

SZIGMOID GÖRBÉK A TERMÉKTERVEZÉSBEN

SIGMOID CURVES IN PRODUCT DESIGN

Szabó Ferenc János, PhD, Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet

ABSTRACT. Sigmoid curves are able to describe many different phenomena of our life. Analysis of a phenomenon can highlight interesting characteristics, shown by the parameters of the curve and equations of the structure investigated. Transmitting this new interesting characteristics and re- understand its importance and significance for an other phenomenon, makes possible to invent new characteristics for the investigated system too.

1. BEVEZETÉS

A szigmoid görbék az élet sokféle, különböző jelenségeinek leírására, viselkedésük követésére, sőt előrejelzésére is alkalmasak. Egy adott jelenség szigmoid görbe segítségével történő vizsgálata során felfedezhetők olyan tulajdonságok, viselkedéssjegyek, amelyek a szigmoid görbe jellegéből, nevezetesen pontjaiból azonosíthatók be, mely jellemzők addig az adott jelenséghez nem voltak jellegzetesen köthetők. Ha az adott jellegzetességet a görbe alapján felfedezzük és újraértelmezzük a vizsgált újabb jelenségre, új, addig nem tudatosult jellemzőket, viselkedéssjegyeket fedezhetünk fel és a vizsgált rendszert mélyebben megérthetjük, sőt a rendszer viselkedése előrejelezhető a szigmoid görbe egyenlete és jellemzői alapján.

Jelen cikkben egy ilyen párhuzamra szeretnénk rámutatni a COVID-19 pandémia szigmoid görbével történő vizsgálatából lezűrhető jellemzők és viselkedéssjegyek alkalmazásával a terméktervezésben, mivel a termékek életgörbéje szintén leírható szigmoid görbék segítségével. Olyannyira így van ez, hogy a pandémia és a termék görbe esetén is értelmezhető a multilogisztikus görbe, mellyel hosszabb távon is megfigyelhető és vizsgálható mindkét jelenség, így a vizsgálatok eredményei átvihetők és értelmezhetők egyik jelenségről a másikra. Ez az oka annak is, hogy a különböző csoportok teljesítményének analízisére, összehasonlítására, minősítésére kidolgozott EBSYQ rendszer (Evolutionary Based System for Qualification of Group Achievements) is

alkalmazható mindkét jelenség vizsgálatára, elemeinek összehasonlítására, minősítésére.

A jelen cikkben bemutatott termékgörbe vizsgálatokhoz a tengerek műanyag szennyezett-ségének vizsgálatára elért eredményeket és az elektromos autók piacának jellemző görbéit is felhasználjuk, felfedezve és újra értelmezve a görbék szigmoid jellegéből levonható következtetéseket, jellemzőket az elektromos autók piacának alakulására vonatkozóan, Szabó [1] (2022).

2. A SZIGMOID GÖRBÉK SOKOLDALÚ JELLEGE

A szigmoid görbék első alkalmazása az 1700-as évek végén Malthus [2] (1798) munkásságához köthető, a biológiában a különböző, korlátozás nélkül szaporodó fajok létszámának vizsgálatához alkalmazta. A korlátozott térben kialakuló növekedési folyamatok leírására Pierre- Francois Verhulst [4] (1847) egy speciális szigmoid görbét, a logisztikai görbét fejlesztette ki. Pearl és Reed [5] (1920) az USA népességének előrejelzésére alkalmazta a logisztikai görbét.

Bertalanffy [6] (1938) cápák uszonyának növekedését tanulmányozva egy olyan szigmoid görbét fejlesztett ki, amelyre főleg a növekedés jellemző, nem hangsúlyos a telítődési szakasza. Ezt később a mezőgazdaság több területén is alkalmazták különböző növények, állatok növekedésének tanulmányozására, leírására [8] (Richards, 1959), valamint Kazuko és társai [7] (2003) az orvostudományban a daganatos sejtek növekedésének tanulmányozására is felhasználták. Moore [3] (1965) elektronikai eszközök kapacitásának időbeli fejlődését mutatta be logisztikai görbével. Mansfield [9] (1961) munkássága tette lehetővé a szigmoid görbék iparban, terméktervezésben, az innovációk piaci elterjedésének tanulmányozásában való alkalmazását.

