



Mesterséges
Intelligencia

Csató Lehel

Mesterséges Intelligencia

Csató Lehel

Matematika-Informatika Tanszék
Babeş–Bolyai Tudományegyetem, Kolozsvár

2007/2008



Az Előadások Témái

Mesterséges
Intelligencia

3

Csató Lehel

Hogyan írjunk jól
angolul?

Gráfok
ábrázolása

Irányított gráfok

Irányított utak

Optimális út

Irányított fa

ÉS/VAGY gráfok

ÉS/VAGY gráfok

átalakítása

Problémák
reprezentációja

Gráfkereső
algoritmusok

Visszalépés

Bűvös négyzetek
- feladat

- Bevezető: mi a *mesterséges* intelligencia ...
- „Tudás”–reprezentáció
- **Gráfkeresési stratégiák**
- Szemantikus hálók / Keretrendszerek
- Játékok modellezése
- Bizonytalanság kezelése
- Grafikus modellek
- Tanuló rendszerek
- Szimulált kifűtés, Genetikus algoritmusok
- Neurális hálók
- Gépi tanulás
- Nemparametrikus módszerek



Mesterséges
Intelligencia

3

Csató Lehel

Hogyan írjunk jól
angolul?

Gráfok
ábrázolása

Irányított gráfok

Irányított utak

Optimális út

Irányított fa

ÉS/VAGY gráfok

ÉS/VAGY gráfok

átalakítása

Problémák
reprezentációja

Gráfkereső
algoritmusok

Visszalépés

Bűvös négyzetek
- feladat

Előadások honlapja

<http://www.cs.ubbcluj.ro/~csatol/mestint>

Vizsga

Szóbeli (60%) + Gyakorlat (40%)
(v) Előadás (60%)

Laborgyakorlatok:

- | | | |
|---|---|----------|
| 1 | Clean vagy Prolog - dedukciós algoritmus | 30% |
| 2 | C / C++ / C# / ... - genetikus algoritmus | 10% vagy |
| 3 | Matlab - Neurális hálózatok vagy SVM | 10% |



Hogyan írjunk jól angolul?

Mesterséges
Intelligencia

3

Csató Lehel

Hogyan írunk jól
angolul?

Gráfok
ábrázolása

Irányított gráfok

Irányított utak

Optimális út

Irányított fa

ES/VAGY gráfok

ES/VAGY gráfok

átalakítása

Problémák
reprezentációja

Gráfkereső
algoritmusok

Visszalépés

Bűvös négyzetek
- feladat

A WhiteSmoke „szövegértő” szoftvere.

„Előfordul, hogy jól beszélünk angolul, ám fontos leveleinkbe becsúsznak hibák és a címzett az eredeti szándéktól különbözőnek olvashatja mondandónkat. Egy izraeli szoftver a **helyesíráson és a nyelvtanon túlmutató megoldást kínál.**”

Míg például a Word helyesírási és nyelvtani ellenőrzője csak e két területen hatékony, addig jelen szoftver lényegesen többet tud: a szöveget **mesterséges intelligencia segítségével** fürkészi át, majd azt pontosabbá, egyértelműbbé és folyékonyabbá tevő javaslatokkal áll elő. (azaz **?kozmetikáz?**)

agent.ai



Hogyan írjunk jól angolul?

Mesterséges
Intelligencia

3

Csató Lehel

Hogyan írjunk jól
angolul?

Gráfok
ábrázolása

Irányított gráfok

Irányított utak

Optimális út

Irányított fa

ÉS/VAGY gráfok

ÉS/VAGY gráfok

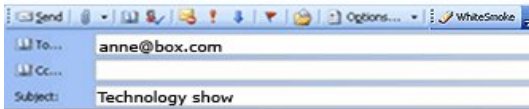
átalakítása

Problémák
reprezentációja

Gráfkereső
algoritmusok

Visszalépés

Bűvös négyzetek
- feladat



Dear Anne,
We met a possible customer at the exhibition in Dallas.
He was very interested in our product line,
however, he have some issues with our pricing.
I think we can give him a discount. Tell me what you think.
Regards,
Tim

Before WhiteSmoke



Dear Anne,
We met a **prospective** customer at the **technology show** in Dallas.
He was very interested in our **innovative product line**,
however, he has some **significant issues** with our **pricing**.
I **believe** we can give him a **generous discount**.
Tell me what you **think**.
Regards,
Tim

After WhiteSmoke



Gráfkereső stratégiák

Mesterséges
Intelligencia

3

Csató Lehel

Hogyan írjunk jól
angolul?

