

Forgalommodellezés rugókkal és testekkel

A számítástechnika ugrásszerű fejlődése egy teljesen új lehetőséget nyitott a tudományos vizsgálatokban. A gyors számítógépek lehetővé tették, hogy a megfigyelés, a kísérletek és az analitikus számítások mellett a számítógépes szimuláció is fontos eszköze legyen a vizsgálatoknak. A számítógépes szimuláció során gyakorlatilag egy modell-rendszert tekintünk és ennek viselkedését szabályokkal, algoritmusokkal adjuk meg, melyeket a számítógép végrehajt. A számítógép-szimulációs megközelítést leggyakrabban a komplex rendszerek vizsgálatában alkalmazzák.

A minket körülvevő világban rengeteg példát találunk komplex rendszerre. Ezeknek a legfontosabb tulajdonságát Arisztotelész gondolatával fogalmazhatjuk meg, miszerint az egész több, mint a részeknek az összege. Komplex rendszerek esetén megjelenik a részeknek az együttműködése, versengése, önszerveződése, ami ezt a nem mindennapi tulajdonságot eredményezi.

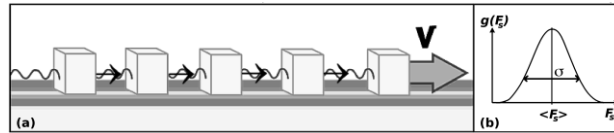
A közvetlen környezetünkben jó példa erre az autóforgalom. A forgalomban nagyszámú autó vesz részt, ezek mindenike (a legtöbb esetben) jól definiálható szabályok alapján közlekedik. Az egyedi viselkedések összessége eredményezi a forgalomban tapasztalható komplex jelenségeket, mint például az ún. „fantom dugók” kialakulását. A fantom dugók autópályákon alakulnak ki, és érdekességük, hogy teljesen spontán módon jelentkeznek anélkül, hogy az úton valami akadály zavarná a forgalmat. Ez például egy önszerveződő jelenség, hiszen a rendszer alkotóelemeinek, az autóknak és vezetőiknek a viselkedése nem tartalmaz erre vonatkozó szabályokat, sőt azok inkább elkerülnék a dugókat. Mégis, terhelt autópályákon elég gyakran mondható ez a kollektív jelenség [1].

Japán kutatók mesterségesen is reprodukálták a fantom dugók kialakulását [2] néhány autó segítségével, amelyek sofőrjének az volt a feladata, hogy egymást kövessék egy kör alakú pályán. Bizonyos idő elteltével ebben a rendszerben is kialakult az ún. dugó-hullám, ami az autók haladási irányával ellentétesen mozgott a rendszerben [3].

Megpróbáljuk ezt a jelenséget megérteni számítógépes modellezés segítségével. Ehhez segítségül hívjuk a rugó-tömb modelleket, melyeknek alapötlete, hogy a vizsgált jelenséget rugókkal összekapcsolt testek mozgására próbáljuk redukálni. Ennek a modellezésnek az alapötlete a '60-as évekre nyúlik vissza, amikor ennek segítségével sikerült megérteni a földrendések nagyságeloszlására vonatkozó Gutenberg-Richter törvényt [4]. Azóta a modell-családot sikeresen alkalmazták különböző területeken, mint például a töredezők kialakulásának vizsgálatában [5], a mágneses Barkhausen-zaj modellezésében [6], vagy a Portevin-Le Chatelier hatás [7] számítógépes vizsgálatában.

A modell alkotóelemeit az 1a. ábrán vázoltuk. A testek az autókat jelképezik, az autók közti rugók a sofőrök irányítását, vagyis az autók közötti távolságtartó erőket jelentik. Itt jegyezzük meg, hogy a dinamikában ezeknek a rugóerőknek csak a hátsó autóra vonatkozó hatását vesszük figyelembe, hiszen vezetéskor a mögöttünk haladó autó minket kevésbé befolyásol. A rugók és testek mellett bevezetjük még a tapadási és csúszási súrlódást is a testek és a felület között. Ezek együttthatóinak arányát állandónak tekintjük és az együttthatókat minden test minden helyzetében véletlenszerűen változtatjuk, normál eloszlást követve. Ez jellemzi az autóvezetők reakcióidejét, ami autónként/sofőrönként különbözhet egymástól. A normál eloszlást követő véletlenszerű súrlódásértékek esetén az értékek előfordulási gyakoriságát az 1b. ábrán vázolt haranggörbével írhatjuk le, melynek jellemzői a haranggörbe maximumánál található $\langle F_i \rangle$ átlagér-

