# Adatbázisok elmélete 9. előadás

Csima Judit
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Számítástudományi Tsz.
I. B. 136/b
csima@cs.bme.hu

2003. Március 12.



## Példák sorkalkulus alkalmazására

ÁRU(ÁRUKÓD, ÁRUNÉV, EGYSÉGÁR)
MENNYISÉG(DÁTUM, ÁRUKÓD, DB)
BEVÉTEL(DÁTUM, ÖSSZEG)
BEFIZ(ÖSSZEG, BEFIZ)   BEFIZ=ÖSSZEG$-4000$

Az 2002. jan. 1. utáni napok bevételei a dátummal együtt:
$(\sigma_{\text{DÁTUM>'2002-01-01'}}\left(\text{BEVÉTEL}\right))$
$\{t^{(2)} \mid \text{BEVÉTEL}(t) \wedge t[1] \geq \text{2002-01-01}\}$

Az 2002. jan. 15-i bevétel és a befizetett összeg:
$\pi_{\text{ÖSSZEG, BEFIZ}}\left(\sigma_{\text{DÁTUM='2002-01-15'}}\left(\text{BEVÉTEL}\right) \bowtie \text{BEFIZ}\right)$
$\{u^{(2)} \mid \text{BEFIZ}(u) \wedge \exists v(\text{BEVÉTEL}(v) \wedge v[1] = \text{2002-01-15} \wedge v[2] = u[1])\}$

Hány darabot adtak el 2002. jan. 15-én az A123 kódú áruból, mi a neve és az ára?
$\pi_{\text{DB, ÁRUNÉV, EGYSÉGÁR}}\left(\sigma_{\text{ÁRUKÓD='A123'} \wedge \text{DÁTUM='2002-01-15'}}\left(\text{MENNYISÉG} \bowtie \text{ÁRU}\right)\right)$





$\{s^{(3)} \mid \exists u \exists v \Big(\text{MENNYISÉG}(u) \wedge \text{ÁRU}(v) \wedge u[1] = \text{2002-01-15} \wedge u[2] =' A123' \wedge$
$v[1] =' A123' \wedge s[1] = u[3] \wedge s[2] = v[2] \wedge s[3] = v[3]\Big)\}$

Mely nevű áruk azok, amelyekkel van azonos egységárú másik áru?

$\{s^{(1)} \mid \exists u \exists v \Big(\text{ÁRU}(v) \wedge \text{ÁRU}(u) \wedge s[1] = v[2] \wedge v[3] = u[3] \wedge \neg(v[1] = u[1])\Big)\}$

**Mivel lehet több mindent kifejezni?** *Relációs algebrával, vagy sorkalkulussal?*

**Tétel.** *A sorkalkulus relációsan teljes.*

Bizonyítás: Be kell látni, hogy minden reláció, ami relációs algebrával megadható, megadható sorkalkulussal is. Ehhez azt elég megmutatni, hogy
1. az alaprelációk megadhatók
2. a relációs algebrai alapműveletek (unio, különbség, szorzat, vetítés, szelekció) alaprelációkra alkalmazva megvalósíthatók
3. ha $R$ és $S$ nem alapreláció és ezekre alkalmazunk valami relációs műveletet, akkor az eredmény kifejezhető sorkalkulussal





- **alapreláció:** Tegyük fel, hogy $R$ $k$ oszlopos alapreláció
  $R = \{t^{(k)} \mid R(t)\}$
- **Unió:** *Tfh. $S$ is $k$ oszlopos*
  $R \cup S = \{t^{(k)} \mid R(t) \vee S(t)\}$
- **különbség:**
  $R \setminus S = \{t^{(k)} \mid R(t) \wedge \neg S(t)\}$
- *metszet:*
  $R \cap S = \{t^{(k)} \mid R(t) \wedge S(t)\}$
- **szorzat:** $R$ legyen $k$ oszlopos, $S$ pedig $l$ oszlopos
  $R \times S = \Big\{t^{(k+l)} \mid \exists r^{(k)} \exists s^{(l)} (R(r) \wedge S(s) \wedge r[1] = t[1] \wedge \ldots \wedge r[k] = t[k] \wedge s[1] = t[k+1] \wedge \ldots \wedge s[l] = t[k+l])\Big\}$
- **vetület:** Legyen $R(A_1, \ldots, A_d, A_{d+1}, \ldots, A_k)$ reláció, vetítsük az első $d$-re $\pi_{A_1,\ldots,A_d}(R) =$
  $\Big\{t^{(d)} \mid \exists r^{(k)} (R(r) \wedge r[1] = t[1] \wedge \ldots \wedge r[d] = t[d])\Big\}$

