

Véges automaták az osztályteremben – Számítástudomány a középfokú informatikaoktatásban

Pappné Palovics Éva

palovics.eva@avkf.hu

AVKF

Absztrakt. Az informatika, mint tudomány, az oktatásban háttérbe szorul. Megtanítjuk a számítógépet, mint eszközt használni a különböző feladatok megoldására, de az informatika tudományának alapvetéseivel a diákok legtöbbször csak a felsőoktatásban találkozhatnak. Az előadás azt tárgyalja, miért lenne érdemes a számítástudomány alapvető fogalmait, tételeit a középfokú oktatásban megismertetni a diákokkal. A véges automaták példájával megmutatja, hogyan lehet a középiskolás diákok számára is érthetően, szemléletesen bemutatni az informatika tudományának egyik alapfogalmát.

1. Az informatika tudománya az oktatásban

Az utóbbi években egyre nyilvánvalóbbá válik a reál és a műszaki tudományok szerepe a gazdasági életben és a munkaerőpiacon. Alakulóban van a felsőoktatás átszervezése, hogy a gazdasági, társadalmi igényekhez igazodjon a szakemberek képzése. A műszaki és informatikai képzésekben az állami ösztöndíjas helyek magas számával biztosítják az utánpótlást. De felkészíti-e a közoktatás ezekre a képzésekre a főiskolák, egyetemek jövőendő hallgatóit?

Ha az informatikai területre fókuszálunk, rögtön ellentmondásba ütközünk a közoktatási informatikaoktatás és a felsőoktatási elvárások tekintetében. Ugyan van egy egészen jól felépített alaptanterv, de a kerettantervekben meghatározott óraszám nem elég a tanterv megvalósításához. A probléma érzékeltetésére egy példa: az általános iskola első négy osztályában az informatika választható tantárgy a „dráma és tánc” és a „tánc és mozgás” tantárgyak mellett. Az informatika óraszám a további évfolyamokban nagyon alacsony, miközben azt várjuk, hogy a diákok jó része az informatikai pályát válassza.

Mi lehet az oka annak, hogy ugyan tisztában vagyunk azzal, hogy az informatikának hatalmas szerepe van mind a gazdasági, mind a társadalmi életben, a közoktatásban a tantárgy súlytalanná válik?

Én az egyik okot abban látom, hogy az informatika tudományáról eltorzult kép él az emberekben.

Mire gondolnak a laikusok, amikor informatikáról, informatikusokról esik szó? A tudós, gondolkodó ember képe jelenik meg előttünk? Nem. Inkább a számítógép előtt görnyedő „kocka” ugrik be. Ugyanígy az informatika tantárgy is áldozatul esik ennek a képnek: Minek annyi informatika óra, amikor a gyerek ezt magától is meg tudja tanulni, hiszen ő már ebbe született bele, és úgyis egész nap a gép előtt ül?

A Nemzeti Alaptantervben a következőt olvashatjuk az informatika műveltségterületet tárgyaló részben, amikor az oktatás célját fogalmazzák meg:

„Az informatikaoktatás célja a praktikus alkalmazói tudás, a készség- és képességfejlesztés mellett a logikus, algoritmikus gondolkodás és a problémamegoldás tanítása. A műveltségi terü-

let fontos feladata, hogy felkészítse a tanulókat az informatikai eszközök, információforrások önálló és csoportos használatára.” [1/10813. o.]

Amikor az ember és természet műveltségterület célját fogalmazzák meg, a következőt olvashatjuk:

„...a tanulóknak meg kell ismernie a világot leíró alapvető természettudományos modelleket és elméleteket, azok történeti fejlődését, érvényességi határait, a hozzájuk vezető megismerési módszereket. Mivel a paradigmák, kutatási programok ma is változnak, a természettudományok tanítása során azt is be kell mutatnunk, hogy azok századok kollektív munkájával születtek meg, folyamatosan alakulnak, és sok esetben nem kizárják, hanem kiegészítik egymást. Ugyanakkor láttatni kell azt is, hogy a természettudományok megfigyelések, kísérletek sorozatain keresztül kristályosodott, bizonyított alapvető igazságokra (elméletekre, törvényekre, szabályokra) épülnek.” [1/10725. o.]