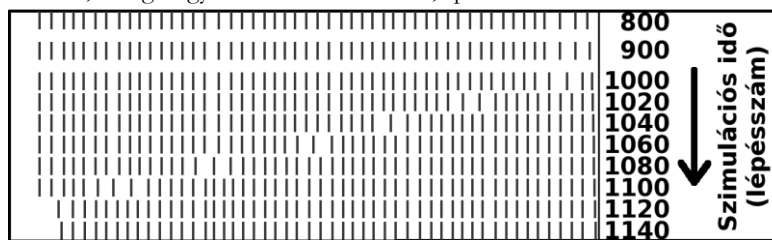
ték és a haranggörbe „szélességét“ jellemző σ szórás. A normál eloszlásnak ezek a paraméterei a későbbiekben fontos szerepet játszanak vizsgálatunkban. Az autósor mozgását az első autó rögzített v sebessége határozza meg, a többi autó a dinamika második törvénye alapján mozog a rugóerő és a súrlódási erő által vezérelve.



1. ábra: A forgalmi rugó-test modell alkotóelemeinek vázlatja.

Az így felépített modellünk viselkedését számítógépes program segítségével vizsgáljuk meg. Ezeket a vizsgálatokat a Babes-Bolyai Tudományegyetem Magyar Fizika Intézetében végeztük [8], a részletes vizsgálati eredményeket fizika szaklapokban publikáltuk [9,10].

A továbbiakban ennek a vizsgálatnak néhány fontosabb eredményére szorítkozunk. Elsőként a rendszer dinamikáját mutatjuk meg abban az esetben, amikor a rendszerben dugók alakulnak ki és ezek lökéshullámszerűen terjednek az autók haladási irányával ellentétes irányban. A 2. ábra egy ilyen szimulációs eredményt tartalmaz rövid autósor esetén. Az autókat a függőleges vonalak jelképezik, és az ábrán a szimulációs idő fentről lefelé telik. Látható, hogy az első autó egyenletesen mozog, míg az utolsó a sorban csak az utolsó lépésekben indul el, miután a hullám végigfut a rendszeren. Közben mindig csak azok az autók mozognak, melyek éppen az ábrán látható ritka részekben helyezkednek el. Ez a dinamika folytatódik, és így, annak ellenére, hogy az első autó folyamatosan mozog, a sor belsejében haladóknak a mozgása a dugókra jellemző állj-indulj-állj-indulj mozgás lesz. És ami érdekes, hogy ez mindenféle külső hatás nélkül következik be, a dugó úgymond önszerveződve, spontán módon kialakulhat.

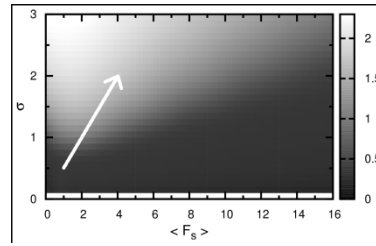


2. ábra: A szimulált rendszer dinamikája

Végezetül azt nézzük meg, hogy milyen körülmények között alakulnak ki ezek a dugók. Ennek érdekében vegyük számba a modellünk fontosabb paramétereit. Ebben a bemutatásban csak két fontos paraméterre szorítkozunk, ami a vezetők reakcióidejének eloszlását jellemzi. Amint azt az előzőekben említettük, a modellünkben ezt véletlenszerű súrlódási erőkkel vettük figyelembe. Ezeknek a súrlódási erőknek a normál (haranggörbe szerű) eloszlását jellemezhetjük egy $\langle F_s \rangle$ átlagértékkel és egy σ szórással. Az átlagérték a sofőrök átlagos reakcióidejéhez köthető paraméter, míg a szórás a sorban levő vezetők reakcióidőinek különbözőségét jellemzi. Nagy σ érték azt mutatja, hogy a sorban nagyon különbözőek a sofőrök reakcióidő.

