











A Columbia 2003-as katasztrófáját<sup>8</sup> követően az a Michael Griffin vette át a NASA irányítását, aki az 1990-es években a CIA által szervezett In-Q-Tel tőkealapot vezetett, amely 50 millió dollárt osztott szét a Szilícium-völgy technológiai vállalatai között, hogy a hírszerzés által hasznosítható termékeket állítsanak elő (*Lambright [2015], Koh [2007]*). A Bush elnök által 2004-ben meghirdetett kereskedelmi űrhajózási program alapján viszont egyértelművé vált, hogy a hetvenes évek végén fejlesztett űrsiklókcal a NASA már csak a nemzetközi űrállomás építését fejezi be, az űrállomás kiszolgálását pedig magáncégekre bízzák, míg a NASA a Constellation-program keretében inkább a Hold, a Mars, valamint egy földközeli aszteroida meglátogatására fordítja erőforrásait (*Lambright [2005], Lindenmoyer-Stone [2010]*).

2005-ben elindult az orbitális szállítások kereskedelmének (COTS) programja, amelynek keretében a NASA a magáncégek által fejlesztett és üzemeltetett fellövési kapacitások meghatározott részét – az űrhajózási törvény (*Space Act, SA*) szerint megkötött szerződések alapján – bére veszi, ami adott számú teherszállítmány alacsony Föld körüli pályára (*Low Earth Orbit, LEO*) állítását jelentette előre megszabott áron. A program 500 millió dolláros költségvetéssel indult (ezt 2011-ben további 300 millió dollárral emelték meg), szándékosan a kis űrcégek belépését szolgálva, miután a nagyok (elsősorban a United Launch Alliance mögött álló Boeing és Lockheed Martin) számára ez a pénzösszeg körülbelül másfél fellövést fedezett volna az általuk forgalmazott rendszerek esetében. A kis kapacitású rendszerek árazása ugyanis hagyományosan rugalmasabb a nagyokénál (*Lambright [2015], Arney és szerzőtársai [2014]*).

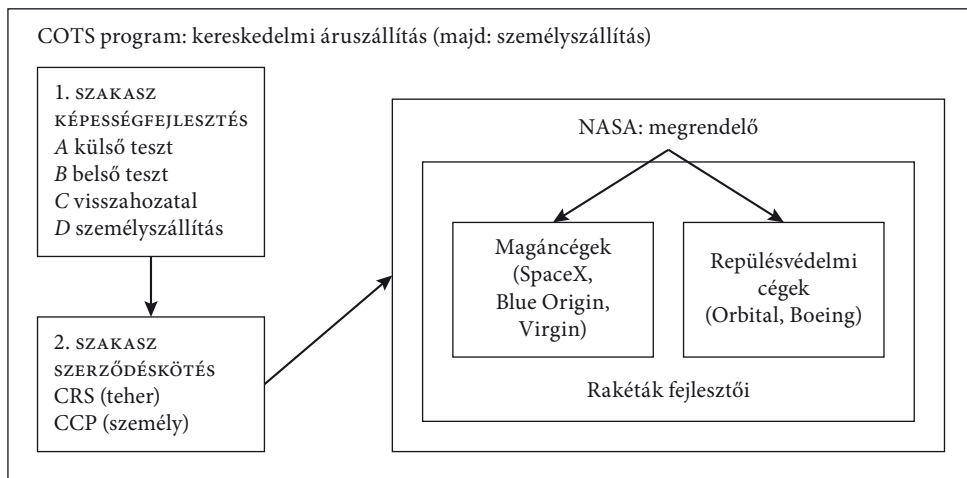
Az új kereskedelmi űrhajózási rendszert szemlélteti az 1. ábra. Az orbitális szállítások kereskedelmének COTS programjába kerülő vállalkozásoknak két szakaszon kell keresztülmenniük, demonstrálva az általuk fejlesztett rendszerek üzemképességét. Az 1. szakasz a képességfejlesztésről szól: első lépésként (A fokozat) egy külső, nem nyomáskiegyenlített raktérben kell rakományt eljuttatniuk alacsony Föld körüli pályára, majd a B fokozat elérése érdekében már egy belső, nyomáskiegyenlített raktérben (teherűrhajóban) kell megtenni ugyanezt, a C elemekben pedig vissza is kell hozni a teherűrhajót. Tehát az A és a B lépésben egyirányú teherszállításról (azaz az üres rakéta az űrben megsemmisül, nem jön vissza a Földre), míg a C lépésben kétirányú szállításról van szó, és a fellőtt rakéta vissza is tér. A D lépés pedig már a személyszállítást is tartalmazza mindkét irányban. A 2. szakaszban a NASA vevőként köt kereskedelmi szerződést (*Lindenmoyer–Stone [2010]*).

Az, hogy egy vállalat bekerülhet-e a COTS programba, legalább annyira múlott azon, hogy képes volt-e magánfinanszírozást bevonni üzleti tervébe, mint hogy milyen műszaki ajánlattal pályázott (*Lambright [2015]*). A Space Exploration Technologies (SpaceX) és a Rocketplane Kistler (RpK) 2006-ban kötötte meg az SA-szerződéseket, hogy elérjék a COTS 1. szakaszában megkövetelt képességeket – azonban az RpK-t 2007-ben törölték a programból elégtelen magántőke-bevonás miatt (*Lindenmoyer–Stone [2010]*). Helyére az Orbital Sciences Corp. lépett be 2008-ban, kizárólag az A és B fokozat teljesítését vállalva

<sup>8</sup> 2003. február 1-jén a légkörbe visszatérés közben a Columbia űrsikló felrobbant, miután még a fellövés során a külső üzemanyagtartályról leváló, nagy méretű szigetelőhab-darab észrevétlenül megsértette a bal szárny hővédő burkolatát (NASA [2008]).

1. ábra

A COTS program szerkezete



Forrás: saját szerkesztés.

az általuk fejlesztett Cygnus teherűrhajóval. Emellett további öt, anyagilag nem támogatott vállalat került egyfajta várólistára, amelyek közül csak a PlanetSpace és a SpaceDev jutott el valamilyen szintű műszaki demonstrációig (uo.).

