

GPU-val támogatott jövő kutatás

A kutatás a TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0005 projekt keretében folyt a BCE Jövő kutatás Tanszékén.

Retek Mihály

GPU nap 2012, MTA-RMKI, Budapest
2012. július 2.

Mi a jövő kutatás

„A jövő kutatás a társadalommal kapcsolatos jövő előzetes megismerésére irányuló intellektuális tevékenység, a jövő feltárás problémakörével foglalkozó tudományterület. Célja, hogy jövőre irányuló ismeretek előállításával (megbízható előrejelzések kidolgozásával) úgy befolyásolja a jelenbeli cselekedeteket, döntéseket, hogy azok a lehető legkedvezőbb irányban alakítsák a jövőt. A jövő kutatás feladata ezért az, hogy feltárja a lehetséges jövőket, felvázolja a már meghozott döntések jövőbeni következményeit és a meghozandó döntések lehetséges hatásait, ismereteket nyújtva az időben később várható folyamatok, események változásáról.”

Hideg – Kovács – Korompai – Nováky (Nováky szerk.)
2006: Jövő kutatás 19. oldal

Probléma felvetése/leírása

- Rövid, közép, hosszú távú demográfiai előrejelzések készítése egy újfajta módszerrel. Amely már meglévő és használt módszereket ötvözt. A probléma nagymértékben párhuzamosítható, ennek következtében GPU-ra történő implementálásra is teljes mértékben alkalmas.
- A cél a CPU és a GPU közötti sebességbeli különbségek összehasonlítása, kicsi, közepes nagy számítást igénylő alternatívákon. A GPU-ra történő algoritmus optimalizálása az egyes gyártók célhardvereire.
- A GPU-n való futtatásra OpenCL használata. (QtOpenCL)

Előrejelzési „fajták”

Gazdasági

- GDP
- Infláció
- Tőzsde,
- ...

Társadalmi

- Demográfiai,
- ...

Meteorológiai/Időjárás

- Csapadék,
- ...

Klíma/Éghajlatváltozás

- Hőmérséklet,
- CO₂ változás
- Tengerszint,
- ...

Technológiai

- Energetika
- Informatika,
-

...

A demográfiai előrejelzés típusok

- Statisztikai módszerek

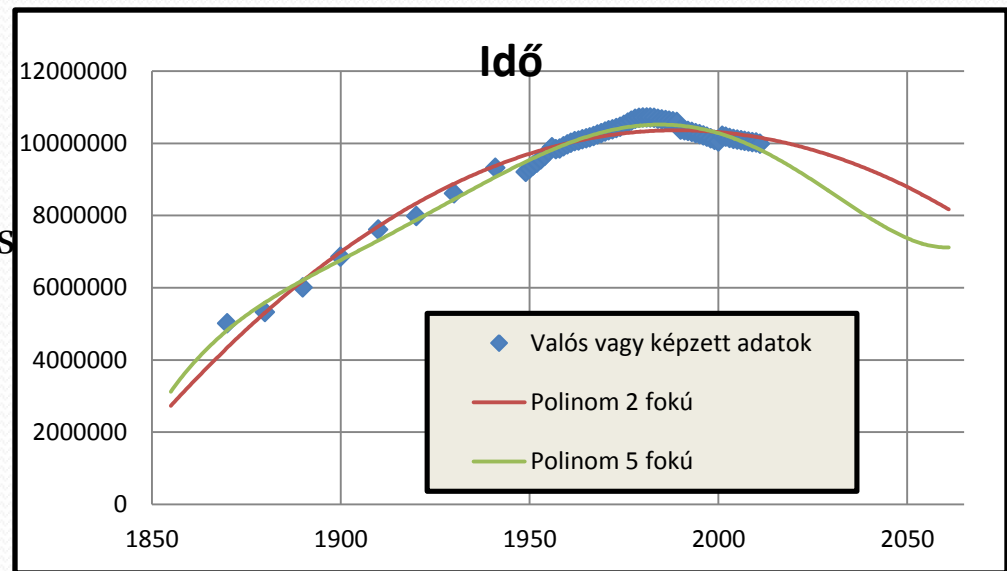
regresszió, polinom illesztés, mozgóátlag, ...

- Rendszerdinamika

- Evolúciós

- Populáció dinamika

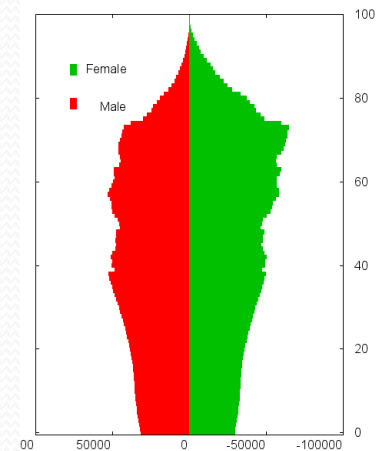
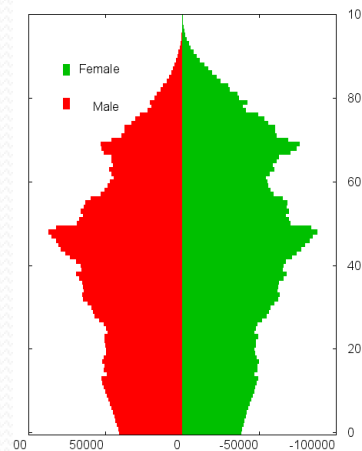
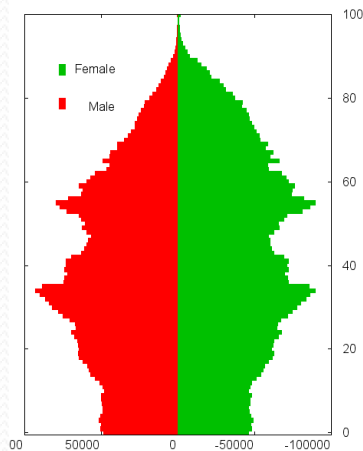
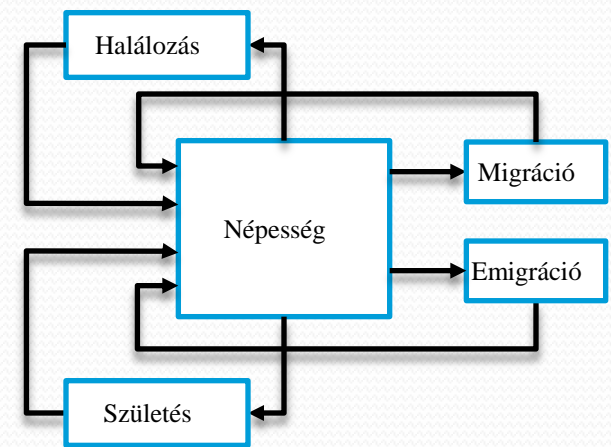
Teljes vagy arányos egyed tárolás



A magyar népesség előrejelzése függvény illesztéssel, 1800-as évek közepétől napjainkig felhasznált adatokkal

Rendszerdinamika

- A valós rendszer egy egyszerűsített modellje alapján történő szimulációja, amelyből csak a fontosabb elemek szerepelnek, de azokra is nagyfokú egyszerűsítést kell alkalmazni.
- A modellben a komponensek között, kapcsolatok/kölcsönhatások állnak fent.
- A rendszerben megtalálhatóak a visszacsatolások (pozitív és negatív), amelyek hatással vannak az eredeti értékekre/paraméterekre és ezeket folyamatosan módosítják is.