Jang, Show- Ling és munkatársai [10] (2005) a mobiltelefonok különböző országokban való elterjedésének időbeli alakulását vizsgálták

szigmoid görbékkel. Pulzáló, több hullámot mutató folyamatok esetére Meyer [11] (1994) a bi- logisztikus, tri- logisztikus, esetleg a multi- logisztikus görbék alkalmazhatóságát mutatta be. A szigmoid görbék társadalom-tudományi jelenségekre való alkalmazására találhatunk érdekes példákat Nikosz [12] (2009) munkájában.

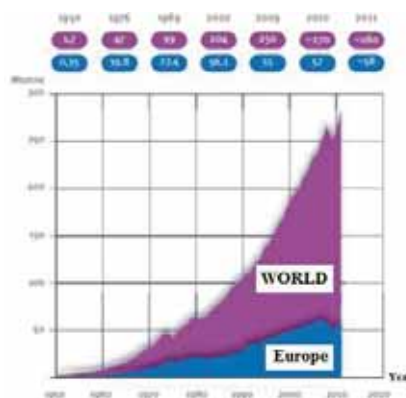
Szabó (2011- 2021) különböző cikkeiben a szigmoid görbék többféle tudományterület érintő alkalmazásait találhatjuk: sport világsúcsok időbeli alakulása [13] (2011), szempontrendszer különböző csoportok teljesítményének összehasonlítására, minősítésére [14] (EBSYQ, 2017), optimum-kereső algoritmusok és beállításaik összehasonlítása [15] (2018), tengerek műanyag szennyeződésének időbeli alakulása [16] (2019), kopási görbék vizsgálata [17] (2020), termék életgörbék [18] (2021), a COVID-19 járvány (első hullám) időbeli alakulása [19] (2020). Rézsó F.-né [20] (2020) munkájában hallgatói csoportok eredményeinek összehasonlítására láthatunk példát, szintén szigmoid görbék alapján. Ezek között az alkalmazások között is található olyan eset, mely a terméktervezés szempontjából is érdekes lehet: a tengerek műanyagszennyezettségének alakulása, mivel a szennyezést okozó tárgyak termékek-ként készülnek és jutnak a piacra, ezért ezek életciklusa szintén a termékciklus görbéjével, azaz szigmoid görbével leírható, vizsgálható.

3. A FÖLD TENGEREINEK ÉS ÓCEÁN- JAINAK MŰANYAG- SZENNYEZETTSÉGE

A napjainkban egyre nagyobb gondokat okozó műanyag- szennyezettséget a műanyagból készült tárgyak okozzák, melyek eredetileg határozott felhasználási céllal, termék formájában készültek, de az életciklusuk egy adott szakaszára elérve vagy elavultak, vagy használhatatlanná váltak, megsérültek, stb és kidobásra kerültek.

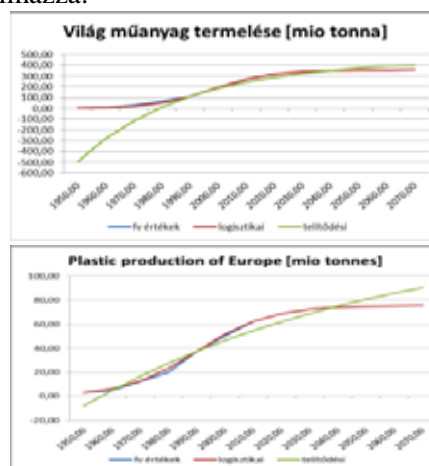
Mivel ezek a ma már szennyeződést okozó tárgyak eredetileg termékek voltak, ezért életciklusukat a klasszikus termék- életciklus görbével jellemezni lehet, sőt, mivel a jövőben szennyező anyaggá, kidobott terméké váló tárgyak jelenleg termékként vannak jelen a társadalomban, ezért a műanyag szennyeződés jövőbeli alakulásának vizsgálatára is alkalmazható a termékélettartam görbe, ami szigmoid görbe, tehát minden olyan jellemző, ismérv, ami más jelenségek szigmoid görbéinek vizsgálata során felszínre került és értelmet kapott, ezek itt is értelmezhetők és megtölthetők az erre az esetre érvényes értelmezésekkel, következtetésekkel.