- **kiválasztás:**
  $\sigma_F(R) = \{t^{(k)} \mid R(t) \wedge F'\}$, ahol $F'$ átfordítása sorkalkulusra $\Longrightarrow$ az $i$-edik attribútum helyett $t^{(n)}[i]$-t írunk.
  Pl. (evidenciával történő meggyőzés)
  $\sigma_{\text{ÁR}>\text{'150'} \wedge \text{TERMÉK}=\text{'hamburger'}}(\text{TERMEL}) = \{t^{(4)} \mid \text{TERMEL}(t) \wedge t[4] > \text{'150'} \wedge t[3] = \text{'hamburger'}\}$
- Nem lényeges, hogy $R, S$ alaprelációk. Ha $R = \{t^{(k)} \mid \phi(t)\}$ és $s = \{t^{(k)} \mid \psi(t)\}$, azaz $R$ és $S$ már valahogy ki van fejezve sorkalkulussal
  $\Longrightarrow R \cup S = \{t^{(k)} \mid \phi(t) \vee \psi(t)\}$
  többinél ugyanígy ($R(t)$ és $S(t)$ helyett $\phi(t)$-t és $\psi(t)$-t írunk. $\surd$





## Megfordítás

**Ki lehet-e fejezni mindet relációs algebrával, amit sorkalkulussal lehet?**

**Nem!**

Pl. Ha $R$ egy $k$ változós alapreláció $\Longrightarrow \{t^{(k)} \mid \neg R(t)\}$ nem fejezhető ki algebrával.

Bizonyítás: Relációs algebrában minden reláció véges, *ha az alaprelációk végesek*. Ez viszont lehet végtelen, ha az egyik értékkészlet végtelen.

Alkalmazásokban, bár elvileg $\forall$ véges, gyakorlatban azért nagy-nagy véges sem jó. Így ilyen baj tényleg előfordulhat. *Sőt részeredményekben sem lehet ilyen* $\Longrightarrow$ *túl sok munka.*





**Megoldás:** Nem használunk ilyesmit $\Longrightarrow$ csak **biztonságos formulákat** (safe expression): kiértékelhető úgy, hogy ne kelljen túl nagy halmazt végignézni, csak annyi infó kell hozzá, amit valaki már egyszer korábban beírt $\Longrightarrow$
*leszűkítjük a szóba jövő esetek halmazát*

**Definíció.** $Dom(\phi) = \{$*$\phi$-beli alaprelációk $\forall$ attribútumának, $\forall$ értéke*$\} \cup \{$*$\phi$-beli konstansok*$\}$

Pl. SZEMÉLY(NÉV, CÍM) alapreláció
$\phi(t) = \text{SZEMÉLY}(t) \wedge t[2] = \text{'Tokyo'}$
$\Longrightarrow Dom(\phi) = \pi_{\text{NÉV}}\left(\text{SZEMÉLY}\right) \cup \pi_{\text{CÍM}}\left(\text{SZEMÉLY}\right) \cup \{\text{'Tokyo'}\}$

**Definíció.** *Egy $R = \{t^{(k)} \mid \phi(t)\}$* ***reláció biztonságos****, ha*

*i)* *Minden $\phi(t)$-t kielégítő $t$ minden komponense $\in Dom(\phi)$ (Ha $t$ kielégíti $\phi(t)$-t, akkor minden komponense $Dom(\phi)$-beli)*
*(Ez korlátozza keresést! A végeredménybe csak $Dom(\phi)$-ből lehet kerülni.)*

*ii)* *$\phi$ minden $\exists u \psi(u)$ alakú részformulájára igaz, hogy ha $u$ kielégíti $\psi$-t a $\psi$-beli szabad változók valamely értékeire, akkor $u$ minden komponense $\in Dom(\psi)$*
*(részformula is biztonságos:$\exists u \psi(u)$ igazsága eldönthető $Dom(\phi)$ végignézésével)*





*Megj.:* *A $\forall u \psi(u)$ alakúakra nem kell, mert ez ugyanaz, mint $\neg\exists u(\neg\psi(u))$ és így elég (ii)-t ellenőrizni a $\exists u(\neg\psi(u))$ részformulára.*

*Nem az a kérdés, hogy pontosan mik a biztonságos formulák, hanem:*
*Hogyan tudunk biztonságos formulákat, kifejezéseket írni?*
*Csak ilyeneket szeretnénk használni.*

Tipikus technikák a biztonságosság elérésére:

- $\{t \mid R(t) \wedge \phi(t)\}$ biztonságos, ha $\phi$ biztonságos (mert szűkítés $R$-re, így (i) teljesül)
- *(Ha nem lehet egy relációra korlátozni pl:)*
  $\{t \mid (R(t) \vee S(t)) \wedge \phi(t)\}$ biztonságos, ha $\phi$ biztonságos
- $\{t^{(2)} \mid \exists u_1 \exists u_2 (R(u_1) \wedge R(u_2) \wedge t[1] = u_2[1] \wedge t[2] = u_1[1] \wedge \phi(t, u_1, u_2))\}$
- $\exists u(R(u) \wedge \ldots)$ ha itt a hátrább levő részek biztonságosak (az $R$-re való szűkítés miatt (ii) teljesül)
- $\forall u(\neg R(u) \vee \ldots)$ ha itt a hátrább levő részek biztonságosak (mert ez átírva $\neg\exists u(R(u) \wedge \ldots)$