Rendszerdinamikai előrejelzés korfa alapján 2011, 2025, 2050

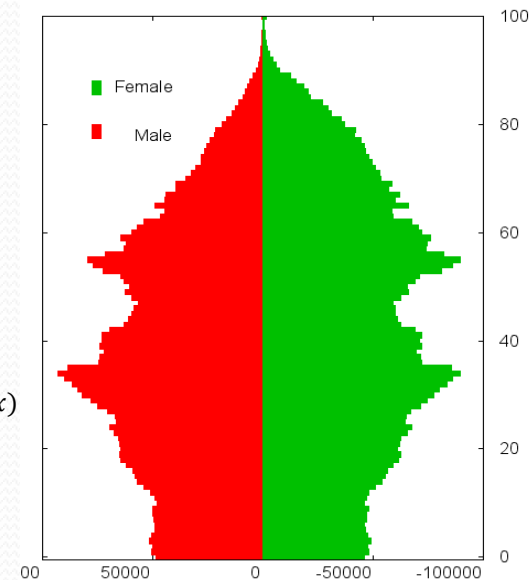
Korhossz alapú szimuláció

A népesség összetétele (külön férfiak és nők) bizonyos intervallumonkénti bontásban. (Általánosságban az egy és öt éves bontású intervallum használatos.)

- P – népesség
- BR – születési arány
- D – halálozás
- I/E - ki/be- vándorlás
- Sex – nem típusok (férfi, nő)

Matematikailag kifejtve:

$$P_{year+1} = \sum_{sex} \sum_{i=15}^{49} P(i, sex) + \sum_{sex} \sum_{i=15}^{49} P(i, sex) * BR(i) - \sum_{sex} \sum_{i=0}^{\infty} I(i, sex) + \sum_{sex} \sum_{i=0}^{\infty} D(i, sex) - \sum_{sex} \sum_{i=0}^{\infty} E(i, sex)$$

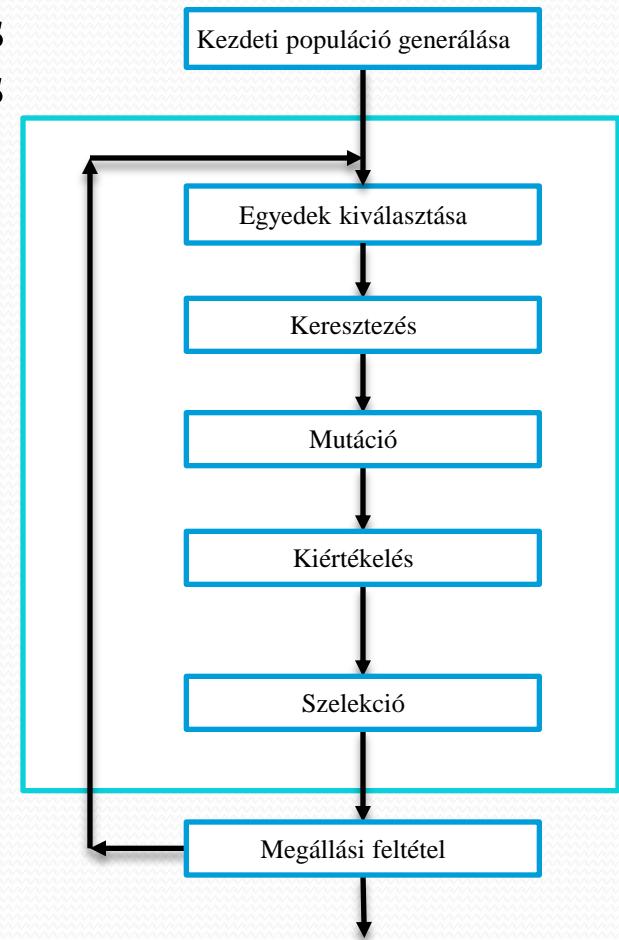


Általános evolúciós módszer

A természetben végbemenő evolúciós folyamatok átültetése az algoritmus elméletbe.

Folyamatban a következő lépések lehetnek:

- Kezdeti populáció generálás
- Az „örökítő anyagot” továbbadó egyedek kiválasztása
- Egyedek keresztezése
- Mutáció
- Kiértékelés
- Szelekció



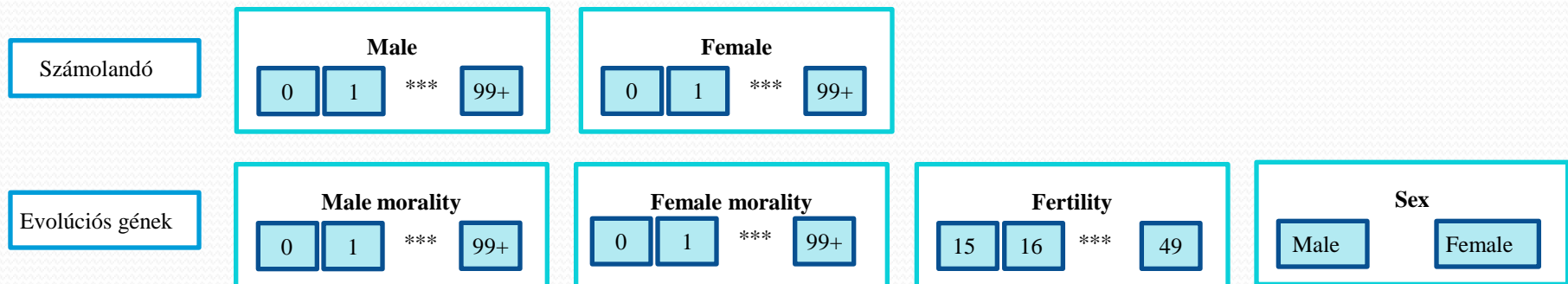
Ötlet

Egyszerre több rendszerdinamikai előrejelzés használata, amelyekben a különböző típusú paramétereknek az értékei különböznek egymástól. Erre a problémára ideális az evolúciós módszer alkalmazása. Minden egyed résztvevő egy különálló rendszerdinamikai rendszer. Az egyedek génállománya, pedig a rendszer paraméterei. Az evolúciós módszerben használatos mutáció felelős azért, hogy az egyedek különbözzenek egymástól. A keresztezés pedig két egymástól független rendszer felhasználva történik, ez a módszer garantálja, hogy az újonnan létrejövő egyed bizonyos mértékben hasonlítson a már meglévő rendszerekhez, de bizonyos mértékben ugyanakkor térjen is el. A szelekció különböző feltételek, vagy azok kombinációja alapján történhet. Ezek például a következők lehetnek:

- születések száma,
- egészségügyi állapot,
- szülőkorú nők alakulása,
- nyugdíjas/gyerekek aránya,
- munkaképes népesség,
- ...

Evolúciós módszer alkalmazása a problémára 1.

- Kezdeti inicializálódó értékek: (forrás: KSH)
 - Halandósági táblák (férfi/nő)
 - Szülési ráta
 - Születendő gyerekek nemének aránya (utóbbi évtizedek adataiból számított)
 - Népeség koralapú összetétele
- Egyedek leírása
 - Tárolt és számolandó adatok
 - A férfiak kor szerinti megoszlása éves bontásban (0..99)
 - A nők kor szerinti megoszlása éves bontásban (0..99)
 - Evolúciós gének
 - A férfiak halálozási aránya éves bontásban (0..99)
 - A nők halálozási aránya éves bontásban (0..99)
 - Születési arányszám (15-49)
 - Nemek aránya (fiú-lány)

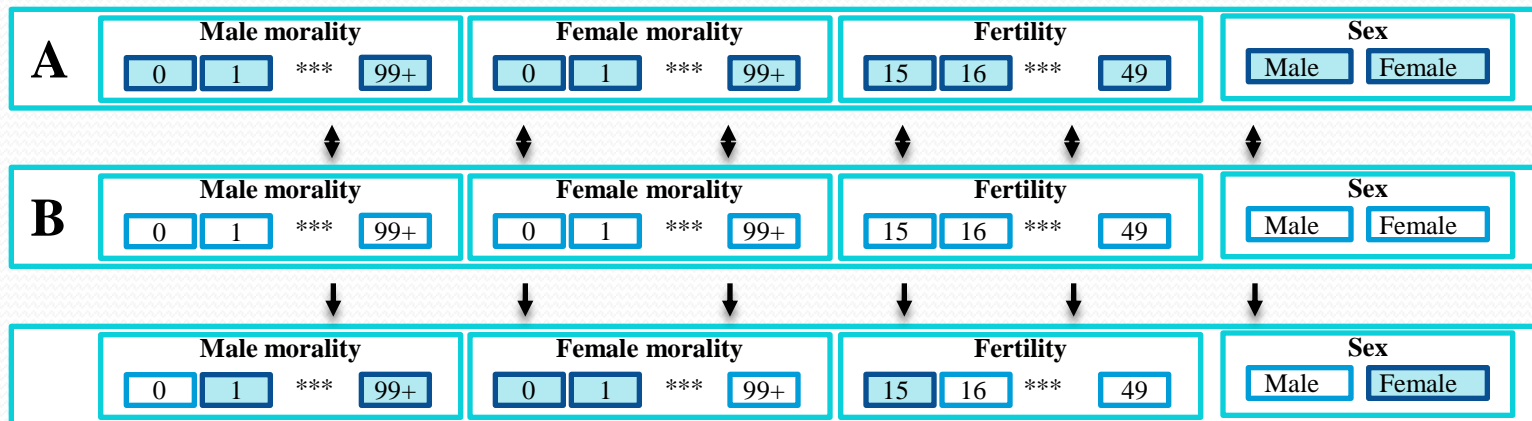


Evolúciós módszer alkalmazása a problémára 2.

- Az „örökítő anyagot” továbbadó egyed kiválasztása

A párok véletlenszerű vagy irányított párosítása, minden egyes egyedet, csak egyszer lehet felhasználni a keresztezésnél. Egy egyed esetlegesen többszöri kiválasztása, nagymértékben módosíthatná a keletkezendő egyedek egy konkrét kimeneti jellemzőbe való konvergálását.

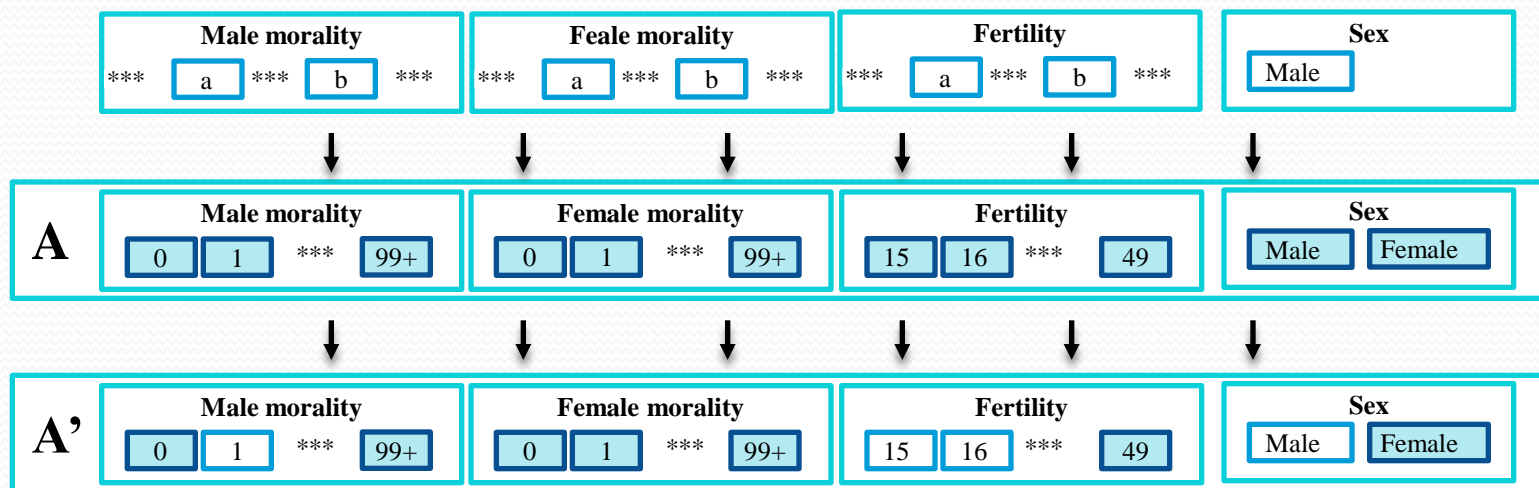
- Egyedek keresztezése
 - Egy pontos
 - Több pontos
 - Véletlenszerű csere génenként



Evolúciós módszer alkalmazása a problémára 3.