A matematika műveltségterület céljaiban a következőt fogalmazzák meg:

„Az iskolai matematikatanítás célja, hogy hiteles képet nyújtson a matematikáról mint tudásrendszeréről és mint sajátos emberi megismerési, gondolkodási, szellemi tevékenységről. A matematika tanulása érzelmi és motivációs vonatkozásokban is formálja, gazdagítja a személyiséget, fejleszti az önálló, rendszerezett gondolkodást, és alkalmazásra képes tudást hoz létre. A matematikai gondolkodás fejlesztése emeli a gondolkodás általános kultúráját.

A matematikatanítás feladata a tudományterület különböző arculatainak bemutatása.” [1/10688. o.]

Az utóbbi két műveltségterület oktatásában a gyakorlati ismeretek elsajátítása mellett rendkívül fontos szerepet tölt be az adott tudomány alapvetéseinek, módszereinek, részterületeinek megismerése. Informatika esetében nem beszél tudományról a tanterv. Az informatika oktatásának célja az eszközhasználat és a problémamegoldás elsajátítása.

A közoktatásban a tantárgy céljai között nem szerepel az informatika, mint tudomány megismertetése a diákokkal, mégis évente több ezer hallgatót várnak az informatika tudományával foglalkozó szakok az egyetemeken, főiskolákon.

Ez a probléma természetesen az iskolai oktatásnál mélyebb gyökerekre vezethető vissza. Az informatika tudománya fiatal tudomány. Az első számítógépeket a természettudományok számításainak elvégzésére hozták létre, azaz az informatika egy eszköz volt a többi tudomány kezében. Csak néhány évtizede létezik az informatika, mint önálló tudomány, és időről időre felmerült a tudományfilozófia kérdéseivel foglalkozók körében a kérdés: egyáltalán tudomány-e az informatika. Ma már egyértelmű a válasz, igen. De az informatikai tudományterületek felosztása, az informatikai tudás „váza”, azaz hogy mik a legfontosabb alapelvek, mi az a keret, melyre felépíthető az informatikai tudás, még mindig egy olyan kérdés, melyekről cikkek születnek.

Az évezredek óta létező tudományokban, mint a fizika, a matematika, a kémia, ezek a kérdések letisztultak, így könnyebb az oktatás során a tudomány alapvetéseivel megismertetni a diákokat. Az informatika nagyon rövid idő alatt fejlődött, és a fejlődése nagyon gyors. Az oktatásnak nincs ideje megvárni, míg a kérdések letisztulnak. Itt az ideje, hogy megtaláljuk a helyét az oktatásban az informatikának, mint tudománynak.

Az előadásomban a véges automaták példájával szeretném bemutatni, hogy a közoktatás kezei között is helyet kaphatnak az alapvető informatikai, számítástudományi kérdések. Ezek tanításával pedig azon kívül, hogy megismertetjük a diákokat az informatika tudományának alapvetéseivel, elősegíthetjük az informatikáról alkotott általános kép megváltozását.

Véges automaták fogalma

Az informatika tudományának az egyik alapvető kérdése, hogy léteznek-e olyan problémák, melyek nem megoldhatók automatikusan, algoritmus segítségével. Ebből következik a kérdés: ha igen, akkor melyek azok a problémák, amik megoldhatók, és melyek azok, amik nem megoldhatók algoritmikusan? Ehhez tudnunk kell, mi is az algoritmus. Az algoritmus precíz definíciója szorosan összefügg a Turing-gép fogalmával, ami egy speciális automata. Tehát az automaták fogalma nagyon fontos ahhoz, hogy foglalkozhassunk az informatika alapvetéseivel.

