA13 DIA14
43 42: SEGUENT-DIA DIA14 DIA15

```

En primer lloc, veiem que la condició de dificultat final és segueix complint([exercici 3, línia 4],[exercici 2, línia 27],[exercici 1, línia 35]).

Seguidament veiem, com just abans d'assignar l'exercici 2(augmentant la dificultat), sempre va precedit de l'exercici 7 (línies [0-1],[26-27]). El fet de que a més a més sigui el preparador no influeix com era d'esperar ja que la condició de precursor és més forta que la de preparador.

Finalment veiem com, en el cas de l'exercici 1, que té com a precursor el 8(però no n'és preparador), la condició de precursor també es compleix(línies [28-29],[34-35]). Per tant, en aquest cas complint-se totes les restriccions arribem a l'objectiu desitjat.

5.3 Joc de prova 3

El següent joc de prova servirà per provar la restricció afegida en l'extensió 3 que diu que durant un dia hi poden haver com a molt 6 exercicis assignats. Per a comprovar-ho, farem un problema amb molts exercicis(mes de 6) i en els quals molts d'aquests també tinguin un nivell objectiu. A més també afegirem precursors i preparadors per a fer el joc de proves més complet.

5.3.1 Entrada

```

1 (dificultat_actual ex1 d1)
2 (dificultat_actual ex2 d1)
3 (dificultat_actual ex3 d1)

```

```

4  (difícultat_actual ex4 d1)
5  (difícultat_actual ex5 d1)
6  (difícultat_actual ex6 d1)
7  (difícultat_actual ex7 d1)
8  (difícultat_actual ex8 d1)
9  (preparador ex5 ex1)
10 (preparador ex6 ex1)
11 (preparador ex7 ex1)
12 )
13 (:goal (and (dia_actual dia15)
14   (difícultat_actual ex1 d3)
15   (difícultat_actual ex2 d3)
16   (difícultat_actual ex3 d3)
17 )
18 )

```

5.3.2 Sortida

```

1  0: ASSIGNA-EXERCICI EX15 C1 DIA1
2  1: ASSIGNA-EXERCICI EX16 C2 DIA1
3  2: ASSIGNA-EXERCICI EX17 C3 DIA1
4  3: ASSIGNA-EXERCICI-DIFÍCULTAT EX3 D2 C4 DIA1
5  4: ASSIGNA-EXERCICI-DIFÍCULTAT EX4 D2 C5 DIA1
6  5: SEGUENT-DIA DIA1 DIA2
7  6: ASSIGNA-EXERCICI EX16 C1 DIA2
8  7: ASSIGNA-EXERCICI EX15 C2 DIA2
9  8: ASSIGNA-EXERCICI EX17 C3 DIA2
10 9: ASSIGNA-EXERCICI-DIFÍCULTAT EX5 D2 C4 DIA2
11 10: ASSIGNA-EXERCICI-DIFÍCULTAT EX6 D2 C5 DIA2
12 11: SEGUENT-DIA DIA2 DIA3
13 12: ASSIGNA-EXERCICI EX16 C1 DIA3
14 13: ASSIGNA-EXERCICI EX15 C2 DIA3
15 14: ASSIGNA-EXERCICI EX17 C3 DIA3
16 15: ASSIGNA-EXERCICI-DIFÍCULTAT EX7 D2 C4 DIA3
17 16: ASSIGNA-EXERCICI-DIFÍCULTAT EX8 D2 C5 DIA3
18 17: SEGUENT-DIA DIA3 DIA4
19 18: ASSIGNA-EXERCICI EX16 C1 DIA4
20 19: ASSIGNA-EXERCICI EX15 C2 DIA4
21 20: ASSIGNA-EXERCICI EX17 C3 DIA4
22 21: ASSIGNA-EXERCICI-DIFÍCULTAT EX9 D2 C4 DIA4
23 22: ASSIGNA-EXERCICI-DIFÍCULTAT EX10 D2 C5 DIA4
24 23: SEGUENT-DIA DIA4 DIA5
25 24: ASSIGNA-EXERCICI EX16 C1 DIA5
26 25: ASSIGNA-EXERCICI EX15 C2 DIA5
27 26: ASSIGNA-EXERCICI EX17 C3 DIA5
28 27: ASSIGNA-EXERCICI-DIFÍCULTAT EX11 D2 C4 DIA5
29 28: ASSIGNA-EXERCICI-DIFÍCULTAT EX12 D2 C5 DIA5
30 29: SEGUENT-DIA DIA5 DIA6
31 30: ASSIGNA-EXERCICI EX16 C1 DIA6
32 31: ASSIGNA-EXERCICI EX15 C2 DIA6
33 32: ASSIGNA-EXERCICI EX17 C3 DIA6
34 33: ASSIGNA-EXERCICI-DIFÍCULTAT EX3 D3 C4 DIA6
35 34: ASSIGNA-EXERCICI-DIFÍCULTAT EX4 D3 C5 DIA6
36 35: SEGUENT-DIA DIA6 DIA7
37 36: ASSIGNA-EXERCICI EX16 C1 DIA7
38 37: ASSIGNA-EXERCICI EX15 C2 DIA7
39 38: ASSIGNA-EXERCICI EX17 C3 DIA7
40 39: ASSIGNA-EXERCICI-DIFÍCULTAT EX5 D3 C4 DIA7

```