- Mutáció

- Az egyes gének értékének pozitív vagy negatív értékű módosítása. Ezzel a módszerrel csökkenthető a hirtelen/nagymértékű jövőbeli demográfia változás bekövetkezése.
- Az egyes gének egy véletlen számmal való felülírás. Fontos, hogy az adott génekre limitációs értékek szükségesek, mind maximális mind minimális értékekre, mert ha ezt nem tartja be a módszer, akkor hosszútávon nagy anomáliák következhetnek be a demográfiai folyamatokban.
- ...



Evolúciós módszer alkalmazása a problémára 4.

- **Kiértékelés (fitness function)**

- *Egyáltalán szükséges –e a kiértékelés? (Minden lehetségesen keletkezendő alternatíva megtartása.)*
- A populáció értékének használata, évről – évre nem lehet nagy változás.
- A populáció értékében az anomáliák megtartása, ezzel a módszerrel a káosz és katasztrófa elmélet szimulálható a demográfiai jellemzőkben.
- A termékenységi arányszám vizsgálata.
- A halálozás „negatív” értékben. („Egészségesség”)
- Az átlag életkor változása.
- ...

- **Szelekció**

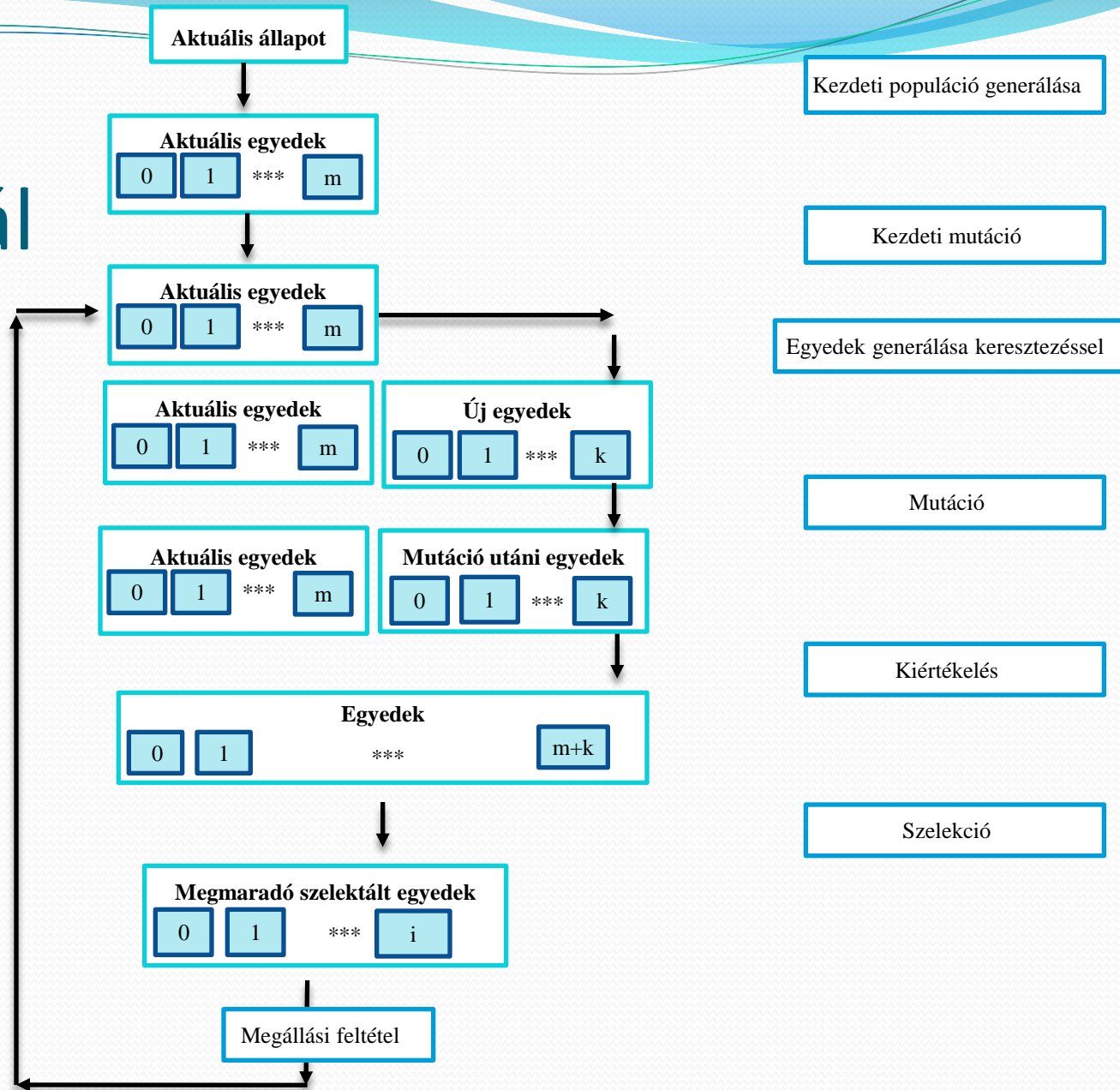
- Minden egyes egyed meg kell tartani. Lehet, hogy a kisselektált egyedek jövőbeli kalkulált értékei alkotnak egy lehetséges demográfiai jellemzőt. Ez esetenél nem fontos még a kiértékelő függvény sem.
- Véletlenszerű szelektálás. Csak a nagymennyiségű egyed csökkentésére alkalmas, amelynek következtében a számítási idő és memóriaigény csökkenthető.
- A populáció szélsőségeinek (anomáliáinak) szelektálása, a „pozitív” és a „negatív” tartományokban.
- A populáció szélsőségeinek (anomáliáinak) megtartása és a köztes értékek szelektálása, ezzel a szimulációban alkalmazható a káosz- és katasztrófa elmélet.

- ...

- **Megállási feltétel**

- Időegység
- Demográfiai anomália,
- ...