A véges automata tudományos definíciója

Nézzük meg a véges automaták definícióját:

„A véges automata egy nagyon egyszerű és általános számítási modell. Mindössze annyit teszünk fel, hogy ha kap egy bemeneti jelet, akkor megváltoztatja a belső állapotát és kiad egy eredmény jelet. Precízebben fogalmazva, egy véges automata rendelkezik:

- *egy bemeneti ábécével, amely egy Σ véges halmaz,*
- *egy kimeneti ábécével, amely egy másik Σ' véges halmaz, és*
- *a belső állapotok ugyancsak véges Γ halmazával.*

Hogy teljesen leírjunk egy véges automatát, meg kell határoznunk minden $s \in \Gamma$ állapot és $a \in \Sigma$ bemeneti betű esetén a $\beta(s, a) \in \Sigma'$ kimenetet és az $\alpha(s, a) \in \Gamma$ új állapotot. Hogy az automata működése jól meghatározott legyen, az egyik állapotot kinevezzük START kezdőállapotnak.

A számítás kezdetén az automata az $s_0 = \text{START}$ állapotban van. A számítás bemenete egy $a_1 a_2 \dots a_n \in \Sigma^$ szóval van megadva. A bemenet első a_1 betűje az automatát az $s_1 = \alpha(s_0, a_1)$ állapotba viszi, a következő a_2 betű az $s_2 = \alpha(s_1, a_2)$ állapotba, stb. A számítás eredménye a $b_1 b_2 \dots b_n$ szó, ahol $b_k = \beta(s_{k-1}, a_k)$ a k . lépés kimenete.*

Így a véges automata leírható a $\langle \Sigma, \Sigma', \Gamma, \alpha, \beta, s_0 \rangle$ hatossal, ahol Σ, Σ', Γ véges halmazok, $\alpha : \Gamma \times \Sigma \rightarrow \Gamma$ és $\beta : \Gamma \times \Sigma \rightarrow \Sigma'$ tetszőleges leképezések, és $s_0 \in \Gamma$.

*Sok különböző változata van ennek a fogalomnak, melyek lényegében ekvivalensek. Gyakran nincs kimenet, és így kimeneti ábécé sem. Ebben az esetben az eredményt abból határozzuk meg, hogy az automata melyik állapotban van, amikor vége a számításnak. Tehát particionáljuk az automata állapotainak halmazát két részre, ELFOGADÓ és ELUTASÍTÓ állapotokra. Az automata elfogad egy szót, ha a számítás végén ELFOGADÓ állapotban van. Abban az esetben, ha van kimenet, akkor gyakran kényelmes feltételezni, hogy Σ' tartalmazza a * üres szimbólumot. Más szóval megengedjük az automatának, hogy bizonyos lépések során ne adjon kimenetet.”* [3/10. o.]

Véges automaták egyszerű definíciója

Természetesen ezt a definíciót nem kell ismernie egy általános, vagy egy középiskolás tanulóknak. De ha újraolvassuk, akkor kaphatunk egy olyan definíciót, amit egy iskolás is megért:

„A véges automata egy nagyon egyszerű és általános számítási modell. Mindössze annyit teszünk fel, hogy ha kap egy bemeneti jelet, akkor megváltoztatja a belső állapotát és kiad egy eredmény jelet. ... Gyakran nincs kimenet, és így kimeneti ábécé sem. Ebben az esetben az eredményt abból határozzuk meg, hogy az automata melyik állapotban van, amikor vége a számításnak. Tehát particionáljuk az automata állapotainak halmazát két részre, ELFOGADÓ és ELUTASÍTÓ állapotokra. Az automata elfogad egy szót, ha a számítás végén ELFOGADÓ állapotban van.” [3/10. o.]

Véges automaták bemutatása

Nézzünk néhány eszközt, amivel bemutatathatjuk a véges automaták működését az osztályteremben.