Ezek alapján tehát érdemes áttekinteni a műanyag termékek gyártásának jelenlegi alakulását, hiszen ezek a termékek lesznek a jövő szennyezettségének okozói. Az 1. ábra Európa és a világ műanyagtermelésének alakulását mutatja, ami szigmoid görbe jelleget mutat, jelenleg mindkét görbe túl van az inflexiós ponton, tehát alkalmas előrejelzések készítésére. Ennek a megtermelt műanyag- mennyiségnek kb 10 százaléka fog olyan szennyeződéssé válni, ami a Föld tengereiben és óceánjaiban műanyag szennyeződést okoz majd.



1. ábra. Európa és a világ műanyagtermelése

A görbék közelített alakját a 2. ábra mutatja, a közelítő görbék egyenleteiben szereplő paramétereket az 1. táblázat tartalmazza.



2. ábra. A közelítő Pearl-Reed és Bertalanffy görbék [16]

1. táblázat. A közelítő görbék egyenleteiben szereplő paraméterek értékei

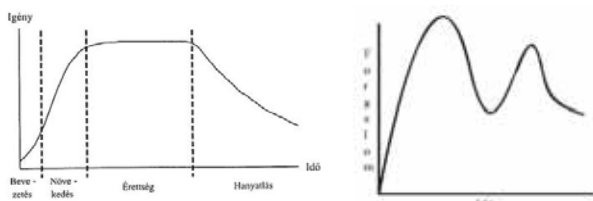
Paraméter	Pearl Reed		Bertalanffy	
	Europe	World	Europe	World
K	75,44599681	358,33	118,0199693	445,0
r	0,07931015112	0,09872031606	0,009338095157	0,02576604032
c	3,536853450e+68	4,7080616561e+85	8,564893849e+07	1,396407556e+22

A közelítő görbék értékeiből leolvasható a termelés jövőbeli alakulása, és ez alapján előrejelezhető a szennyezés jövőbeli alakulása. A Pearl- Reed féle közelítés kissé optimistább becslésre ad lehetőséget, mint Bertalanffy.

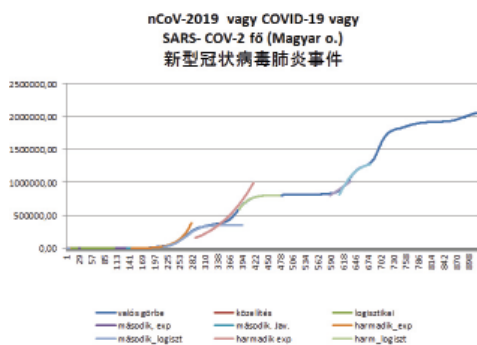
4. AZ ELEKTROMOS AUTÓK PIACÁNAK VIZSGÁLATA

A szigmoid görbék egy másik érdekes alkalmazási lehetősége az elektromos autók piacának áttekintése. Mivel az elektromos autók is termékek, ezért érvényes rájuk a termékek életgörbéje, ami szintén szigmoid görbe, ráadásul itt már teljesen biztosak lehetünk benne, hogy a Pearl- Reed féle logisztikai görbéről van szó, nincs szükségünk a Bertalanffy féle közelítésre, mert az nem követi elég pontosan a vizsgált görbe első szakaszát.

A 3. ábrán egy klasszikus termék-életciklus görbét láthatunk, mellette egy olyan termék görbéje látható, amelynél a piac csökkenésének, telítődésének érzékelésekor jelentős továbbfejlesztéseket hajtanak végre, így újra és újra felfrissíthető, megnövelhető a piac. Ezzel egy többciklusú termék görbe alakul ki. Ugyanez a jelenség játszódik le a COVID-19 pandémia több ciklusa során is, a fertőzöttek számának magyarországi alakulását vizsgálva a betegség kezdetétől (2020 március) napjainkig (2022 szeptember). Ez a görbe is többciklusú, itt a számok növekedését az újabb és újabb vírusvariációk, mutációk okozzák, mintha a vírus is mindig „továbbfejlesztéseket” hajtott volna végre és így ért el „piac- növekedést”. Ezt követhetjük a 4. ábrán, a vízszintes tengelyen az eltelt napok száma. Két hullám esetén az exponenciális növekedés szakaszát is külön kiemeltük.