Gráfok
ábrázolása

Irányított gráfok

Irányított utak

Optimális út

Irányított fa

ÉS/VAGY gráfok

ÉS/VAGY gráfok

átalakítása

Problémák
reprezentációja

Gráfkereső
algoritmusok

Visszalépés

Bűvös négyzetek
- feladat

Egy korai M.I. terület - külön tudományággá fejlődött

Nagyon sok feladatot lehet gráfokkal reprezentálni: a **gráfprezentáció** az algoritmusok keresési tere.

- 1 irányított gráfok
- 2 ÉS/VAGY gráfok

Példák:

- ▶ Hanoi tornyok reverzibilis lépések – irányítatlan gráf
- Irányított gráf?



Irányított GRÁFOK

Mesterséges
Intelligencia

3

Csató Lehel

Hogyan írjunk jól
angolul?

Gráfok
ábrázolása

Irányított gráfok

Irányított utak

Optimális út

Irányított fa

ÉS/VAGY gráfok

ÉS/VAGY gráfok

átalakítása

Problémák
reprezentációja

Gráfkereső
algoritmusok

Visszalépés

Bűvös négyzetek
- feladat

Jelölés:

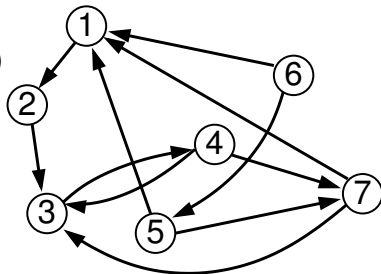
N – csúcsok (nodes)

A – élek $A \subset N \times N$
(adjacency)

szülő – 1 a 2-nek

utód – ...

$c(n, m)$ – költség



Tulajdonságok:

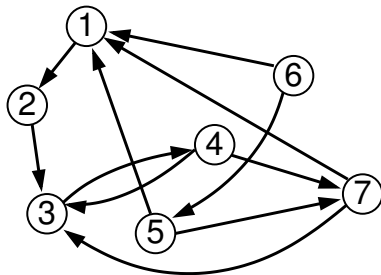
σ -tulajdonság: $\exists \sigma \forall n \quad |\{m \mid (n, m) \in A\}| \leq \sigma$

δ -tulajdonság: $\exists \delta > 0 \quad \forall (n, m) \in A \quad c(n, m) \geq \delta$

► hyper

δ -gráfok = a δ és σ tulajdonsággal rendelkező gráfok.

\times	1	2	3	4	5	6	7
1	.	1	.	.	.	.	.
2	.	.	1	.	.	.	.
3	.	.	.	1	.	.	.
4	.	.	1	.	.	.	1
5	1	.	.	.	.	.	1
6	1	.	.	.	1	.	.
7	1	.	1	.	.	.	.



Konvenció: amennyiben nem specifikáljuk, az élek bejárásának a költsége **1**.

Irányított út – út: az n -ből az m -be

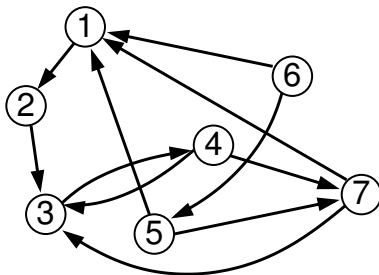
Ha $\exists n_1, \dots, n_k$ úgy hogy $\{(n, n_1), \dots, (n_k, m)\} \in A$.

Út:

$\alpha = (n = n_0, n_1, \dots, n_k = m)$

Út költsége

$$c^\alpha(n, m) = \sum_{j=1}^k c(n_{j-1}, n_j)$$



Példa: $\alpha = (6, 5, 7, 3, 4, 3, 4, 7, 5, 1, 2)$ költsége **10**.

Irányított út – út: az n -ből az m -be

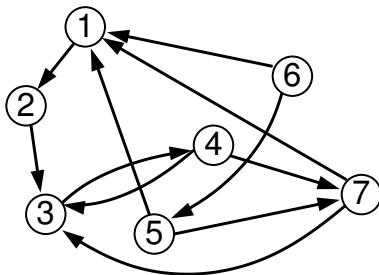
Ha $\exists n_1, \dots, n_k$ úgy hogy $\{(n, n_1), \dots, (n_k, m)\} \in A$.