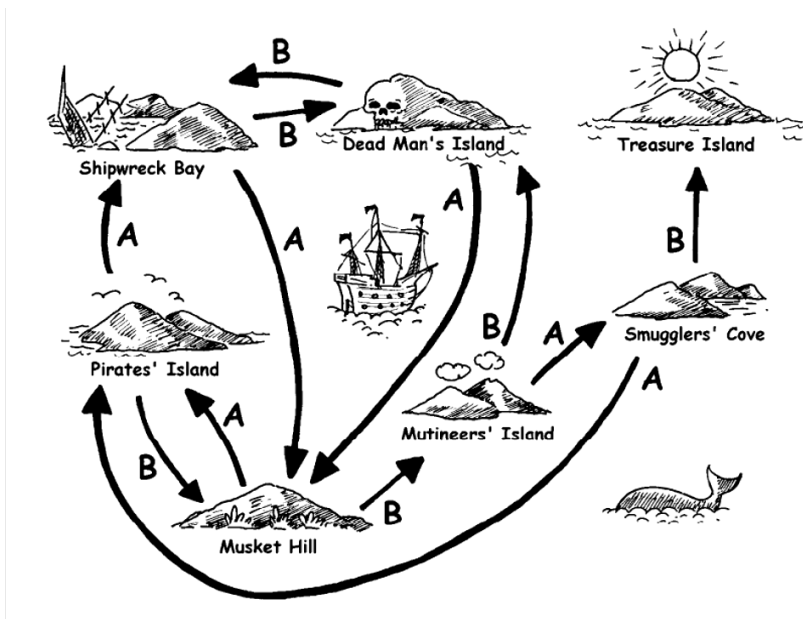
A véges automata témájának feldolgozását mindenképpen valamilyen analógiával kezdjük. A következő két játék nagyszerű eszköz arra, hogy megmutassuk, hogyan is működnek az automaták, majd definiálhatjuk a fogalmat. A fogalom megismerése után pedig olyan eszközöket mutatok, melyekkel a megismert fogalmat felhasználhatjuk.

Kincsvadászat (forrás: <http://csunplugged.org/finite-state-automata>)

Az első analógia legyen a kincsvadászat játéka! Nézzük a játék leírását:

A cél, hogy megtaláld a Kincses Szigetet. A világnak ezen a részén barátságos kalózhajók közlekednek meghatározott útvonalakon a szigetek között. Minden szigetről két hajó indul, A és B. Ezek közül választhatsz. A feladat: határozd meg az utat a Kincses Szigetre.

Amikor megérkezel egy szigetre, kérheted valamelyik hajót (csak az egyiket). A szigeten lévő személy megmondja neked, hogy hova visz a hajó, de a többi szigetről nincs információja. Aktualizáld a térképedet, hogy tudd, hova kell menned és melyik hajón utaztál már.



1. ábra: A kincsvadászat mint a véges automata analógiája

Nézzük, hogy alkalmazhatjuk a kincsvadászatot, mint a véges automaták analógiáját!

Az állapotok a szigetek lesznek, a bemenet pedig az út ('A' vagy 'B' jelekből áll, pl ABABAB). Az elfogadó állapot a Kincses Sziget. A kincsvadászat modelljéből következik:

- ha nem 'A' vagy 'B' utat választok, azzal nem tud mit kezdeni az automata, tehát van egy jelkészlete, amit elfogad bemenetnek
- az elfogadott jelsorozat (pl. ABABAB) végére eljutunk az „elfogadó” állapotba, a Kincses Szigetre
- több úton is eljuthatunk a Kincses Szigetre, azaz több jelsorozatot is elfogad az automata

Ezzel a játékkal megismerhetjük a kimenet nélküli véges automaták működését.

Zöldséges (forrás: <http://www.mathmaniacs.org/lessons/fsm/index.html>)

A következő játék szintén a véges automata analógiájára épül.

A játék lényege, hogy van egy zöldséges, aki nem azt adja, amit kérnek tőle, ezt viszont szigorú szabályok szerint teszi. A feladat: el kell érni, hogy kapjon három almát a vevő. A játékot két körben játsszuk, mindkét körben különböző szabályok szerint működik az eladó.