Az iparág összetettsége miatt azonban jellemzően 20 fellövés kell ahhoz, hogy egy rendszer megbízhatóvá váljon (Arney és szerzőtársai [2014]), azaz ahhoz, hogy az 1. szakaszból eljusson a 2. szakaszban szereplő szerződés-kötésig. A 2. szakaszban a teherszállítási szerződéseket (Commercial Resupply Services, CRS) 2008-ban anélkül kötötték meg,<sup>9</sup> hogy az érintett cégek (SpaceX és Orbital Sciences) teljesítették volna a COTS A, B és C fokozatait (uo.)! Az amerikai államháztartás 2009-ben nagyarányú élénkítésbe kezdett (Benczes–Kutasi [2010]): a Nemzetközi Ūrállomás (ISS) és az ellátására irányuló kereskedelmi programok további forrást kaptak, viszont az ūrsiklókat „nyugdíjazták”. A NASA saját platformként a jövőben az Európai Ūrügynökséggel közösen fejlesztett Orion és az ūrsiklókból maradt hajtóművekkel üzemelő Space Launch Systems rakétáit fogja használni. Ezt követően a SpaceX 2010-ben teljesítette az 1. szakasz A, majd 2012-ben a B és C részét, valamint az Orbital 2013-ban az A és B részt, felnöve a 2. szakasz követelményeihez (Lambright [2015]). Meg kell azonban jegyezni, hogy a CRS-ben megfogalmazott 2016-os határidő azóta tarthatatlannak bizonyult, elsősorban a rakéták fellövés során történő megsemmisülését követő féléves vizsgálatok miatt: a SpaceX összesen nyolc, az Orbital pedig öt szállítást teljesített, és egy-egy küldetés zárult a rakomány felrobbanásával.

A soron következő – 2019 és 2024 közötti ellátásra vonatkozó – programot CRS-2<sup>10</sup> néven 2016-ban írták alá az Orbital ATK, a Sierra Nevada Corporation és

<sup>9</sup> A SpaceX 12 repülést vállalt 1,6 milliárd dollárért, az Orbital Sciences 8 repülést 1,9 milliárd dollárért a 2009 és 2016 közötti időszakban (<http://www.nasa.gov/offices/c3po/home/CRS-Announcement-Dec-08.html>).

<sup>10</sup> <http://www.nasa.gov/press-release/nasa-awards-international-space-station-cargo-transport-contracts>.

a SpaceX részvételével. A teherűrhajóknak e program értelmében már képesnek kell lenniük a rakomány visszahozatalára is, fejenként legalább hat fellövést teljesítve, összesen 14 milliárd dollár értékben.

Mivel a teherszállítás kérdése rendeződik, egyre komolyabb figyelem irányul a személyszállításra. A fellövőrendszerek mára eleget repültek és hibáztak ahhoz, hogy a vállalatok figyelme az űrhajósok életben tartását szolgáló alrendszerek (űrhajó berendezése, mentőrakéták) kifejlesztésére irányulhasson. A kereskedelmi személyszállítási program (*Commercial Crew Program, CCP*)<sup>11</sup> esetében az alacsony Föld körüli pályán (LEO) történő személyszállítást több lépcsőben kell elérniük a cégeknek, s ehhez illeszkednek a kapott támogatások is (1. táblázat).

### 1. táblázat

A kereskedelmi legénységi program támogatásai (millió dollár)

Vállalkozás	Fejlesztés, 2010	Biztonság, 2011	CCIC, <sup>a</sup> 2012	CPC, <sup>b</sup> 2012	CCTC, <sup>c</sup> 2014
Blue Origin	3,7	22	–	–	–
Boeing	18	92,3 + 20,6	460 + 20	9,993	4200
Paragon Space Development	1,4	–	–	–	–
Sierra Nevada Corporation	20	80 + 25,6	212,5 + 15	10	–
United Launch Alliance (ULA)	6,7	–	–	–	–
SpaceX		75	440 + 20	9,589	2600

<sup>a</sup> Kereskedelmi személyszállítás integrált kiépítése (*Commercial Crew Integrated Capability*).

<sup>b</sup> Termékhitelítés (*Certification Products Contract*).

<sup>c</sup> Kereskedelmi személyszállítás kiépítése (*Commercial Crew Transportation Capability*).

Forrás: <https://www.nasa.gov/content/commercial-crew-program-the-essentials/#.V-w7kvl97tT>.

Mint az 1. táblázatban látható, a kereskedelmi személyszállítási program egyes fordulóinak előrehaladtával folyamatosan szűkült a részt vevő vállalatok köre, miközben mind komolyabb források nyíltak meg számukra – mindez jól érzékelte azt a szakadékot, amely egy megoldás kidolgozása és kiérlelése között tátong. A kieső cégek közül a Paragon a Boeing beszállítójává vált (az ULA eleve a Boeing és a Lockheed Martin közös vállalata), a Sierra Nevada végül teherszállításra kapott szerződést, míg a Blue Origin egyfelől hajtóművet értékesít a Boeingnek, másfelől 2015-re önerőből a világűr határát elérni képes, többször felbocsátható platformot épített.

A program végül a 2012-ben kidolgozott termékhitelítési szerződések (*Certification Products Contracts, CPC*) megkötésével zárult, ami azt jelenti, hogy a fellövőrendszer megfelel a NASA repülésbiztonsági és teljesítményköveteléseinek – mind a jármű, mind a fellövések földi irányítása szempontjából. Mostanra a Boeing

<sup>11</sup> <http://www.nasa.gov/content/commercial-crew-program-the-essentials/#.V-w7kvl97tT>.



(9,993 millió), a Sierra Nevada Corporation (10 millió) és a SpaceX (9,589 millió) jutott el idáig, és hívhatott le támogatást.