Út:

$\alpha = (n = n_0, n_1, \dots, n_k = m)$

Út költsége

$$c^\alpha(n, m) = \sum_{j=1}^k c(n_{j-1}, n_j)$$



Példa: $\alpha = (6, 5, 7, 3, 4, 3, 4, 7, 5, 1, 2)$ költsége **10**.



Optimális út

Mesterséges
Intelligencia

3

Csató Lehel

Hogyan írjunk jól
angolul?

Gráfok
ábrázolása

Írányított gráfok

Írányított utak

Optimális út

Írányított fa

ÉS/VAGY gráfok

ÉS/VAGY gráfok

átalakítása

Problémák
reprezentációja

Gráfkereső
algoritmusok

Visszalépés

Bűvös négyzetek
- feladat

Optimális költség: az n -ből az m -be

$$c^*(n, m) = \min_{\alpha \in \{n \rightarrow m\}} c^\alpha(n, m)$$

Optimális út: az n -ből az m -be

$$\alpha^*(n, m) = \arg \min_{\alpha \in \{n \rightarrow m\}} c^\alpha(n, m)$$

?

- Létezik mindig – optimális – út?
- Amennyiben igen, egyedi?

nem. Ekkor az út hossza végtelen.

igen – egyedi?



Optimális út

Mesterséges
Intelligencia

3

Csató Lehel

Hogyan írjunk jól
angolul?

Gráfok
ábrázolása

Irányított gráfok

Irányított utak

Optimális út

Irányított fa

ÉS/VAGY gráfok

ÉS/VAGY gráfok

átalakítása

Problémák
reprezentációja

Gráfkereső
algoritmusok

Visszalépés

Bűvös négyzetek
- feladat

Optimális költség: az n -ből az m -be

$$c^*(n, m) = \min_{\alpha \in \{n \rightarrow m\}} c^\alpha(n, m)$$

Optimális út: az n -ből az m -be

$$\alpha^*(n, m) = \arg \min_{\alpha \in \{n \rightarrow m\}} c^\alpha(n, m)$$

?

- Létezik mindig – optimális – út?
- Amennyiben **igen**, egyedi?

nem. Ekkor az út hossza ∞

nem - δ -gráf



Optimális út

Mesterséges
Intelligencia

3

Csató Lehel

Hogyan írjunk jól
angolul?

Gráfok
ábrázolása

Irányított gráfok

Irányított utak

Optimális út

Irányított fa

ÉS/VAGY gráfok

ÉS/VAGY gráfok

átalakítása

Problémák
reprezentációja

Gráfkereső
algoritmusok

Visszalépés

Bűvös négyzetek
- feladat

Optimális költség: az n -ből az m -be

$$c^*(n, m) = \min_{\alpha \in \{n \rightarrow m\}} c^\alpha(n, m)$$

Optimális út: az n -ből az m -be

$$\alpha^*(n, m) = \arg \min_{\alpha \in \{n \rightarrow m\}} c^\alpha(n, m)$$

?

- Létezik mindig – optimális – út?
- Amennyiben **igen**, egyedi?

nem. Ekkor az út hossza ∞

nem - δ -gráf



Optimális út

Mesterséges
Intelligencia

3

Csató Lehel

Hogyan írjunk jól
angolul?

Gráfok
ábrázolása

Írányított gráfok

Írányított utak

Optimális út

Írányított fa

ÉS/VAGY gráfok

ÉS/VAGY gráfok

átalakítása

Problémák
reprezentációja

Gráfkereső
algoritmusok

Visszalépés

Bűvös négyzetek
- feladat

Optimális költség: az n -ből az m -be

$$c^*(n, m) = \min_{\alpha \in \{n \rightarrow m\}} c^\alpha(n, m)$$

Optimális út: az n -ből az m -be

$$\alpha^*(n, m) = \arg \min_{\alpha \in \{n \rightarrow m\}} c^\alpha(n, m)$$

?

- Létezik mindig – optimális – út?
- Amennyiben **igen**, egyedi?

nem. Ekkor az út hossza ∞

nem - δ -gráf



Irányított Fa

Mesterséges
Intelligencia

3

Csató Lehel

Hogyan írjunk jól
angolul?

Gráfok
ábrázolása

Irányított gráfok

Irányított utak

Optimális út

Irányított fa

ÉS/VAGY gráfok

ÉS/VAGY gráfok

átalakítása

Problémák
reprezentációja

Gráfkereső
algoritmusok

Visszalépés

Bűvös négyzetek
- feladat

Irányított fa: gráf, melyben egy kitüntetett csúcsból - a **gyökérből** – minden más csúcsba csak **egy** út vezet.