Az eladó szabályai az első körben:

Van rajtad sapka:

ha kérnek egy almát, adj egy banánt és vedd le a sapkád!

ha kérnek egy banánt, adj egy almát!

Nincs rajtad sapka:

ha kérnek egy almát, adj egy almát és tedd fel a sapkád!

ha kérnek egy banánt, adj egy banánt!

Az eladó szabályai a második körben:

Van rajtad sapka:

ha kérnek egy almát, adj egy banánt és vedd le a sapkád!

ha kérnek egy banánt, adj neki egy banánt!

Nincs rajtad sapka:

ha kérnek egy almát, adj egy almát és tedd fel a sapkád!

ha kérnek egy banánt, adj egy banánt!

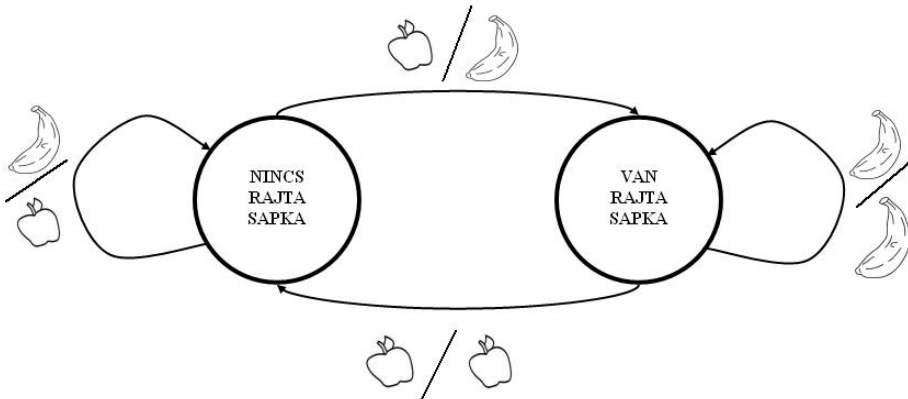
A játékban az eladó egy automatát imitál. Vannak állapotai, bemenete és kimenete. A cél, hogy a diákok megértsék az automata működését és azt, hogy hogyan lehet leírni a működését.

Az első kör után kérdezzük meg a diákokat a következőkről:

- Hogyan sikerült megkapni a három almát?
- Hogyan tudnak mást kérni?
- Meg tudják-e jósolni az eladó viselkedését?

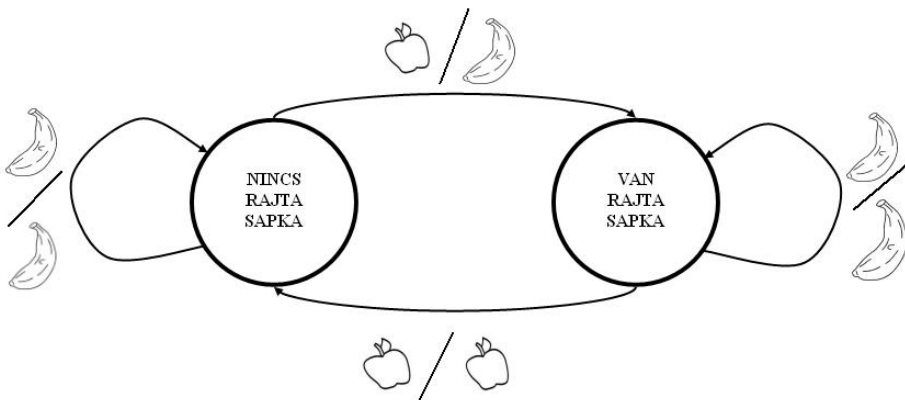
A második kört addig játsszuk, amíg rá nem jönnek a diákok, hogy nem tudnak három almát kérni.