**Tétel.** *Biztonságos kifejezésű sorkalkulus reláció kifejezhető relációs algebrával is.*

Bizonyítás: *Ötlet:* Ha $R = \{t^{(k)} \mid \phi(t)\}$ megengedett reláció sorkalkulusban, akkor $R \cap Dom(\phi)^k$ kifejezhető rel. algebrával. Biz. $\phi$ felépítése szerinti indukcióval.
Ha $R$ biztonságos, akkor $R = R \cap Dom(\phi)^k$ $\surd$

**Tétel.** *A relációs algebra és a biztonságos sorkalkulus ekvivalensek.*

Bizonyítás: Volt: relációs algebrai kifejezésből lehet sorkalkulust csinálni, illetve biztonságos sorkalkulusból relációs algebrát.
Kell még: a relációs alg. átírása sorkalkulusra biztonságos.
De az meg az volt, ahogy csináltuk. $\surd$





## Példák biztonságos és nem biztonságos kifejezésekre

- Melyik napokon volt a legnagyobb a bevétel?

Nem bizt.: $\{t^{(1)} \mid \exists u^{(2)}(\text{BEVÉTEL}(u) \wedge t[1] = u[2] \wedge \forall v^{(2)}(\neg\text{BEVÉTEL}(v) \vee v[2] \leq u[2])) \wedge \exists w^{(1)}(w[1] \neq t[1])\}$
Ez azt fejezi ki, csak nem biztonságos, mert (ii) nem oké, bár (i) az. Az a baj, hogy a végén van egy felesleges dolog.

Bizt.: $\{t^{(1)} \mid \exists u^{(2)}(\text{BEVÉTEL}(u) \wedge t[1] = u[2] \wedge \forall v^{(2)}(\neg\text{BEVÉTEL}(v) \vee v[2] \leq u[2]))\}$

Másik bizt.: $\{t^{(1)} \mid \exists u^{(2)}(\text{BEVÉTEL}(u) \wedge t[1] = u[2] \wedge \neg\exists v^{(2)}(\text{BEVÉTEL}(v) \wedge v[2] > u[2]))\}$

- Mely árukból adtak el 100-nál többet egy napon?

Nem bizt.: $\{t^{(3)} \mid \text{ÁRU}(t) \wedge \exists v^{(3)}\Big((v[2] = t[1] \wedge v[3] > 100) \boxed{\vee} \text{MENNYISÉG}(v)\Big)\}$
elírtuk: nem is azt adja, amit kell, meg nem is biztonságos, mert (ii) sérül

Bizt.: $\{t^{(3)} \mid \text{ÁRU}(t) \wedge \exists v^{(3)}\Big((v[2] = t[1] \wedge v[3] > 100) \boxed{\wedge} \text{MENNYISÉG}(v)\Big)\}$





## Oszlopkalkulus (Domain calculus)

Lényegileg ugyanaz, mint a sorkalkulus, csak másféle változókat használ.

**Oszlopváltozó:** egy koordinátája a sorváltozónak, mint vektornak
*Az oszlopváltozó értékkészlete:* egy adott attribútum értékkészlete.

**A oszlopkalkulus által kifejezett reláció:**
$\{u_1, \dots, u_k \mid \phi(u_1, \dots, u_k)\}$ $\Longrightarrow$ azon $u = (u_1, \dots, u_k)$ vektorok, amikre $\phi(u_1, \dots, u_k)$ igaz, ahol $\phi$ egy megengedett formula és csak $u_1, \dots, u_k$ szabad változók benne.

**Megengedett formulák:**

**atomok** :

- $R^{(k)}(u_1, \dots, u_k)$: *akkor igaz, ha $(u_1, \dots, u_k) \in R$, azaz a sor benne van a relációban.*
- – $u_i \,\theta\, u_j$
  – $u_i \,\theta\, c$





  – $c \,\theta\, u_i$

  ahol $\theta \in \{<, >, =, \neq, \leq, \geq\}$, $u_i$ oszlopváltozók, $c$ konstans érték.
  *Világos, mikor igaz.*

**építkezési szabályok** :

- $\phi, \psi$ formulák, akkor $\phi \vee \psi, \phi \wedge \psi, \neg\phi$ is formulák.
  *Világos, hogy mikor igaz.*
- $\phi$ formula, $s$ oszlopváltozó, akkor $\forall s \phi, \exists s \phi$ is formula.
  *Világos, hogy mikor igaz.*
  **Kötött változó:** ha vonatkozik rá kvantor,
  **Szabad változó:** ha nem,