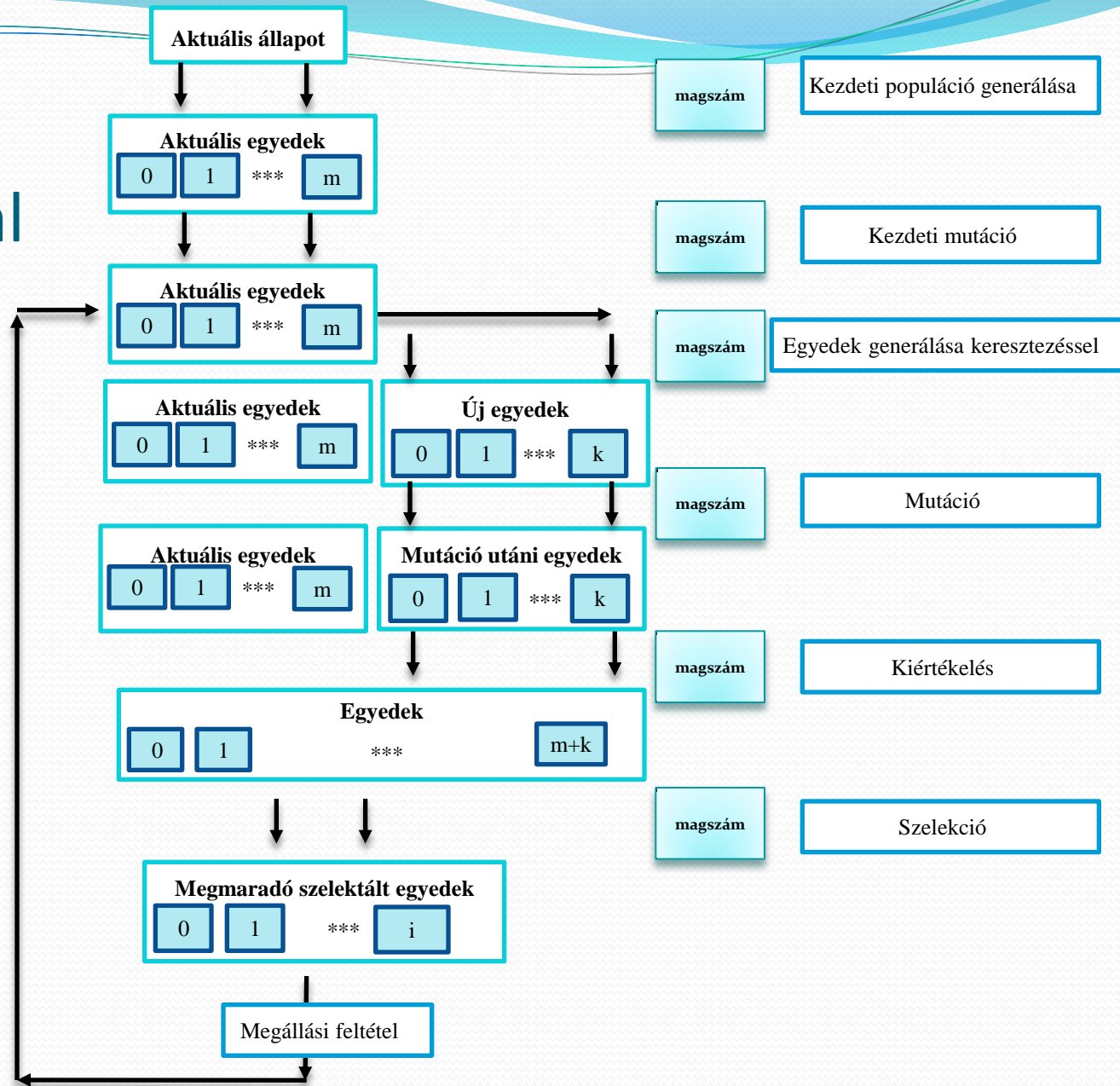
CPU egy szál



CPU több szál

- Szálkezelésre Qt Thread (Qt SDK) használata.
- Párhuzamos véletlen szám generálás.
- AMD processzor esetén amennyi magja van, annyi az optimális szál.
- Intel processzor esetén, ha a Hyper-Threading-et támogatja, akkor az optimális szálak esete egyenlő a magok számának duplájával.