Beszéljük meg az első viselkedését az eladónak, és írjuk le ezt egy állapotdiagram segítségével! Az állapot, hogy van-e rajta sapka, vagy nincs rajta sapka, jele egy kör. A bemenet, hogy milyen gyümölcsöt kér a vevő, a kimenet, hogy milyen ad. Ezek jele: bemenet/kimenet. Az állapotváltást nyíllal jelezzük, ahogy ezt a következő ábrán is láthatjuk.



2. ábra: A zöldeséges játék első körének állapotdiagramja

Beszéljük meg a második viselkedését az eladónak, és rajzolják le a gyerekek az állapotdiagramot.



3. ábra: A zöldeséges játék harmadik körének állapotdiagramja

A továbbiakban bővíthetjük a játékot olyan szabályokkal, ahol több állapotot lehet megjeleníteni, például a kalap mellé felvehet az eladó egy szemüveget. A diákok rajzolják meg önállóan az állapotdiagramot! Adjunk olyan feladatot, ahol vannak ekvivalens állapotok is. A következő lépés, hogy az előbbieik alapján saját automatát is készíthetnek a gyerekek. Pl. kiskutya, kisbaba, macska, stb. A tevékenység végén definiáljuk a véges automata fogalmát!

Ez a tevékenység alkalmas arra, hogy bemutassa a véges automaták működését, bemutassuk a diákoknak, hogyan tudjuk meghatározni az automatákat (állapothalmaz, bemenet, kimenet, állapotváltozások), hogyan rajzolhatunk állapotdiagramot.

Véges automaták a gyakorlatban

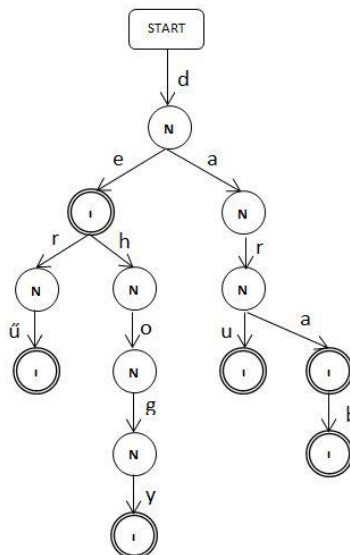
Fontosnak tartom, hogy amikor a diákok megismernek egy absztrakt fogalmat, azt is megmutassuk, hogy milyen területen alkalmazható ez a gyakorlatban.

A véges automata számítási modelljét széles körben alkalmazzák olyan eszközök, melyekkel nap mint nap találkozunk. Ilyen például a mobiltelefon, mely használatkor a hívásindításhoz csak be kell mondani annak a nevének, akit hívni szeretnénk. A táblagép, melyen jegyzeteket készíthetünk, és az a kézírásunkat gépelt szöveggé alakítja. Az alkalmazás, melynek segítségével diktálhatunk a számítógépnek, mely a beszédünkből gépelt szöveget hoz létre. A helyesírás-ellenőrző szoftver. Az autópálya-díj befizetését ellenőrző alkalmazás, vagy a parkolóházak sorompói, melyek egy kamera képéből szűrnek ki a rendszámunkat, és döntenek el, befizettük-e a díjat, jogosultak vagyunk-e az autópálya használatára vagy kihajthatunk-e a parkolóházból. Sorolhatnánk tovább a különböző beszédtechnológiát és optikai karakterfelismerési technológiát alkalmazó eszközöket.

Nyelvfelismerő véges automata

Az előbb felsorolt beszéd- és karakterfelismerési technológiákban a véges automata feladata, hogy eldöntse, a különböző algoritmusokkal megfejttett szó szerepel-e a nyelvünk szótárában.

Ahhoz, hogy ezt bemutassuk a diákoknak, vizsgáljuk meg velük a következő automatát:



4. ábra: Példa az egyes szavakat felismerő véges automatára

Ennek az automatának a bemenetei karakterek, és elfogadó és elutasító állapotai vannak, melyeket I vagy N jelez. Melyek azok a szavak, azaz karaktorsorozatok, melyeket elfogad az automata?