2014-re sikerült eljutni a Nemzetközi Ūrállomás ellátását szolgáló kereskedelmi személyszállítási kapacitások (*Commercial Crew Transportation Capability, CCTC*) kiépítésére vonatkozó szerződések megkötéséig. Ebben a Boeing 4,2 milliárd, míg a SpaceX 2,6 milliárd dollárt nyert el. Az ūrsiklók nyugdíjazását követően a személyszállító képesség visszanyerésének felgyorsítását az amerikai–oroszl diplomáciai kapcsolatok romlása is sürgette (*Paikowsky és szerzőtársai* [2016]).

Az ūrhajózás költségszerkezete a vállalatok által létrehozott szolgáltatás már-már céhes jellegéből fakad: fix költségeiket a földi létesítmények (kilövőállások, irányítóközpontok, telekommunikációs és radarhálózatok, összeszerelő központok), a személyzet és a fellövőrendszer tervezési, fejlesztési, tesztelési és ellenőrzési költségei jelentik, míg változó költségeiket magának a fellövőrendszernek a gyártási költsége teszi ki. Ki kell emelni, hogy egy-egy rakétacsalád esetében a fellövések száma évenként 1–6 között mozog, ami megnehezíti a fix költségek porlasztását, miközben a hagyományos üzleti modell szerint a teljes fellövőrendszert újra le kell gyártani minden egyes misszióhoz (a rakétafokozatok elegendnek a légkörben, vagy bolygó körüli pályán maradnak, míg az ūrhajó túlságosan elhasználódik a visszatéréskor) (*Arney és szerzőtársai* [2014]). Egy kereskedelmileg sikeres vállalkozásnak ezekkel a kihívásokkal kell megküzdenie annak érdekében, hogy nyereségesé váljon egy amúgy telített piacon. Technológiailag ezt vagy a rakétafokozatok<sup>12</sup> visszahozásával és újrafellövésével (SpaceX, Blue Origin cégek), vagy sugármeghajtású hordozórepülőőről indított, rakétameghajtású siklókval (Virgin Galactic, Vulcan Aerospace vállalatok) lehet elérni. Elméleti és technológiai elképzelések szintjén már a nyolcvanas évek óta léteznek kombinált hajtóműves megoldások is, amelyek mind légköri körülmények között, mind vákuumban üzemképesek lennének, a probléma bonyolultságát azonban jól jelzi, hogy a COTS programok közelébe sem jutottak az ezzel foglalkozó cégek (*Sziroczak–Smith* [2016]).

### *A COTS programban érintett vállalatok*

Az orbitális szállítások kereskedelmének COTS programjában, majd az annak folyamánként létrejövő teherszállítási (CRS-) és személyszállítási (CCP-) programokban érintett vállalkozások alapvetően kétféle háttérrel rendelkeznek: vagy a repülésvédelmi szektor hagyományos szereplőinek ūrrepülési üzletágáról, vagy más szektorokban meggazdagodott milliárdosok („szériavállalkozók”) magánvagyonából alapított, tisztán kereskedelmi ūrhajózással foglalkozó cégekről van szó. Míg az előbbiek képesek más üzletágaikban elért nyereségükből áthidalni egyes veszteségesebb időszakokat, addig az utóbbiak teherbíró képessége véges. A vállalatok legfőbb jellemzőit a 2. táblázat foglalja össze.

<sup>12</sup> Az első rakétafokozat jellemzően csupán 60 kilométer magasságig juttatja fel a rakományt, ott leválik, és az alacsony földközeli, illetve geostacionárius pályára állítást a második fokozat és az ūrjármű saját meghajtórendszere hajtja végre.

## 2. táblázat

A COTS programban érintett vállalatok eltérő profilja

A vállalat neve	Tulajdonosi háttér	Egyéb üzletág	CRS-1	CRS-2	CCP	Műhold-fellövés	Újrahasznosíthatóság
SpaceX	magán		✓	✓	✓	✓	✓
Blue Origin	magán				x		✓
Virgin Galactic	vegyes						✓
Vulcan Aerospace	magán						✓
Orbital ATK	tőzsdén jegyzett	✓	✓	✓	✓		
Sierra Nevada	családi	✓		✓	✓		✓
ULA	vegyesvállalat				✓	✓	
Boeing	tőzsdén jegyzett	✓			✓	✓	

*Forrás:* vállalatok közlése alapján saját szerkesztés

Az újonnan induló cégek közül eddig a SpaceX jutott legközelebb a kitűzött célokhoz. Ezt a céget 2002-ben Elon Musk alapította a PayPal eladásából származó vagyonából, és összesen négy fellövésre elegendő tőkével látta el. Jól mutatja a feladat összetett jellegét, hogy csak a negyedik fellövés lett sikeres 2008-ban, ezáltal a SpaceX a teherszállítási programban részt vehetett (*Anderson [2013]*). A cég időközben komoly mennyiségű, a műholdak fellövésére vonatkozó megrendelést gyűjtött össze távközlési szolgáltatóktól,<sup>13</sup> ami pedig tovább javította a készpénztermelő képességet (és növelte a megbízhatóság fokozásához szükséges fellövésszámot). Ennek eredményeként hat év alatt összesen 27 fellövést hajtottak végre: kettő kudarccal zárult, nyolc esetben szállítottak az ISS-re, 17 műholdas küldetést teljesítettek, amelyek 62 millió dolláros listaárral számítva 1,1 milliárd dollár kiegészítő jövedelmet jelentettek a SpaceX cég számára a COTS–CRS–CCP programok mellett. A SpaceX-nél egy rakétás fellövés esetén a tömeg túlnyomó hányadát az üzemanyag és az oxidálószer teszi ki, míg a költségek döntő hányadát a hajtóművek adják, így a változó költségeket a cég a relatíve olcsónak mondható rakétakerozin és folyékony oxigén használatával, valamint a kilenc hajtóművet tartalmazó első fokozat újrahasznosításával csökkenti.<sup>14</sup> Az újrahasznosítás ebben az esetben úgy történik, hogy az első fokozat 60 kilométer magasságban leválik, és a maradék üzemanyagával egy szárazföldi vagy tengeren úszó platformra száll le, ahonnan üzemanyag-feltöltést követően még tíz alkalommal indítható újra. 2017 februárjáig ezt hétszer meg is valósította a cég – diszkontárakat kínálva azon műholdtársaságoknak, amelyek újrahasznosított első fokozattal szándékozzák fellőni a rakományukat, harmadára csökkentve egy kilogramm rakomány alacsony Föld körüli pályára juttatásának árát.