```

41: 40: ASSIGNA-EXERCICI-DIFICULTAT EX6 D3 C5 DIA7
42: 41: SEGUENT-DIA DIA7 DIA8
43: 42: ASSIGNA-EXERCICI EX16 C1 DIA8
44: 43: ASSIGNA-EXERCICI EX15 C2 DIA8
45: 44: ASSIGNA-EXERCICI EX17 C3 DIA8
46: 45: ASSIGNA-EXERCICI-DIFICULTAT EX7 D3 C4 DIA8
47: 46: ASSIGNA-EXERCICI-DIFICULTAT EX8 D3 C5 DIA8
48: 47: SEGUENT-DIA DIA8 DIA9
49: 48: ASSIGNA-EXERCICI EX16 C1 DIA9
50: 49: ASSIGNA-EXERCICI EX15 C2 DIA9
51: 50: ASSIGNA-EXERCICI EX17 C3 DIA9
52: 51: ASSIGNA-EXERCICI-DIFICULTAT EX9 D3 C4 DIA9
53: 52: ASSIGNA-EXERCICI-DIFICULTAT EX10 D3 C5 DIA9
54: 53: SEGUENT-DIA DIA9 DIA10
55: 54: ASSIGNA-EXERCICI EX16 C1 DIA10
56: 55: ASSIGNA-EXERCICI EX15 C2 DIA10
57: 56: ASSIGNA-EXERCICI EX17 C3 DIA10
58: 57: ASSIGNA-EXERCICI-DIFICULTAT EX11 D3 C4 DIA10
59: 58: ASSIGNA-EXERCICI-DIFICULTAT EX12 D3 C5 DIA10
60: 59: SEGUENT-DIA DIA10 DIA11
61: 60: ASSIGNA-EXERCICI EX16 C1 DIA11
62: 61: ASSIGNA-EXERCICI EX15 C2 DIA11
63: 62: ASSIGNA-EXERCICI-DIFICULTAT EX1 D2 C3 DIA11
64: 63: SEGUENT-DIA DIA11 DIA12
65: 64: ASSIGNA-EXERCICI EX15 C1 DIA12
66: 65: ASSIGNA-EXERCICI-DIFICULTAT EX1 D3 C2 DIA12
67: 66: ASSIGNA-EXERCICI EX16 C3 DIA12
68: 67: ASSIGNA-EXERCICI EX17 C4 DIA12
69: 68: ASSIGNA-EXERCICI-DIFICULTAT EX2 D2 C5 DIA12
70: 69: SEGUENT-DIA DIA12 DIA13
71: 70: ASSIGNA-EXERCICI EX16 C1 DIA13
72: 71: ASSIGNA-EXERCICI EX17 C2 DIA13
73: 72: ASSIGNA-EXERCICI-DIFICULTAT EX2 D3 C3 DIA13
74: 73: SEGUENT-DIA DIA13 DIA14
75: 74: SEGUENT-DIA DIA14 DIA15

```

La sortida mostra clarament com es compleixen les restriccions fins l'extensió 2, fent una ullada es fàcil de comprovar.

Si ens centrem ara en la restricció de com a molt 6 exercicis per dia, veiem com per exemple el dia 1, hi ha 5 exercicis (línies 1-4). Per a la resta dels dies passa exactament el mateix. Donat que hi ha més de 6 exercicis per els quals volem augmentar la dificultat, és clar que, tenint en compte que el planificador busca el camí mínim, intentaria assignar tots els exercicis possibles el màxim de ràpid possible, però no és el cas. Per tant podem concloure que la sortida és l'esperada i compleix totes les restriccions del problema.

5.4 Joc de prova 4

Aquest joc de proves és semblant a l'anterior però amb la diferència que ara busquem que la suma dels temps dels exercicis assignats a cada dia no passa dels 90 minuts.

L'entrada és del mateix estil que en joc de prova 3: tenim un conjunt extens d'exercicis amb un temps assignat a cadascun i també algunes restriccions de preparadors i precursors per comprovar que es segueixen complint les restricci-

ons les les extensions bàsic, 1 i 2.

5.4.1 Entrada