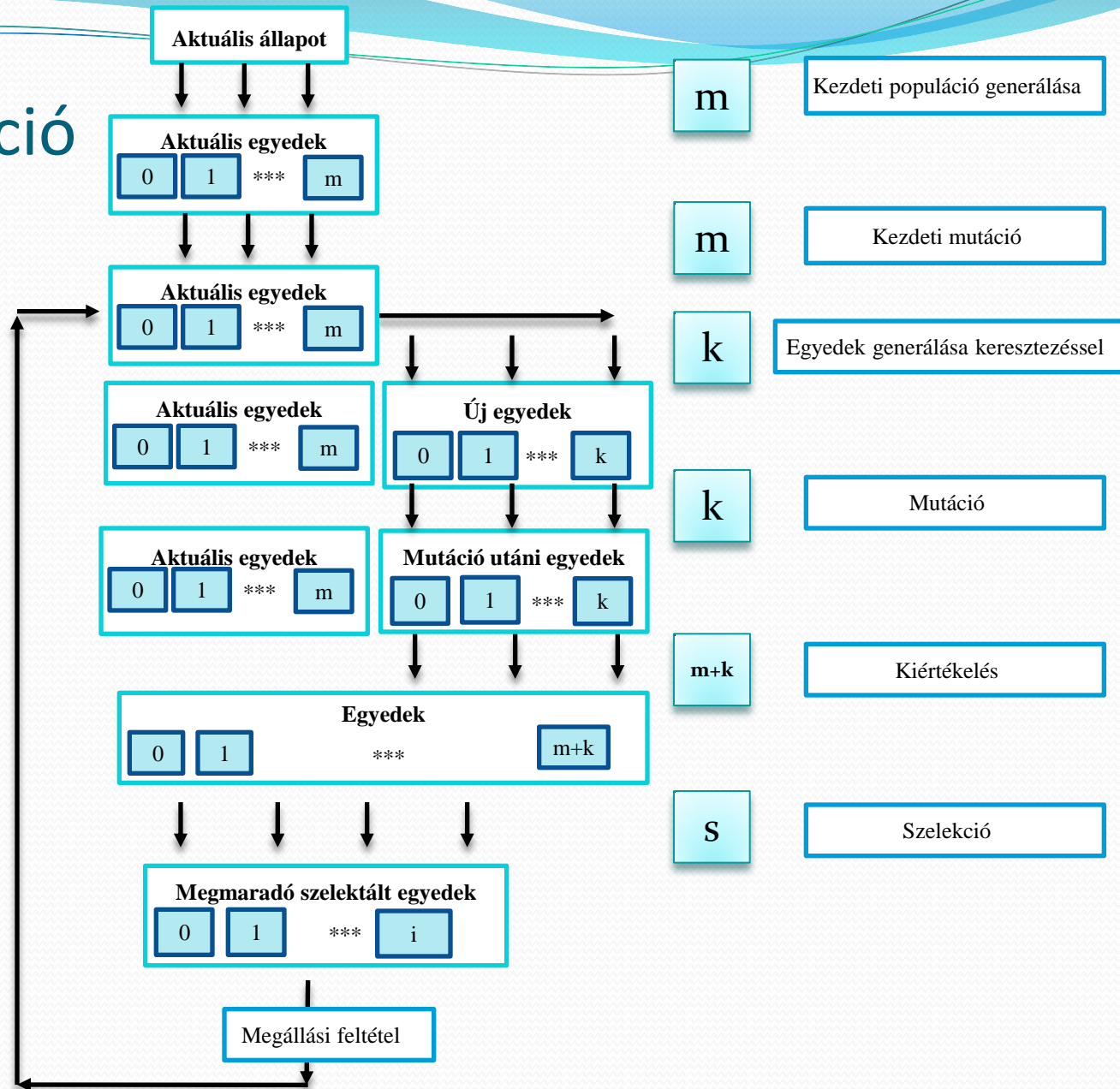
A CPU több szál



GPU - OpenCL

- OpenCL használata (Qt OpenCL wrapper)
- Párhuzamos véletlen szám generálás.
- Komplex struktúrák kezelése
- AMD Radeon-ra optimalizált kód szükséges

A GPU szimuláció felépítése



Tesztelt eszközök

CPU

- AMD X2 (2 mag)
- AMD X4 (4 mag)
- Intel i3 (2 mag)

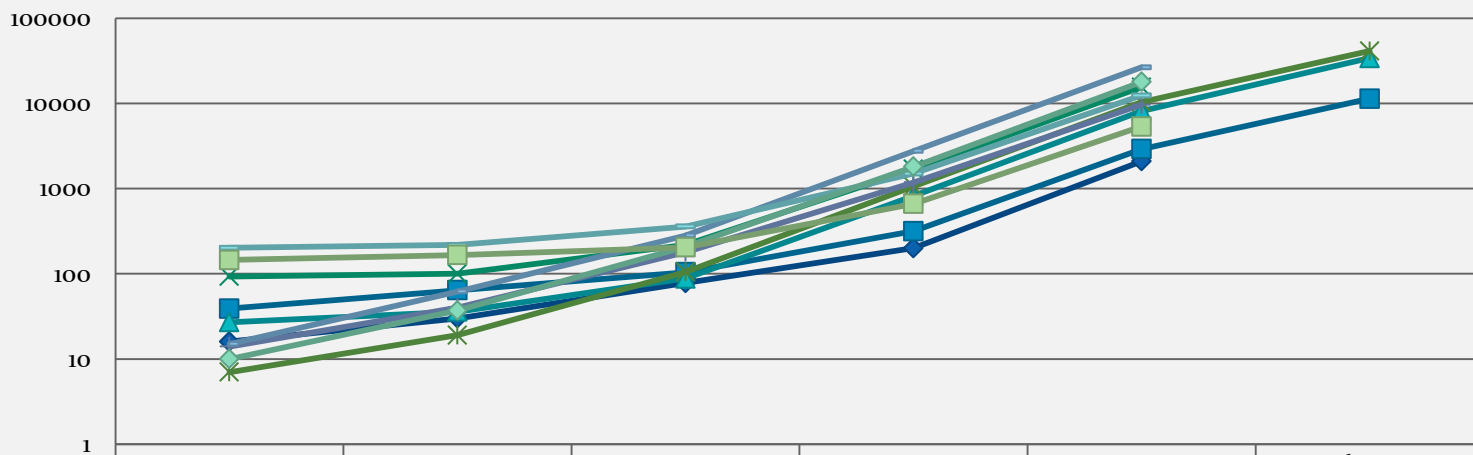
GPU

- NVIDIA 8600 GT (32 core)
- NVIDIA GT 525M (96 core)
- NVIDIA GTX 550Ti (192 core)
- NVIDIA GTX 560Ti (384 core)