<sup>13</sup> Főbb partnerek: SES S.A., EchoStar Corp., Eutelsat S.A., Orbcomm, Asia Satellite Telecommunications Co. Ltd., Thales Group, Iridium Communications Inc., US AF.

<sup>14</sup> [http://www.spacex.com/sites/spacex/files/falcon\\_9\\_users\\_guide\\_rev\\_2.0.pdf](http://www.spacex.com/sites/spacex/files/falcon_9_users_guide_rev_2.0.pdf).

A Blue Origin 2000-ben alapította az Amazon.com alapító-vezérigazgatója, Jeff Bezos, azonban a folyékony hidrogénnel hajtott,<sup>15</sup> 100 kilométeres magasságig (a világűr határáig) bevethető rakétáját csak 2015-ben kezdték tesztelni (*Sziroczak–Smith* [2016]). Mára a New Shepard rakéta és az általa szállított kapszula túl van öt fellövésen, minden esetben újrahasznosítva azt. Ez a teljesítmény azonban nem elegendő az alacsony Föld körüli pálya eléréséhez. 2016 októberében a Blue Origin vállalat sikeresen demonstrálta, hogy rendelkezik fellövésmezsakító rendszerrel, ami elegendő az űrturizmus kiszolgálására. Ugyanakkor komolyabb piaci sikert a folyékonymetán-üzemű New Glenn rakétától várnak, amelynek már létezik a BE-4 névre hallgató hajtóműve.

Az Ansari X Prize verseny győztese, a Scaled Composites gyártotta a Virgin Galactic vállalkozás hordozórepülőn szállított és arról nagy magasságban indított – a Space Ship Two párosán alapuló –, újrahasznosítható rendszerét. Ez azonban csak szuborbitális űrturizmust (pár perces mikrogravitációt) és elméletben kisebb műholdak rakétapóthajtással történő indítását teszi lehetővé. Annak ellenére, hogy 2004 óta folynak tesztek, az első éles repülésre csak 2012-ben került sor. Ezt követően a hajtóanyagot kevésbé veszélyesre cserélték, de egy sajnálatos baleset következtében 2014-ben fel kellett függeszteni a repüléseket, és csak 2016-ban folytathatták<sup>16</sup> őket egy új űrrepülővel (*Sziroczak–Smith* [2016]). A vállalat tulajdonosa a Virgin cégcsoport mögött álló Sir Richard Branson mellett az IPIL szuverén alap 30 százalék körüli tulajdoni hányadával rendelkező Aabar Investments (*IPIC* [2010–2015]), míg a korábbi tulajdonos Scaled Composites ma már csak a kompozit szerkezetű járművek gyártásával foglalkozik, és eladta a tulajdoni részesedését. A cégnek eddig csak az előzetesen értékesített jegyekből származott bevétele, a NASA-programoknak nem részese.

A legújabb piaci szereplő a szintén a Scaled Composites nyomdokain haladó Vulcan Aerospace, amely 2011 óta a Microsoft-alapító Paul G. Allen cégcsoportjához tartozik. Ebben az esetben két Boeing 747-es óriásgépből kiserelt hajtóművek és elektronikus rendszerek mozgatják a kompozitokból<sup>17</sup> épített hordozórepülő, amellyel tízezer méterről lehet rakétameghajtású rakományt indítani, megtakarítva ezzel rengeteg üzemanyagot, elkerülve az alsó légrétegekre jellemző zavarokat, miközben bármely nemzetközi repülőtér alkalmas a gép fel- és leszállítására. A CCP és CRS-2 programokba a társaság a Sierra Nevadával közösen került be, hiszen – a tervek szerint – számukra nyújt indító platformként szolgáltatást. 2016 őszén a repülő még csak szerkezetkész állapotban volt.

A repülésvédelmi ipar hagyományos szereplője a műholdak és komponenseik mellett alapvetően fegyvergyártással foglalkozó, 1982-es alapítású Orbital (2015 óta Orbital ATK). A vállalat a kilencvenes évek óta foglalkozik műholdak Föld körüli alacsony pályára bocsátására alkalmas, kis kapacitású rakéták gyártásával (Minotaur család). Az általa fejlesztett, ugyancsak kerozin-oxigén üzemanyagot használó, nagy

<sup>15</sup> A hidrogénnel történő meghajtás előnye a kimagasló teljesítmény és az alacsony környezetszennyezés. Komoly problémát jelent azonban a folyékony hidrogén hűtése és tárolása, különösen a fellövés előtti időszakban, illetve a hidrogént minél hamarabb el kell égetni, hogy fel ne forrjon a tankban (*Cecere és szerzőtársai* [2014]).

<sup>16</sup> <http://www.virgingalactic.com/faa-ast-awards-virgin-galactic-operator-license-for-spaceshiptwo>.

<sup>17</sup> Olyan összetett anyagok, amelyek több különböző anyagkombinációkból állnak a hasznos tulajdonságok kiemelése és a káros tulajdonságok csökkentése érdekében.

kapacitású Antares rakéta azonban – a harmadik fellövést követően – 2014-ben felrobbant a felhasznált AJ26 hajtóművek meghibásodása miatt. Az AJ26 hajtóművek eredetileg Kuznetsov NK-33 néven épültek az 1960-as évek végén; belőlük 43-at vett meg a kilencvenes évek elején az Aerojet, és felújításukkal készült el az a 20 darab AJ26, amelyek használatáról a jövőben inkább lemond az Orbital. Ennek hatására két – a Nemzetközi Űrállomást kiszolgáló – küldetést a United Launch Alliance-tól (ULA) vásárolt Atlas V rakétával tudott teljesíteni a cég, amíg 2016 októberére el nem készült az Antares 230-as változatával, amelyet már az NPO Energomash RD-193 hajtóművével láttak el. Az Orbital által fejlesztett Cygnus teherűrhajó visszatéréskor a légkörben elég, így jelenleg csak korlátozottan felel meg a CRS-2 követelményeinek, és nem tervezik a kereskedelmi személyszállításban való részvételüket.