A gyökérbe nem vezet él.

Levél – csúcs, melyből nem vezet ki él.

Tulajdonságok:

- Bejárása egyszerű;
- Nem minden feladat ábrázolható **fa**ként.

ÉS/VAGY gráfok

Olyan irányított **hipergráfok**, melyekben egy hiperél egy csúcsból egy **csúcshalmazba** vezet.

$$R(N, A) \quad \text{ahol} \quad A \subseteq \{(n, M) \in N \times 2^N \mid 0 \neq |M| \leq \infty\}$$

Hiperélek:

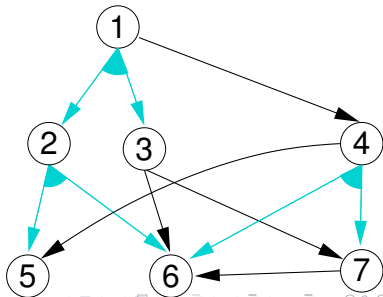
$$(1, \{2, 3\}) \quad (1, \{4\})$$

$$(2, \{5, 6\}) \quad (3, \{7\})$$

$$(4, \{6, 7\}) \quad (7, \{6\})$$

Élki költség: $c(n, M)$

Kérdés: σ és δ tulajdonságok





Hiperutak ÉS/VAGY gráfokban

Mesterséges
Intelligencia

3

Csató Lehel

Hogyan írjunk jól
angolul?

Gráfok
ábrázolása

Írányított gráfok

Írányított utak

Optimális út

Írányított fa

ÉS/VAGY gráfok

ÉS/VAGY gráfok
átalakítása

Problémák
reprezentációja

Gráfkereső
algoritmusok

Visszalépés

Bűvös négyzetek
- feladat

Írányított hiperút (n, M) között

Részgráf, melyben mindegyik csúcsból legfeljebb egy hiperél indul ki.

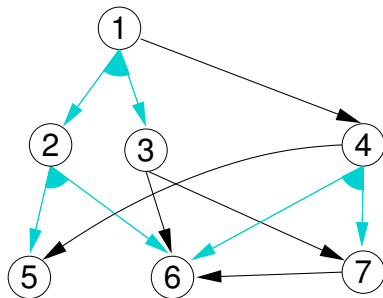
M -ből nem indul hiperél.

Hiperutak $1 \rightarrow \{5, 6\}$:

$(1, \{2, 3\}), (2, \{5, 6\})$

$(1, \{2, 3\}), (3, \{6\}),$

$(1, \{4\}), (4, \{5\})$



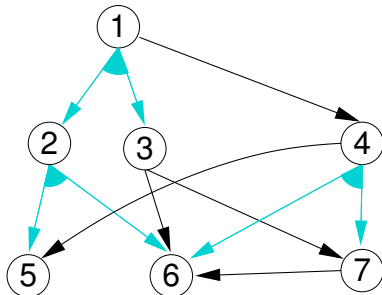
ÉS/VAGY gráfok kezelése nehézkes.

Átalakíthatóak **irányított gráfokká**.

Új csúcsok bevezetése: utódcsúcs = átalakítandó hiperél utódainak halmaza.

A fenti műveletet kiterjesszük a kezdőcsúcstól a célig.

Feladat: az $1 \rightarrow \{5, 6\}$
egy hiperútjának
megfelelő
gráfátalakítás.





8-as kirakós játék

Mesterséges
Intelligencia

3

Csató Lehel

Hogyan írjunk jól
angolul?

Gráfok
ábrázolása

Irányított gráfok

Irányított utak

Optimális út

Irányított fa

ÉS/VAGY gráfok

ÉS/VAGY gráfok

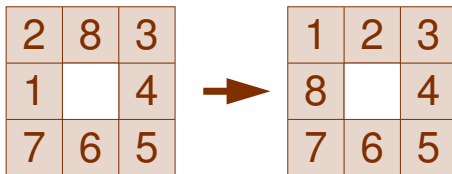
átalakítása

Problémák
reprezentációja

Gráfkereső
algoritmusok

Visszalépés

Bűvös négyzetek
- feladat



- **Kódolás:** 9 hely – $9! = 362880$ lehetőség.
- **Üres hely mozgatása** – meghatároz egy állapotgráfot.