```
1 (= (tempsTotal) 0)
2   (= (tempsEx ex1) 70)
3   (= (tempsEx ex2) 16)
4   (= (tempsEx ex3) 75)
5   (= (tempsEx ex4) 58)
6   (= (tempsEx ex5) 7)
7   (= (tempsEx ex6) 68)
8   (= (tempsEx ex7) 27)
9   (= (tempsEx ex8) 90)
10  (= (tempsEx ex9) 68)
11  (= (tempsEx ex10) 44)
12  (= (tempsEx ex11) 4)
13  (= (tempsEx ex12) 40)
14  (= (tempsEx ex13) 10)
15  (= (tempsEx ex14) 42)
16  (= (tempsEx ex15) 17)
17  (= (tempsEx ex16) 8)
18  (= (tempsEx ex17) 14)
19  (= (tempsEx ex18) 2)
20  (dificultat_actual ex1 d1)
21  (dificultat_actual ex2 d5)
22  (dificultat_actual ex3 d9)
23  (dificultat_actual ex4 d4)
24  (dificultat_actual ex5 d4)
25  (dificultat_actual ex6 d1)
26  (dificultat_actual ex7 d4)
27  (dificultat_actual ex8 d5)
28  (dificultat_actual ex9 d3)
29  (dificultat_actual ex10 d4)
30  (dificultat_actual ex11 d7)
31  (dificultat_actual ex12 d5)
32  (dificultat_actual ex13 d3)
33  (dificultat_actual ex14 d3)
34  (dificultat_actual ex15 d6)
35  (dificultat_actual ex16 d6)
36  (dificultat_actual ex17 d1)
37  (dificultat_actual ex18 d1)
38  (precursor ex5 ex15)
39  (preparador ex5 ex3)
40  (preparador ex14 ex13)
41  (preparador ex18 ex15)
42  (preparador ex7 ex15)
43  )
44  (:goal (and (dia_actual dia15)
45    (dificultat_actual ex5 d8)
46    (dificultat_actual ex11 d10)
47    (dificultat_actual ex9 d7)
48    (dificultat_actual ex7 d6)
49    (dificultat_actual ex8 d6)
50  )
51  )
```

5.4.2 Sortida

```

1      0: ASSIGNA-EXERCICI-DIFICULTAT EX5 D5 DIA1
2      1: ASSIGNA-EXERCICI-DIFICULTAT EX7 D5 DIA1
3      2: ASSIGNA-EXERCICI-DIFICULTAT EX11 D8 DIA1
4      3: SEGUENT-DIA DIA1 DIA2
5      4: ASSIGNA-EXERCICI-DIFICULTAT EX5 D6 DIA2
6      5: ASSIGNA-EXERCICI-DIFICULTAT EX7 D6 DIA2
7      6: ASSIGNA-EXERCICI-DIFICULTAT EX11 D9 DIA2
8      7: SEGUENT-DIA DIA2 DIA3
9      8: ASSIGNA-EXERCICI-DIFICULTAT EX5 D7 DIA3
10     9: ASSIGNA-EXERCICI-DIFICULTAT EX9 D4 DIA3
11    10: ASSIGNA-EXERCICI-DIFICULTAT EX11 D10 DIA3
12    11: SEGUENT-DIA DIA3 DIA4
13    12: ASSIGNA-EXERCICI-DIFICULTAT EX5 D8 DIA4
14    13: ASSIGNA-EXERCICI-DIFICULTAT EX9 D5 DIA4
15    14: SEGUENT-DIA DIA4 DIA5
16    15: ASSIGNA-EXERCICI-DIFICULTAT EX8 D6 DIA5
17    16: SEGUENT-DIA DIA5 DIA6
18    17: ASSIGNA-EXERCICI-DIFICULTAT EX9 D6 DIA6
19    18: SEGUENT-DIA DIA6 DIA7
20    19: ASSIGNA-EXERCICI-DIFICULTAT EX9 D7 DIA7
21    20: SEGUENT-DIA DIA7 DIA8
22    21: SEGUENT-DIA DIA8 DIA9
23    22: SEGUENT-DIA DIA9 DIA10
24    23: SEGUENT-DIA DIA10 DIA11
25    24: SEGUENT-DIA DIA11 DIA12
26    25: SEGUENT-DIA DIA12 DIA13
27    26: SEGUENT-DIA DIA13 DIA14
28    27: SEGUENT-DIA DIA14 DIA15

```

La següent sortida ens permet veure que totes les restriccions de les extensions bàsic, 1 i 2 es compleixen fent una comprovació amb l'entrada.

Si ens fixem amb la condició del temps d'un dia menor que 90, veiem que l'exercici 8 té temps 90, i el dia 5 s'assigna exclusivament aquest exercici, de manera que no sobrepassa el temps. Si observem l'entrada i ens fixem amb cadascun dels dies es pot comprovar que el temps assignat a un dia mai excedeix els 90 minuts tal com diu la restricció.

Per tant, complint-se totes les restriccions, arribem a l'objectiu que volem.