- de
- derű
- dehogy
- daru
- dara
- darab

Ha egy helyesírás-ellenőrző működését tekintjük, akkor abban az esetben írtuk helyesen a szót, ha azt az automata elfogadja. Természetesen a magyar nyelv esetén jóval bővebb automatában kell gondolkodnunk, de a példából érthetővé válik a működése.

A szófelismerő automaták működésére a következő típusú példákat adhatjuk:

- Mely szavakat fogadja el az automata?
- Jelöld be az automata állapotdiagramján, melyek az elfogadó állapotok? (Ezt az idegennyelv-gyakorlással is összeköthetjük, ha a tanult idegen nyelv szavait kell felismernie az automatának.)
- Készítsd el annak a véges automatának az állapotdiagramját, mely elfogadja a következő szavakat: ...!

Véges automata alkalmazása játékos formában

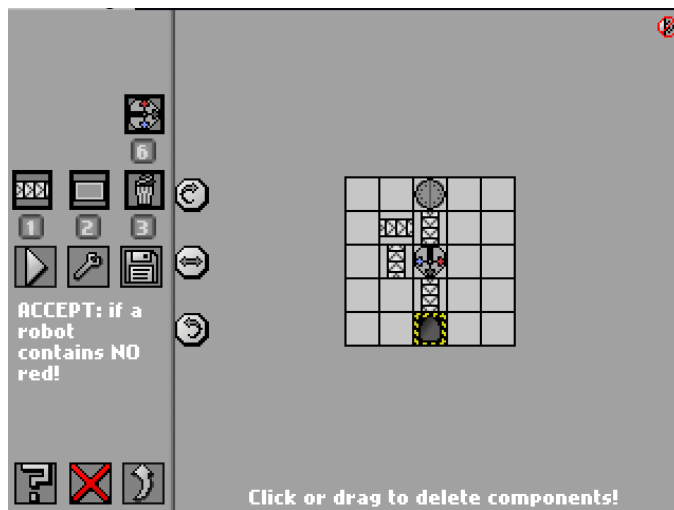
Amikor a diákok megértették, mi is a véges automata fogalma, akkor rátérhetünk az automaták készítésére. Több olyan játékos programot fejlesztettek, mellyel a véges automaták készítését lehet gyakorolni.

Miben segítik a diákokat ezek a játékos alkalmazások?

- Segítik jobban megérteni a véges automata működését.
- Fejlesztik a logikai gondolkodás képességét.
- Fejlesztik az algoritmikus gondolkodás képességét.

Manufactoria (<http://javisgames.com/games/manufactoria/>)

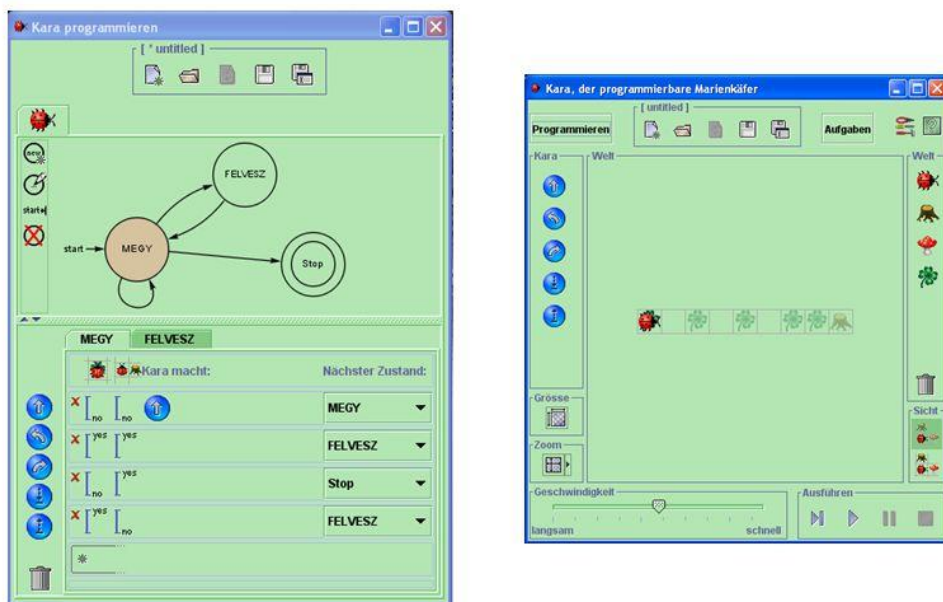
A Manufactoria játékban olyan gépeket kell építenünk, melyek leellenőrzik a gyár által készített robotok programjait (ezek kék és piros pontokból állnak). A gépek csak bizonyos mintákat fogadhatnak el, azaz gyakorlatilag véges automaták létrehozása a cél.