A 3. ábrán tekintsünk egy tipikus paramétertérképet, melyen az autósor dinamikáját jellemző rendparamétert ábrázoljuk a modell fontos paramétereinek függvényében. A

rendparamétert az autómozgások statisztikája alapján értelmezzük, ennek pontos definíciójára itt nem térünk ki. Ezzel kapcsolatban csak annyit mondunk el, hogy ennek értéke kicsi, ha az autósorban nem alakulnak ki dugók. Ellenkező esetben, ha a közlekedésben dugók jelennek meg, a rendparaméter értéke naggyá válik. Az ábrán két, egymástól jól elhatárolt tartomány jelenik meg. A sötét tartomány a folytonos, dugó-mentes forgalmat mutatja, a világosabb tartományban a forgalmat dugók kialakulása zavarja. A két tartomány közti átmenet hirtelen történik, ami alapján a rendszerben egy fázisátalakulást sejtünk a modell paramétereinek változása függvényében. Ennek a fázisátalakulásnak a részletes tárgyalására most nem térünk ki.



3. ábra

Az autósor dinamikáját jellemző paraméterterkép

Ehelyett lássuk a modellünknek egy szemléletesebb eredményét. A 3. ábra alapján ugyanis magyarázni tudjuk a japán kutatók kísérletét. A kísérlet elején, amikor még frissek a sofőrök, a reakcióidejük kicsi. 10 perc körözés után viszont már joggal feltételezhető, hogy a figyelmük lankad, és ezáltal a reakcióidők megnőnek. Azt is joggal feltételezhetjük, hogy az autósorban a reakcióidők relatív szórása változatlan marad, ez azt eredményezi, hogy a 3. ábrán feltüntetett abszolút szórás a $\sigma' = \sigma \frac{\langle F_s \rangle}{\langle F_s \rangle}$ összefüggés alapján változik. Ezt példaként

számadatokkal is szemléltethetjük. Tételezzük fel, hogy a súrlódási erő átlagértéke kezdetben dimenzió nélküli (szimulációs) egységekben kifejezve $\langle F_s \rangle = 1$. A körözés hatására a reakcióidők megnőnek és az átlagérték $\langle F_s \rangle = 4$ értékre növekszik. Ha a vizsgált rendszerben a kezdeti szórás értéke $\sigma = 0.5$, akkor ennek értéke az előző összefüggés alapján $\sigma = 2$ -re növekszik. Ezeknek az értékeknek megfelelő változást a 3. ábrán nyíllal szemléltettük. A nyíl pontosan a kísérletben tapasztaltakat erősíti meg, azaz a rendszer kezdetben folytonos közlekedés fázisában található, amelyből a reakcióidők növekedése hatására átmegy a fantom dugókkal lassított közlekedési fázisba.

Összefoglalásképpen elmondhatjuk, hogy a számítógépes rugó-test modellekkel nagyon sok komplex rendszert vizsgálhatunk. A modellesalád nagyon szemléletes és felhasználásával bárki számára átláthatóvá válnak olyan jelenségek, melyek első ránézésre meghökkentőnek tűnhetnek. Erre láttunk itt egy példát az autópályákon látszólag mindenféle ok nélkül kialakuló fantom dugók vizsgálatával. A vizsgálatból egyértelműen kiderült, hogy ezeknek a dugóknak az oka az autósor vezetőinek a vezetési stílusában jelentkező rendezetlenségben illetve a vezetők éberségi állapotában keresendő. Ezeknek a paramétereknek a változása függvényében a vizsgált rendszerben egy fázisátalakulás következik be, melynek során a folyamatos haladásból egy dugókkal lassított forgalom alakulhat ki. A bemutatott vizsgálat jó példa arra is, hogy hogyan tudjuk a fizika módszereit más tudományterületeken is sikeresen alkalmazni.