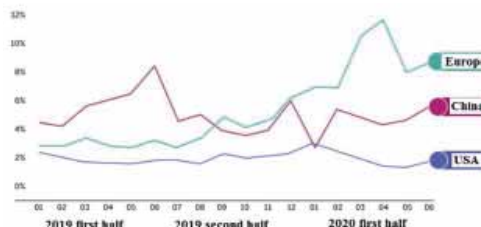


3. ábra. A klasszikus termék-élettartam görbe és egy többciklusú termék görbéje

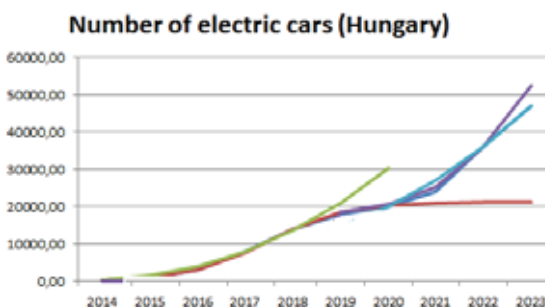
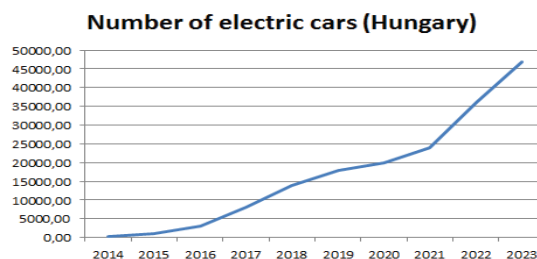


4. ábra. A COVID-19 pandémiában megfertőződtek számának alakulása Magyarországon, 2020 március 15.-től (a kezdetektől) 2022 szeptember 15.-ig (napjainkig)

Rátérve az elektromos autók piacának vizsgálatára, az 5. ábra a világ és európa elektromos autó piacának alakulását mutatja, míg a 6. ábrán a magyar elektromos autó piac alakulását látjuk, felül az eredeti görbe, alul pedig a közelítő görbék látszanak. A 2. táblázatban a közelítő görbék egyenleteiben lévő paraméterek értékeit mutatjuk. A 6. ábrán már jól észlelhető a jelenség többhullámos jellege is, kettő hullámmal.



5. ábra. Európa és a világ elektromos autó piacának alakulása az utóbbi években



6. ábra. A magyarországi elektromos autópiacon eladási számainak alakulása

2. táblázat. Az ábra görbéinek egyenleteiben szereplő paraméterek értékei

Paraméter	Első hullám	Második hullám
Exp., c	300.0	0.3368
r	2.3684	4.6599
Logisz. K	21286.8913	177919.5
r	1.22014	0.3473
c	236.99	254.5286

5. KÖVETKEZTETÉSEK

Mivel a 6. ábra görbéiből jól látszik, hogy a magyarországi elektromos autópiacon eddigi eladási görbéi az idő függvényében két hullámos multilogisztikus görbét írnak le, ezért logikusan adódik, hogy összehasonlítsuk a hullámokat, a

görbék jellemzői alapján és az egyenletekben szereplő paraméterek értékei alapján is.

Az összehasonlítások mindegyike azt mutatja, hogy a második hullám eladási görbéje jelentősebb növekedést ír le, mint az első hullám, hiszen a 6. ábrán a második hullám esetén látszik, hogy meredekebb emelkedést mutat. Az egyenletekben szereplő paraméterek összehasonlítása alapján kimondható, hogy a második hullám exponenciális szakasza esetén a kitevő (r) jelentősen nagyobb, mint az első hullám esetén, valamint a logisztikus szakasz várható telítődési szintje (K) szintén jelentősen nagyobb érték, mint az első hullám esetén. Érekség, hogy a logisztikus görbék növekedési gyorsaságot leíró paraméterében (r) az első hullám látszik jobbnak, de ez csak azt jelenti, hogy a nagyobb mértékű növekedés a második hullám esetében hosszabb idő alatt alakult ki. Összegzésképpen elmondható, hogy az elektromos autók magyarországi piaca jelentős növekedést mutat az utóbbi években és ez a tendencia várhatóan jövőben is fennmarad, telítődés később fog kialakulni.

6. IRODALOM

[1] Szabó, F. J.: A COVID-19 járvány időbeli alakulásának vizsgálata szigmoid görbékkel II. – Több hullám összehasonlítása. *Multidiszciplináris Tudományok*, 12. Évf. I. szám (2022), pp. 58 – 70.

<https://doi.org/10.35925/j.multi.2022.1.5>

[2] Malthus, T.: *An Essay on the Principle of Population*. Printed for J. Johnson in St Paul's Church-Yard, London, 1798.