5. ábra: Képernyőkép a Manufactoria játékról

Kara, a katica (Forrás: <http://www.swisseduc.ch/compscience/karatojava/kara/>)

Kara, a katica egy vizuális programozási környezet. Több típusa is van, az egyik változatában véges automata létrehozásával lehet programozni a katicabogarat.



6. ábra: Képernyőképek a Kara programozási környezetről

Kara, a katica segítségével könnyen illusztrálható a véges automaták működése. Általában egy automatánál a lehetséges viselkedések száma túl nagy, ahhoz hogy mindet meghatározzuk egy feladat során. Kara segítségével megmutathatjuk a diákoknak, hogy mennyire fontos, hogy minden egyes állapotra és bemenetre meghatározzuk a megfelelő viselkedést. Megmutathatjuk, hogy a programozás és az automaták hogyan kapcsolódnak egymáshoz.

Játékfejlesztés és a véges automaták

A véges automaták a videojátékokban is fontos szerepet töltenek be. Mivel a diákok a számítógéppel elsősorban a játékok keretében találkoznak, nagyon sokszor ez is lesz a motivációjuk az informatika mélyebb megismeréséhez. Játékot szeretnének készíteni. Egy olyan alkalmazás nagyon jó út lehet a véges automatákkal történő ismerkedéshez, melynek segítségével maguk alkothatnak játékokat olyan karakterek létrehozásával, melyek véges automatákat reprezentálnak.

Ehhez kapcsolódhat, ha játékokban keressük meg a véges automatákat, és próbáljuk detektálni viselkedésüket, megrajzolni az állapot diagramjukat.

Összefoglalás

Amikor az ember a véges automaták fogalmával először találkozik, sokszor a precíz matematikai meghatározást kapjuk. Olyan tevékenységeket, eszközöket, játékokat szedtem össze, melynek segítségével ezt az alapvető számítástudományi fogalmat közelebb hozhatjuk a diákokhoz. Segítséget jelentenek a számítástudomány alapvetéseinek megfogalmazásához, megértéséhez, felkelthetik az érdeklődést az informatika, mint tudomány iránt. A pusztá definíciókat emészthető formában közvetíthetjük kicsiktől akár az egyetemistáig.

Irodalom

1. *Nemzeti alaptanterv* (2012)
www.ofi.hu/nat/mk-nat-2012
2. Denning, P.: *Ubiquity symposium: The science in computer science, opening statement*. Ubiquity, Vol. 2012 Issue December No. 1. ACM, New York (2012)
3. Lovász, L.: *Algoritmusok bonyolultsága*. Eötvös Loránd Tudományegyetem Matematikai Intézet. Egyetemi jegyzet. (1992)
4. *Computer Science Unplugged: Finite State Automata – Treasure Hunt*.
<http://csunplugged.org/finite-state-automata>
5. *MathManiaCS: Finite State Machines*.
<http://www.mathmaniacs.org/lessons/fsm/index.html>
6. Hartmann, W.; Nievergelt, J.; Reichert, R.: *Kara, finite state machines, and the case for programming as part of general education*. In: Human-Centric Computing Languages and Environments, 2001. IEEE Symposia on. IEEE. (2001) 135-141