Sajátos résztvevője a piacnak az 1963-as alapítású, az Ozmen család birtokában lévő Sierra Nevada, amely szintén a repülésvédelmi iparban járatos elsősorban, továbbá kizárólag az általa fejlesztett Dream Chaser elnevezésű űrsiklóval rendelkezik (*Sziroczak–Smith* [2016]), fellövőkapaacitást az ULA-tól (Atlas V), illetve a Vulcan Aerospace-től vásárol.

A hagyományos nagy gyártókat képviseli az ULA, amelyet 2006-ban hozott létre vegyesvállalatként a Boeing és a Lockheed Martin. Az általa használt Atlas és Delta fellövőrendszerek fél évszázados múltra tekintenek vissza mind a polgári, mind a katonai fellövések területén. A Boeing egyedül jelent meg a CCP programban a személyszállításra alkalmas CST-100 kapszulával, amelyet szintén a nagy múltra visszatekintő Atlas V rakétával terveznek feljuttatni.

Meg kell állapítanunk, hogy a magvető tőkét biztosító COTS nyomán létrejövő programoknak egyedül a SpaceX személyében sikerült kinevelniük olyan új piaci szereplőt, amelynek stratégiája alkalmas lehet az ágazatra jellemző komoly költség-hányad lecsökkentésére, míg a többi szereplő a hagyományos egyszer használatos rendszerek építését preferálja.

### *Heckit-féle maximum likelihood panelregresszió*

A NASA-programba való bekerülést és a kapott finanszírozás hátterét Heckman [1979] alapján Heckit-féle ML-panelregresszióval vizsgáltuk meg.<sup>18</sup> Ebben az esetben egy két lépésből álló modellről van szó, amely egy szelekciós mechanizmusból (a programba bekerülés ismérvei, amelyek a  $z_i^* = 1$  eseteket fedik le) és egy regressziós modelltől (a kapott transzferek összege mivel magyarázható) áll.

Szelekciós mechanizmus:

$$z_i^* = w_i' \gamma_i + u_i, \quad z_i = 1, \quad \text{ha} \quad z_i^* = 1, \quad \text{egyéb esetekben } 0;$$

$$\text{Prob}(z_i = 1 | w_i) = \Phi(w_i' \gamma) \quad \text{és} \quad \text{Prob}(z_i = 0 | w_i) = 1 - \Phi(w_i' \gamma).$$

Regressziós modell:

$$y_i = x_i' \beta + \varepsilon_i, \text{ megfigyelhető } z_i = 1 \text{ esetén.}$$

<sup>18</sup> Munkánk során a Gretl szoftverrel számoltunk.

A két egyenlet esetében a  $\rho$  korrelációt a hibatagok között mérjük:  $\text{corr}[u_p, \varepsilon_i] = \rho$ , ahol  $\rho = 0$  esetében beszélhetünk az OLS-modell  $\beta$  koefficiensek specifikációshibánélküliségéről (ekkor a Heckit-féle  $\lambda$  paraméter szignifikáns) (Greene [2003] 780–787. o.; Wooldridge [2002] 563–564. o.; Wooldridge [2014] 494–495. o.).

A COTS programnak és folytatásainak célja az volt, hogy innovatív vállalkozások bekapcsolódásával olcsón üzemeltethető fellövő platform jöjjön létre. Ennek vizsgálata érdekében egy technológiaspecifikus és egy vállalatspecifikus modellt definiáltunk. A szelekciós mechanizmus változói között ezért első esetben a fellövő platform hatékonyságát (egy tonna rakomány alacsony Föld körüli pályára állítása hány millió dollárba kerül) és teherbírását (a rakomány tömege tonnában) vizsgáltuk. Másfelől definiáltunk egy másik szelekciós modellt is, ahol a vállalat által teljesített szállítások számát, részvénypiaci jelenlétét, *startup* jellegét és az adott évben hozzá kapcsolódó vállalati kötvényhozamot (*startup* vállalatok esetében a C hitelminősítésű vállalati kötvények hozamát) emeltük be. Az első regressziós modell esetében az adott az és előző évi NASA-finanszírozást, illetve a NASA-nak teljesített repülések számát vizsgáltuk meg, a másodikban pedig a fentiek mellett megjelent még a teherbírás és a hatékonyság változója is.

### Eredmények

Az elvégzett Heckit-féle ML-panelregresszió alapján megállapítható, hogy a NASA eltért a COTS program eredeti céljától. A 3. táblázatban látható, hogy a NASA már bevált (sokat repült) platformokat választott ki, a finanszírozás az előző évi értéktől függött, miközben sem a hatékonyság, sem a teherbírás, illetve a teljesített szállítások száma nem volt fontos. A Heckit-féle eljárás jogosságát alátámasztja a  $\lambda$  szignifikanciája.

Hasonló eredményre jutunk a vállalatspecifikus elemek vizsgálata során (4. táblázat). A kiválasztás ténye itt is a platformmal teljesített küldetések számától függött, míg a tulajdonosi háttérnek, a *startup* jellegnek vagy a vállalat egyedi kockázatának nincs magyarázó ereje. Ebben az esetben a kapott támogatás összegét nem lehet magyarázni a bevont változókkal (hasonló eredményre jutunk, ha a regressziós egyenletbe a technológiaspecifikus változókat emeljük be).

### Jövöbeli kilátások

Komoly kérdés, hogy mi történik az ágazattal az IIS Nemzetközi Ūrállomás 2024-es nyugdíjazása után.<sup>19</sup> Bár egy esetleges amerikai költségvetési döntés akár tovább is kitolhatja e „nemzeti laboratórium”<sup>20</sup> üzemeltetési határidejét, figyelembe kell

<sup>19</sup> <https://blogs.nasa.gov/bolden/2016/08/04/kibo-our-shared-destiny-will-be-written-by-us-not-for-us/?linkId=27282541>.