Mesterséges
Intelligencia

3

Csató Lehel

Hogyan írunk jól
angolul?

Gráfok
ábrázolása

Irányított gráfok

Irányított utak

Optimális út

Irányított fa

ÉS/VAGY gráfok

ÉS/VAGY gráfok

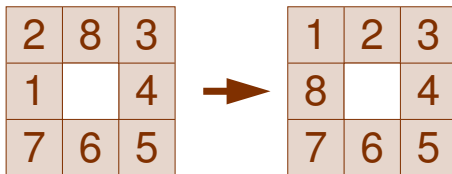
átalakítása

Problémák
reprezentációja

Gráfkereső
algoritmusok

Visszalépés

Bűvös négyzetek
- feladat



- **Kódolás:** 9 hely – $9! = 362880$ lehetőség.
- **Üres hely mozgatása** – meghatároz egy állapotgráfot.

Mesterséges
Intelligencia

3

Csató Lehel

Hogyan írjunk jól
angolul?

Gráfok
ábrázolása

Irányított gráfok

Irányított utak

Optimális út

Irányított fa

ÉS/VAGY gráfok

ÉS/VAGY gráfok

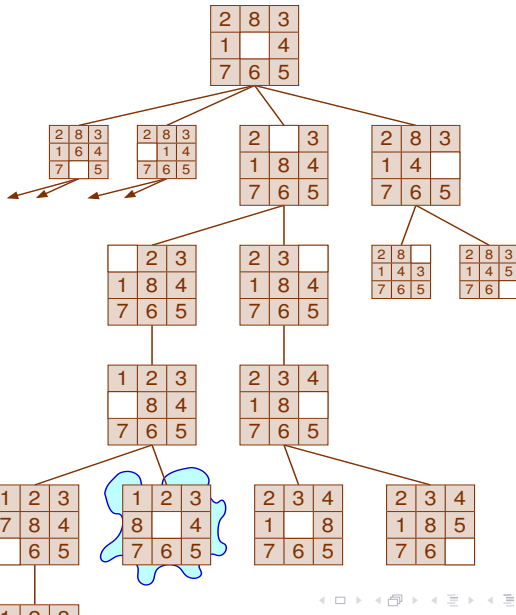
átalakítása

Problémák
reprezentációja

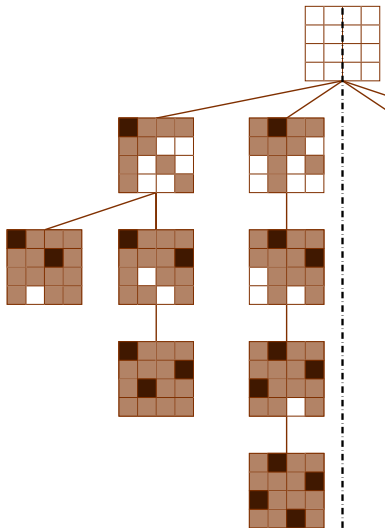
Gráfkereső
algoritmusok

Visszalépés

Bűvös négyzetek
- feladat



- 4×4 -es táblán 4 királynőt elhelyezni.
- **Állapotter:** sakk-állások 1 – 4 királynővel.
- **Művelet:** egy királynő egy mezőre helyezése.
- **Kezdőállapot:** üres sakktábla.
- **Célállapot:** 4 királynőt tartalmazó sakktábla.





Nem-módosítható keresések:

Egy lépést – szabályt – nem lehet visszavonni.

1 Hegymászó algoritmus (hill-climbing)

- kritérium-függvény, mely „vezérli” az algoritmust.
- nem-determinisztikus
- gond a **lokális minimum** jelenléte

2 Kommutatív rendszerek (commutative systems)

- a D -re alkalmazható szabályok alkalmazhatóak a D leszármazottjaira is.
- a D -ből előállított adatbázis független a műveletek **sorrendjétől** – felcserélhető.
- ha a D kielégíti a terminálási feltételt, akkor annak minden leszármazottja is.

Nincs bonyolult stratégia. Heurisztika \implies hatékonyság.



Mesterséges
Intelligencia

3

Csató Lehel

Hogyan írjunk jól
angolul?

Gráfok
ábrázolása

Irányított gráfok

Irányított utak

Optimális út

Irányított fa

ÉS/VAGY gráfok

ÉS/VAGY gráfok

átalakítása

Problémák
reprezentációja

Gráfkereső
algoritmusok

Visszalépés

Bűvös négyzetek
- feladat

- Egy **utat** tart nyilván a reprezentációs gráfból.
- Induló érték: **start-csúcs**.