[3] Moore, E. G.: *Cramming more Components onto Integrated Circuits*.

Electronic Magazine 38 (8): pp. 114- 117, 1965.

[4] Verhulst, P.- F.: *Deuxieme memoire sur la loi d'accroissement de la population*. Mémoires de l'Académie Royale des Sciences, des Lettres et des Beaux- Arts de Belgique. 20. 1- 32, 1847, Retrieved 18 February 2013.

[5] Pearl, R.; Reed, L. J.: On the Rate of Growth of the Population of the United States since 1790 and its Mathematical Representation. *Proc. of the National Academy of Sciences*. Vol. 6. No 6 pp. 275-288, 1920.

[6] Bertalanffy, L.: Principles of Theory of Growth. In: *Fundamental Aspects of Normal and Malignant Growth*. Amsterdam. pp. 137-259, 1960.

[7] Kozuko, F., Bajzer, Z.: Combining Gompertzian Growth and Cell Population Dynamics, *Mathematical Biosciences*, 185 pp. 153- 167, 2003.

[8] Richards, F. J.: *A Flexible Growth Function for Empirical Use*. Journal of Experimental

Botany, 10, pp. 290- 300. 1959.

<http://dx.doi.org/10.1093/jxb/10.2.290>

[9] Mansfield, E.: Technical Change and the Rate of Imitation. *Econometrica*, Vol. 29, No.4. pp. 741- 766. October, 1961.

[10] Jang, S.L., Dai, S. C., Sung, S.: The pattern and Externality Effect of Diffusion of Mobile Telecommunications: the Case of OECD and Taiwan. *Information Economics and Policy*, 17, pp. 133- 148, 2005.

[11] Meyer, W. B., Turner, B. L. (editors): *Changes in land use and land cover: a global perspective*. Cambridge University Press, pp. 537. XI, 1994. ISBN 0 521 47085 4.

[12] Nikosz, F.: *Növekedési görbék, társadalmi diffúzió, társadalmi változás*.

<http://www.socialnetwork.hu/cikkek/FokaszDiffuzio.pdf>

Legutóbbi felkeresés: 2020. okt. 10.

[13] Szabó, F. J.: Analógia a sport- világ-csúcsok története és az evolúciós optimáló algoritmusok iteráció- története között. *GÉP*, LXII; 9- 10., pp. 28-31. , 4p. (2011). ISSN 0016- 8572

[14] Szabó, F. J.: Evolutionary Based System for Qualification and Evaluation of Group-Achievements (EBSYQ). *International Journal of Current Research*, ISSN: 0975-833X, Vol. 9, Issue 08, pp. 55507 – 55516, August, 2017.

www.journalcra.com/sites/default/files/21246.pdf

[15] Szabó, F. J.: Optimumkereső algoritmusok iterációtörténetének vizsgálata. *GÉP*, 69. (4), pp. 82- 85. 2018. (ISSN 0016- 8572)

[16] Szabó, F. J.: Application of sigmoid curves in environmental protection. In: Szita Tóthné, Klára, Jármai Károly, Voith Katalin (szerk.): *Solutions for Sustainable Development: Proceedings of the 1st International Conference on Engineering Solutions for Sustainable Development*, Egyesült Királyság / Anglia: CRC Press, pp. 1- 7, 7p. 2019.

(ICESSD 2019). London, Egyesült Királyság

[17] Szabó, F. J.: Analysis of Wear Curves as Sigmoid Functions. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 22. pp 273-281. 14p (2021).

DOI 10.1007/178-981-15-9529-5_24

[18] Szabó, F. J.: A szigmoid görbék multidiszciplinaritása. *GÉP*, LXXII, 3.-4., pp 61-64, 4p (2021) ISSN 0016-8572

[19] Szabó, F. J.: A COVID-19 járvány időbeli alakulásának vizsgálata szigmoid görbékkel.

Multidiszciplináris Tudományok, 10: 3

pp 294-306., 13p (2020).

DOI 10.35925/j.multi.2020.3.35

[20] Rézsó F.-né: Sigmoid görbék alkalmazása tanulói csoportok eredményeinek vizsgálatához. *Multidiszciplináris tudományok*, 10. kötet., (2020) 3 sz. pp. 195-211.

<https://doi.org/10.35925/j.multi.2020.3.25>