<sup>20</sup> [https://www.nasa.gov/content/what-is-the-iss-national-lab/#.WADjL\\_197tR](https://www.nasa.gov/content/what-is-the-iss-national-lab/#.WADjL_197tR).

## 3. táblázat

## Technológiaspecifikus Heckit-féle ML-regresszió

	Koefficiens	Standard hiba <sup>a</sup>	z	p
<i>Függő változó: NASA-finanszírozás</i>				
Konstans	582,562	235,492	2,474	0,0134**
NASA-REPÜLÉSEK	-31,5462	105,500	-0,2990	0,7649
NASA-REPÜLÉSEK <sub>t-1</sub>	51,8308	193,130	0,2684	0,7884
NASA-FINANSZÍROZÁS <sub>t-1</sub>	-0,166541	0,0818042	-2,036	0,0418**
λ	-1057,97	297,719	-3,554	0,0004***
<i>Szelekciós változó: NASA-finanszírozást kapott évben</i>				
Konstans	-0,193519	0,156308	-1,238	0,2157
Összes repülés	0,446983	0,155431	2,876	0,0040***
Hatékonyság	-0,000425433	0,00171376	-0,2482	0,8039
Teherbírás	-0,0144186	0,0498582	-0,2892	0,7724
A függő változó átlaga	275,5217			
A függő változó szórása	788,6099			
σ	1059,903			
ρ	-0,998178			
Log-likelihood-próba	-340,7800			
Akaike-próba	691,5600			
Schwarz-próba	700,0044			
Hannan-Quinn-próba	694,6132			

<sup>a</sup> Kvázi maximum likelihood (QML) standard hiba.

\*\*\* $p < 0,01$ , \*\* $p < 0,05$ , \* $p < 0,1$ .

*Forrás:* vállalatok közlése alapján saját szerkesztés.

azt is venni, hogy az űrállomás egyes moduljai már 1998 óta vannak az űrben, és ez 2024-re 26 éves üzemidőt jelent, miközben az előző rekorder (Mir űrállomás) összesen csak 15 évet töltött fent. Optimális, 2018-as személyszállítási program kezdése mellett is csupán hat évük marad a piac szereplőinek arra, hogy felkészüljenek erre az időszakra. Azután a hagyományos műholdfellövések mellett,<sup>21</sup> ha nem épül újabb űrállomás, csak a következő – az eddigi alacsony Föld körüli pályára eljutásnál – bonyolultabb küldetésekkel lehet számolni: űrturizmus, a mélyűri NASA-missziók kiszolgálása és aszteroidabányászat.

Az űrturizmus esetében lehet szó néhány perces űrúgrásról, amikor is az utasok rövid felkészítést követően pár percet töltenek el a súlytalanság körülményei között,

<sup>21</sup> Paikowsky és szerzőtársai [2016] szerint ezen a piacon az 50 kilogrammnál könnyebb műholdak tömeges rendszerbe állításától és az amerikai légierő megrendeléseinek piaci megnyitásától lehet még növekedést várni.

## 4. táblázat

## Vállalatspecifikus Heckit-féle ML-regresszió

	Koefficiens	Standard hiba <sup>a</sup>	z	p
<i>Függő változó: NASA-finanszírozás</i>				
Konstans	480,716	165,864	2,898	0,0038***
NASA-REPÜLÉSEK	-30,3138	125,724	-0,2411	0,8095
NASA-REPÜLÉSEK <sub>t-1</sub>	0,979104	9,15087	0,1070	0,9148
NASA-FINANSZÍROZÁS <sub>t-1</sub>	1,82179	1,80066	1,012	0,3117
λ	-920,192	236,682	-3,888	0,0001***
<i>Szelekciós változó: NASA-finanszírozást kapott adott évben</i>				
Konstans	0,258526	0,497688	0,5195	0,6034
Összes repülés	0,388666	0,169580	2,292	0,0219**
Tőzsdén bevezetett	0,273753	0,389355	0,7031	0,4820
Startup	0,761072	0,805615	0,9447	0,3448
Vállalati kötvény	-0,0808726	0,0783157	-1,033	0,3018
A függő változó átlaga	275,5821			
A függő változó szórása	778,6900			
σ	921,8715			
ρ	-0,998178			
Log-likelihood-próba	-348,8365			
Akaike-próba	707,6730			
Schwarz-próba	716,2409			
Hannan-Quinn-próba	710,7930			

<sup>a</sup> Kvázi maximum likelihood (QML) standard hiba.

\*\*\* $p < 0,01$ , \*\* $p < 0,05$ , \* $p < 0,1$ .

*Forrás:* vállalatok közlése alapján saját szerkesztés.

egyfajta vidámparki szolgáltatásban részesülve. A Virgin Galactic és a Blue Origin komolyabb képességek hiányában erre a piacra koncentrálnak. Ennél műszakilag is bonyolultabb az alacsony Föld körüli pálya elérése, amikor vagy a Föld körüli keringés élményét, vagy egy űrállomás szolgáltatásait nyújtják (*Chang [2015]*). Tekintettel arra, hogy már hét magánszemély volt hajlandó fizetni a Nemzetközi Űrállomásra történő eljutásért, a szállodaláncot működtető Bigelow vállalat a NASA-val kötött 2013-as szerződése alapján 2016-ban juttatta fel az űrállomásra kísérleti felújható modulját,<sup>22</sup> hogy két éven át teszteljék a megbízhatóságát.