Felhasznált könyvészet

- [1] <https://www.youtube.com/watch?v=Mh6PNQbKBYo>
- [2] Yuki Sugiyama et al 2008 New J. Phys. 10 033001
- [3] <https://www.youtube.com/watch?v=Suugn-p5C1M>
- [4] Burridge, R. and Knopoff, L. Bull. Seis. Soc. Amer. 57, 341, 1967
- [5] K.-t. Leung, Z. Nédá, Phys. Rev. Lett. 85, 662, 2000

- [6] K. Kovács, Z. Neda, Phys. Lett A 361, 18, 2007
[7] M. A. Lebyodkin, Y. Brechet, Y. Estrin, L. P. Kubin, Phys. Rev. Lett. 74, 4758, 1995
[8] A BBTE Magyar Fizika Intézetének weblapján további érdekességeket olvashatuk az intézetben zajló kutatásokról és oktatásról: <http://atom.ubbcluj.ro/mafi>
[9] F. Járai-Szabó, B. Sándor, Z. Neda, Central European Journal of Physics 9(4), 1002-1009, 2011
[10] F. Jarai-Szabo, Z. Neda, Physica A 391, 5727, 2012

Járai-Szabó Ferenc

Magyar Fizika Intézet, Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Kolozsvár

Asztrofotós ízelítő*

I. rész

A digitális fotográfia számtalan előnye általánosan elterjedtette a fényképezés műfaját, bárki számára elérhető áron kínálja egyszerű és gyors megoldásait. A képrögzítés, képfeldolgozás és a képek nyomtatásának eszköze manapság már a széles tömegek kezében van, soha nem látott mennyiségű fotó születik és forog közkézen, nyomtatott vagy digitális formában, nap mint nap. Annak ellenére, hogy mára már szinte minden családban fellelhető valamilyen digitális fényképezőgép, roppant ritkán jut eszébe a fényképezőgép tulajdonosának, hogy a csillagos ég felé fordítsa masináját, és megpróbálja vele megörökíteni valamit is az éjszakai égbolt csodáiból.

Az utóbbi évtizedben világszinten jelentősen megnőtt az asztrofotográfiával foglalkozó amatőr fotósok száma, kiadványok, fórumok, weboldalak, közösségek foglalkoznak a témával, versenyek és kiállítások sokasága díjazza tevékenységüket, és a médiában is szerepet kapnak eredményeik. Az amatőr csillagász mozgalmakban alapvető fontosságú dokumentálni megfigyeléseinket, ebben az asztrofotográfia kiemelt jelentőséggel bír. Közismert tény: az üstökösök felfedezése és követése-dokumentálása ma már részben amatőr „kiváltság”, az újonnan felfedezett üstökösök jelentős része amatőr asztrofotósok nevét viseli, de ugyanez a helyzet az aszteroidákkal, kisbolygókkal is. Az amatőr asztrofotós munka jelentősen hozzájárult a csillagászat fejlődéséhez, munkájuk bővítette a galaxisok szerkezetéről szerzett tudásunkat, gyarapította a csillagködök összetételére vonatkozó ismereteinket, jelentős eredményeket ért el a Naprendszer égitestek kutatásában és folyamatos megfigyelésében.

Jelen írásomban szeretném népszerűsíteni az asztrofotográfia műfaját, hogy vidékünk is felzárkózhasson ehhez a mozgalomhoz. Röviden felvázolom, mi minden tartozik ebbe a kategóriába, milyen válfajai vannak, a továbbiakban pedig szeretném részletezni az egyes nagyobb fejezeteket, hogy fogalmat alkothassanak az érdeklődők az asztrofotózás mibenlétéről. Elsősorban szeretném eloszlatni a műfaj köré szövéződött mítoszt és nimbuszt, megmutatva, hogy manapság bárki művelheti ezt a csodálatosan szép és izgalmas képalkotási eljárást, ami egykoron csakis a csillagászok kiváltsága volt.

Az asztrofotográfia egy gyűjtőfogalom, melynek ernyője alá többféle képalkotási eljárás tartozik. Az elkövetkezőkben ezeket szeretném áttekinteni, anélkül, hogy a különféle eljárások technikai részleteibe belebonyolódnánk. A módszerek részletezése utóla-

* A cikkben szereplő fényképek nagyobb méretben megtekinthetőek a <http://goo.gl/4zuRj4> linken.