Futási értékek

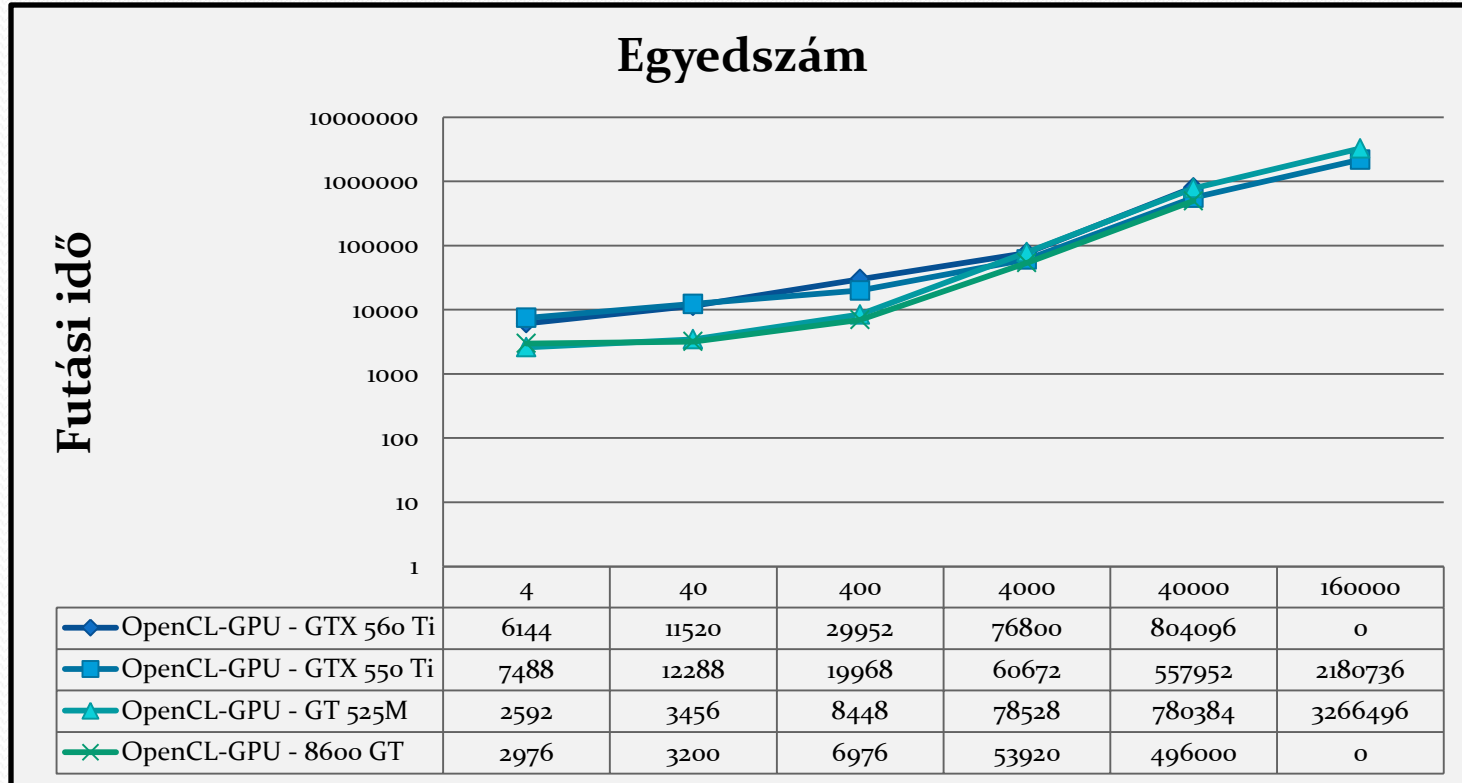
Futási idő

Egyedszám



| | 4 | 40 | 400 | 4000 | 40000 | 160000 |
|------------------------------------|-----|-----|-----|------|-------|--------|
| ◆ OpenCL-GPU - GTX 560 Ti | 16 | 30 | 78 | 200 | 2094 | 0 |
| ■ OpenCL-GPU - GTX 550 Ti | 39 | 64 | 104 | 316 | 2906 | 11358 |
| ▲ OpenCL-GPU - GT 525M | 27 | 36 | 88 | 818 | 8129 | 34026 |
| ✕ OpenCL-GPU - 8600 GT | 93 | 100 | 218 | 1685 | 15500 | 0 |
| ✱ CPU - i3 -Laptop 2.3GHz | 7 | 19 | 105 | 1061 | 10304 | 41159 |
| ⊕ OpenCL-CPU - AMD X2 2.5GHz | 14 | 40 | 179 | 1182 | 9650 | 0 |
| — CPU - AMD X2 2.5GHz | 15 | 62 | 281 | 2761 | 26500 | 0 |
| — CPU ₄ - AMD X2 2.5GHz | 202 | 218 | 358 | 1500 | 12400 | 0 |
| ◇ CPU - AMD X4 3.2GHz | 10 | 37 | 207 | 1807 | 17899 | 0 |
| ■ CPU ₄ - AMD X4 3.2GHz | 145 | 166 | 204 | 663 | 5337 | 0 |

Normalizált GPU értékek



Konklúzió

Kicsi

adatmennyiség esetén is OpenCL használata, de CPU-n való futtatással. (minimum SSE2 utasítás készlet szükséges)

Nagy

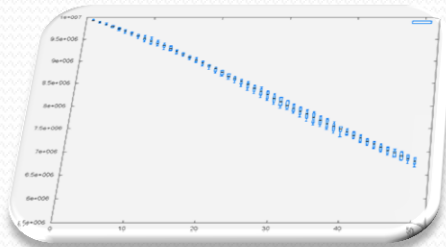
adatmennyiség esetén, ha az adatok beleférnek a videomemóriába GPU-n való futtatás



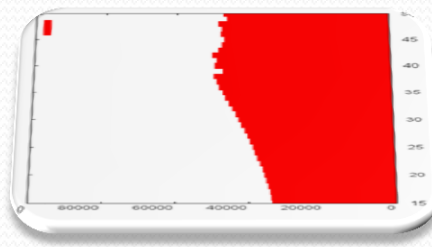
Óriási/extrém

adatmennyiség esetén OpenCL CPU használata vagy esetlegesen OpenCL GPU használta, de ez függ az adatok mozgatóásától a lokális és a videomemória között.

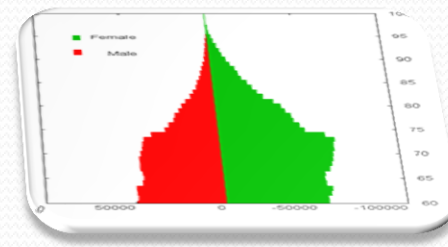
Néhány különböző típusú kimeneti diagram



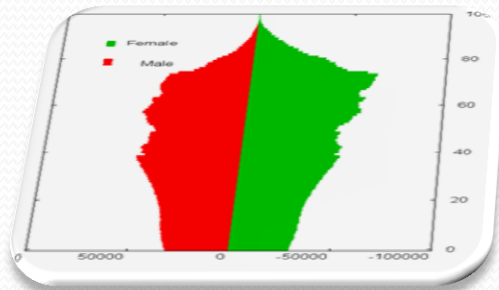
A népesség demográfiai értékei az elkövetkező 50 évben



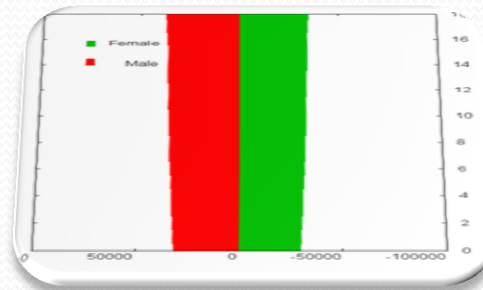
A szülőkorú nők 2050-ben



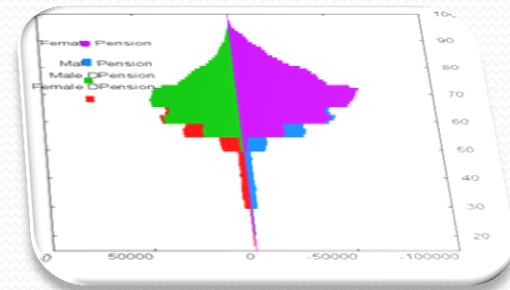
A 60 év fölötti férfiak és nők demográfiai összetétele 2050-ben