Az aszteroidabányászat elsősorban a földközeli, ritka földfémekben gazdag, Xc típusú fém-karbonátos aszteroidák anyagának kitermeléséből termelne profitot, tekintettel arra, hogy a jelenlegi készletek is meteoritbecsapódások nyomán

<sup>22</sup> <http://www.bigelowaerospace.com/beam>.

keletkeztek, és emiatt igencsak végesek (*Andrews és szerzőtársai* 2015). Ezzel kapcsolatban az Európai Űrügynökség (ESA) Rosetta missziója számított úttörőnek, amely 2014-ben leszállóegységet juttatott egy üstökös felszínére. 2016-ban elindult a NASA Osiris-Rex nevű küldetése,<sup>23</sup> amely mintát vesz a 101955 Bennu karbonátos aszteroidából, majd 2023-ban visszatér a Földre. Ezt követné egy kellően kis méretű aszteroida Hold körüli pályára állítása a 2020-as években az egyelőre csak tervezett Asteroid Redirect Mission<sup>24</sup> keretében (*Paikowsky és szerzőtársai* [2016]).

A NASA kilövőrendszerének (*Space Launch System, SLS*) komoly költségeit és az egyébként komoly kapacitás-többletet<sup>25</sup> meg lehetne oldani például az SLS rakétaprogram felfüggesztésével és alacsony Föld körüli pályán keringő üzemanyagraktárak kereskedelmi alapon történő feltöltésével (*Arney és szerzőtársai* [2014]). Ebben az esetben egy mélyűri küldetésnél lehetőség nyílna a harmadik gyorsítófokozat elhagyására, így sokkal olcsóbban lehetne egy-egy alacsony Föld körüli pályán túli NASA-missziót lebonyolítani. Az orbitális pályán túli együttműködések szándékát a NASA egy tervezett Hold-misszió kapcsán már be is jelentette 2014-ben (*Paikowsky és szerzőtársai* [2016]).

## Összefoglalás

Az űrkutatás kezdete óta, évtizedeken keresztül az űrügynökségek jellemzően egyszer használatos platformot vásárolnak egy kisszámú vállalati körtől – az újrahaznosíthatóság hiánya és a modernizáció nehézsége nagyban hozzájárult a szektorra jellemző „csillagászati árakhoz”. A kereskedelmi modell keretében a NASA csupán meghatározott tömegű rakományok adott pályára állítására kötött fix darabszámú szerződést, amelyekben a platformnak csupán az előírt tanúsítványokkal kell rendelkeznie – az üzemeltetés kockázata az üzleti partner vállán nyugszik.

Kutatásunkban azt vizsgáltuk, hogy a NASA legújabb űrkutatási programjának milyen a finanszírozási háttere, és milyen eredményeket ért el. Elemzésünk során megállapítottuk, hogy a kereskedelmi űrhajózás alapjait nem kizárólag a kedvező NASA-finanszírozás teremtette meg. Szükség volt az információs technológiai szektorban megtermelt milliárdokra is, valamint a szektorra a figyelmet felhívó, 10 millió dolláros Ansari X díjat felajánló programra ahhoz, hogy a védelmi szektor vállalatain kívüli, vízióval rendelkező cégek jelenjenek meg a piacon. Fontos tanulság azonban, hogy a terméké váláshoz már elengedhetetlen volt a NASA által nyújtott magvető tőke, valamint a kereskedelmi személyszállítás esetében az alapos odafigyelés, hogy a prototípusokból ember szállítására alkalmas űreszköz készüljön – elfogadható hibahatár mellett. Az állam aktív szerepvállalása fontos lehet azokon a területeken, ahol technológiai transzformáció zajlik, és ennek a beavatkozásnak túl kell lépnie a piaci elégtelenségek korrekcióján: a transzformációs hatás maximalizálására kell törekednie (*Mazzucato* [2015]).

<sup>23</sup> <http://www.nasa.gov/press-release/nasa-prepares-to-launch-first-us-asteroid-sample-return-mission>.

<sup>24</sup> <http://www.nasa.gov/content/what-is-nasa-s-asteroid-redirect-mission>.

<sup>25</sup> Az Egyesült Államok és az Európai Űrügynökség 178 tonnányi fellövőkapacitást nem épít meg évente, amire potenciálisan lehetősége lenne.



Emellett a NASA képesnek mutatkozott arra, hogy a vállalatokra hárítsa a rendszerek fejlesztésének anyagi kockázatát, miközben egyszerre többféle megoldás kifejlesztését is támogatni tudta, ami példátlan az űrprogram kezdete óta. Kérdés, hogy az így létrehozott vállalatok milyen piacon érvényesülhetnek majd az ISS Nemzetközi Űrállomás kiiktatása utáni időkben, és mekkora versenyt jelentenek a hagyományosan állami háttérrel működő európai versenytárs (Arianespace S.A.) és annak beszállítói köre számára.

A bilaterális monopóliumról oligopolmodellre váltás elméletben új vállalatok és technológiák megjelenését ígerte. Noha minden idők egyik legnagyobb állami magvetőtőke-programján vagyunk túl, amely egy nagyságrenddel túlszárnyalta a kilencvenes évekbeli, információs technológiai szektort célzó élénkítést, megállapítható, hogy továbbra is a hagyományos stratégiák uralják a piacot. A fellövések árának csökkenése inkább az agresszívebb árképzésen (SpaceX), egy meglévő platform továbbfejlesztésén (ULA) vagy egy meglévő raktárkészlet felhasználásán (Orbital ATK) alapul, semmint forradalmi eljárásokon. Az árak csökkenése más űrügynökségek, mint például az Európai Űrügynökség számára is olcsóbbá teheti az egyes kutatási projekteket – üzleti szempontból azonban az érintett tagállamok beszállítói előbb-utóbb hátrányba kerülhetnek a tengerentúli konkurencia miatt, ha középtávon nem nő a jelenlegi űrpiac.