Vezérlési stratégia – visszalépés alkalmazása ha:

- 1 nincs több él – **zsákutca**;
- 2 nincs több „jó út” – **vágás**;
- 3 minden továbbvezető útról visszaléptünk – **torkolat**;
- 4 egy már bejárt csúcshoz jutunk – **kör**;
- 5 túl hosszú a bejárt út – **mélységi korlát**.



Mesterséges
Intelligencia

3

Csató Lehel

Hogyan írjunk jól
angolul?

Gráfok
ábrázolása

Irányított gráfok

Irányított utak

Optimális út

Irányított fa

ÉS/VAGY gráfok

ÉS/VAGY gráfok

átalakítása

Problémák
reprezentációja

Gráfkereső
algoritmusok

Visszalépés

Bűvös négyzetek
- feladat

Visszalépés ha

- 1 nincs több él – **zsákutca**;
- 2 nincs több „jó út” – **vágás**;
- 3 minden továbbvezető útról visszaléptünk – **torkolat**;
- 4 egy már bejárt csúcshoz jutunk – **kör**;
- 5 túl hosszú a bejárt út – **mélységi korlát**.

Tétel

A visszalépéses algoritmus az (1) és (2) feltételekkel terminál **véges és körmentes** gráfokon.



Mesterséges
Intelligencia

3

Csató Lehel

Hogyan írjunk jól
angolul?

Gráfok
ábrázolása

Irányított gráfok

Irányított utak

Optimális út

Irányított fa

ÉS/VAGY gráfok

ÉS/VAGY gráfok

átalakítása

Problémák
reprezentációja

Gráfkereső
algoritmusok

Visszalépés

Bűvös négyzetek
- feladat

Visszalépés ha

- 1 nincs több él – **zsákutca**;
- 2 nincs több „jó út” – **vágás**;
- 3 minden továbbvezető útról visszaléptünk – **torkolat**;
- 4 egy már bejárt csúcshoz jutunk – **kör**;
- 5 túl hosszú a bejárt út – **mélységi korlát**.

Tétel

A visszalépéses algoritmus az (1)–(5) feltételekkel **mindig** terminál.

Ha létezik a mélységi korlátnál nem hosszabb megoldás, **megtalálja** azt.



Mesterséges
Intelligencia

3

Csató Lehel

Hogyan írjunk jól
angolul?

Gráfok
ábrázolása

Irányított gráfok

Irányított utak

Optimális út

Irányított fa

ÉS/VAGY gráfok

ÉS/VAGY gráfok

átalakítása

Problémák
reprezentációja

Gráfkereső
algoritmusok

Visszalépés

Bűvös négyzetek
- feladat

Feladat: ábrázoljuk a teljes négyzetek keresését gráf-kiterjesztési feladatként:

- építsük fel a feladat állapotterét; definiáljunk egy gráfot a helyes megoldásokat eredményező kitöltések folyamataként;
- definiáljunk egy gráf-kiterjesztési procedúrát;
- keressük meg az összes lehetséges megoldást gráfkereső (?backtracking?) módszerrel.

Bűvös négyzet: az az $N \times N$ -es négyzet, melyben az elemek száma megegyezik sorok és oszlopok szerint.

$$S_{sor} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^{N^2} n = \frac{1}{N} \cdot \frac{N^2 (N^2 - 1)}{2} = \frac{N (N^2 - 1)}{2}$$



Mesterséges
Intelligencia

3

Csató Lehel

Hogyan írjunk jól
angolul?

Gráfok
ábrázolása

Irányított gráfok

Irányított utak

Optimális út

Irányított fa

ÉS/VAGY gráfok

ÉS/VAGY gráfok
átalakítása

Problémák
reprezentációja

Gráfkereső
algoritmusok

Visszalépés

Bűvös négyzetek
- feladat

Követelmények:

- Dokumentáció, mely tartalmazza a
 - ① **paraméterterét** a feladatnak,
 - ② a gráfkiterjesztés lépéseit,
 - ③ a gráfbejárás sorrendjét.
- Program, mely az N szám ismeretében kiírja (pl. egy TXT állományba) az összes megoldást valamint kiírja a képernyőre a megoldások számát.

A feladatok bemutatása személyesen történik – valamely futtatási környezetben – úgy, hogy a programban módosítani lehessen paramétereket.