A férfiak és nők demográfiai összetétele 2050-ben

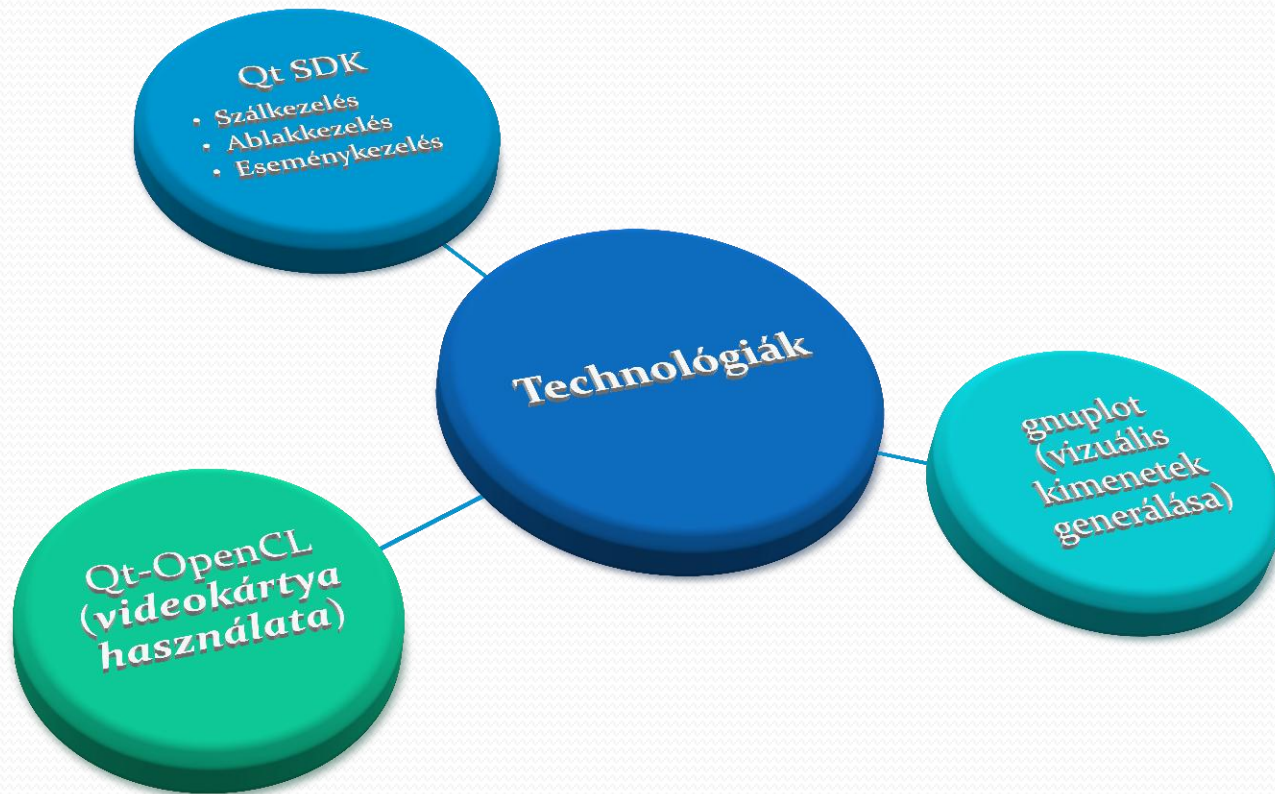


A gyerekek összetétele 2050-ben



A különböző típusú nyugdíjasok összetétele 2050-ben

Használt technológiák



Módszerek összehasonlítása

| Típus | Mintaillesztés | Rendszer dinamika Komponens | Evolúciós |
|--|--|--|--|
| Leírás | Egyszerű függvényillesztés (2. és 3. fokú polinom, ...) a múlt adatsoraiból. | Rendszer dinamika alkalmazása. | Populációs fontosabb egyedeinek tárolása. A szimulációban az egyes egyedekre rendszerdinamikai rendszert képeznek. |
| Kezdőérték | Hosszú időtávú régi adatok felhasználása. | A nem régi időtávból származó adatok használata. | A nem régi időtávból származó adatok használata. |
| Komplexitás | Egyszerű | Modelltér függő. | Egyedleírás függő. |
| Előrejelzési időtáv | Csak rövidtávú előrejelzésekre alkalmas. | Rövid és közepes távú előrejelzésekre alkalmas, a társadalomba bekövetkező változásokat nem tudja kezelni. | Rövid és hosszú távú események előrejelzésére alkalmas. |
| Előrejelzési pontosság | Rövidtávon pontos | Rövid és középtávon pontos. | Paraméter tér függő, hosszútávon is közelítőleges értékek keletkezhetnek. |
| Hiba | Tendenciákat változásokat nem képes követni. A különböző típusú és komplexitású jellemzők esetén az összefüggéseket nehéz meghatározni. | Hosszú távon a jelenben végbemenő eseményeket próbálja alkalmazni. | Paraméter térből adódó. Mutációs hiba. Nem megfelelő szelekció. |
| Szimuláció futási ideje | Minimális | Közepes | Paraméter tér függő |
| Információ technológiailag alkalmazható párhuzamosítás | Nem szükséges | MIMD (több magos CPU) | SIMD (GPU) |

Továbbfejlesztési lehetőségek

- Modell
 - Összetettebb/bővebb génállomány
 - Részletesebb idő intervallumok
 - Új típusú kiértékelések
 - Komplexebb rendszerdinamikai rendszer
 - A szakértői interaktivitás nagyobb mértékű alkalmazása a modellben
- Architektúra
 - Több VGA-val való szimuláció
 - Különböző gyártók termékeire való optimalizálás (pl. Radeon-ra optimalizált kód)

Magyar nyelven elérhető irodalmak

- Hideg Éva – Kovács Géza – Korompai Attila – Nováky Erzsébet (Nováky Erzsébet szerk.) (2006): Jövőkutatás, Aula Kiadó, Budapest
- Hideg Éva (1996): A hazai népesedési folyamatok előrejelzése. Jövőtanulmányok 3. BKE Jövőkutatás Tanszék, Budapest.
- Hablicsek László – Szabó Kálmán (1987): A népességelőreszámítások készítésének módszertani alapjai. Népességtudományi Kutató Intézet, Budapest.
- Dennis Meadows, Donatella Meadows, Jorgen Randers (2005): A növekedés határai (harminc év múltán) Kossúth Kiadó, Budapest
- Nováky Erzsébet – Cserhádi Ilona (1996): A magyar gazdaság és környezet kapcsolata rendszerdinamikai megközelítésben. Jövőtanulmányok 8. BKE Jövőkutatás Tanszék, Budapest.
- Alács Péter – Benedek Gábor – Hideg Éva – Martinás Katalin – Nováky Erzsébet – Papp Balázs – Pál Csaba. (Hideg Éva szerk.) (2001.): Evolúciós modellek a jövőkutatásban. Aula Kiadó, Budapest.
- Alács Péter (2001): Demográfiai előrejelzés evolúciós modellel. Jövőelméletek 5. BKÁE Jövőkutatási Kutatóközpont, Budapest.