### *Hivatkozások*

- ANDERSON, C. [2013]: Rethinking public-private space travel. *Space Policy*, Vol. 29. No. 4. 266–271. o. <http://dx.doi.org/10.1016/j.spacepol.2013.08.002>.
- ANDREWS, D. G.–BONNER, K. D.–BUTTERWORTH, A. W.–CALVERT, H. R.–DAGANG, B. R. H.–DIMOND, K. J.–ECKENROTH, L. G.–ERICKSON, J. M.–GILBERTSON, B. A.–GOMPERTZ, N. R.–IGBINOSUN, O. J.–IP, T. J.–KHAN, B. H.–MARQUEZ, S. L.–NEILSON, N. M.–PARKER, C. O.–RANSOM, E. H.–REEVE, B. W.–ROBINSON, T. L.–ROGERS, M.–SCHUH, P. M.–TOM, C. J.–WALL, S. E.–WATANABE, N.–YOO, C. J. [2015]: Defining a successful commercial asteroid mining program. *Acta Astronautica*, Vol. 108. 106–118. o. <http://dx.doi.org/10.1016/j.actaastro.2014.10.034>.
- ARNEY, D. C.–WILHITE, A. W.–CHAI, P. R.–JONES, C. A. [2014]: A space exploration strategy that promotes international and commercial participation. *Acta Astronautica*, Vol. 94. No. 1. 104–115. o. <http://dx.doi.org/10.1016/j.actaastro.2013.07.011>.
- BENCZES ISTVÁN–KUTASI GÁBOR [2010]: Válság és konszolidáció. *Pénzügyi Szemle*, 55. évf. 4. sz. 791–807. o.
- BÉZA DÁNIEL–CSÁKNÉ FILEP JUDIT–CSAPÓ KRISZTIÁN–CSUBÁK TIBOR KRISZTIÁN–FARKAS SZILVESZTER–SZERB LÁSZLÓ [2007]: *Kisvállalkozások finanszírozása*. Perfekt, Budapest.
- BRAUNNÉ FÜLÖP KATALIN [2010]: Szempontok a bizonytalanság és a kockázat értelmezéséhez a PPP-konstrukció példáján. *Pénzügyi Szemle*, 55. évf. 1. sz. 125–142. o.
- CEBR [2001]: *Seed Capital in the Nordic Countries*. Best Practise. Centre for Economic and Business Research, Koppenhága. [http://www.nordicinnovation.org/Global/Publications/Reports/2002/Seed%20Capital%20in%20the%20Nordic%20Countries\\_Best%20Practice.pdf](http://www.nordicinnovation.org/Global/Publications/Reports/2002/Seed%20Capital%20in%20the%20Nordic%20Countries_Best%20Practice.pdf).

- CECERE, D. – GIACOMAZZI, E. – INGENITO, A. [2014]: A review on hydrogen industrial aerospace applications. *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 39. No. 20. 10731–10747. o. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijhydene.2014.04.126>.
- CHANG, Y.-W. [2015]: The first decade of commercial space tourism. *Acta Astronautica*, Vol. 108. 79–91. o. <http://dx.doi.org/10.1016/j.actaastro.2014.12.004>.
- CONNELL, D. [2006]: „Secrets” of the World’s Largest Seed Capital Fund: How the United States Government Uses its Small Business Innovation Research (SBIR) Programme and Procurement Budgets to Support Small Technology Firms. Centre for Business Research, University of Cambridge. [http://www.cbr.cam.ac.uk/fileadmin/user\\_upload/centre-for-business-research/downloads/special-reports/specialreport-secretsseedcapitalfund.pdf](http://www.cbr.cam.ac.uk/fileadmin/user_upload/centre-for-business-research/downloads/special-reports/specialreport-secretsseedcapitalfund.pdf).
- CUMMING, D. J. [2010]: *Venture capital: Investment strategies, structures, and policies*. John Wiley and Sons, Hoboken.
- GREENE, W. H. [2003]: *Econometric Analysis*. Prentice Hall, Pearson, New Jersey.
- HECKMAN, J. J. [1979]: Sample Selection Bias as a Specification Error. *Econometrica*, Vol. 47. No. 1. 153–161. o. <https://doi.org/10.2307/1912352>.
- ILLÉS IVÁNNÉ – GYULAI LÁSZLÓ – LAUF LÁSZLÓ [2013]: *A vállalkozásfinanszírozás alapjai*. Saldo, Budapest.
- IPIP [2010–2015]: *International Petroleum Investment Company PJSC and its subsidiaries 2010–2015*. Abu Dhabi.
- KARSAI JUDIT [2009]: *The End of the Golden Age: The Developments of the Venture Capital and Private Equity Industry in Central and Eastern Europe*. MT-DP 2009/01, MTA Közgazdaságtudományi Intézet Műhelytanulmányai, Budapest.
- KARSAI JUDIT [2015]: Állami szerepvállalás a kelet-közép-európai kockázati tőke-piacon. *Közgazdasági Szemle*, 62. évf. 11. sz. 1172–1195. o. <http://dx.doi.org/10.18414/KSZ.2015.11.1172>.
- KOH, W. T.-H. [2007]: Terrorism and its impact on economic growth and technological innovation. *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 74. No. 2. 129–138. o. <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2006.01.005>.
- KOVÁCS ZSUZSANNA ILONA [2015]: *Reforming the Conceptual Framework for Financial Reporting*. Megjelent: *Hetesi Erzsébet–Vas Zsófia* (szerk.): *New Ideas in a Changing World of Business Management and Marketing*. University of Szeged, Doctoral School of Economics, 186–193. o.
- LAMBRIGHT, W. H. [2005]: Leadership and large-scale technology: The case of the International Space Station. *Space Policy*, Vol. 21. No. 3. 195–203. o. <http://dx.doi.org/10.1016/j.spacepol.2005.05.002>.
- LAMBRIGHT, W. H. [2015]: Launching commercial space: NASA, cargo, and policy innovation. *Space Policy*, Vol. 34. 23–31. o. <http://dx.doi.org/10.1016/j.spacepol.2015.05.005>.
- LINDENMOYER, A. – STONE, D. [2010]: Status of NASA’s commercial cargo and crew transportation initiative. *Acta Astronautica*, Vol. 66. No. 5–6. 788–791. o. <http://dx.doi.org/10.1016/j.actaastro.2009.08.031>.
- MAZZUCATO, M. [2013]: *The Entrepreneurial State: Debunking the Public vs. Private Myth in Risk and Innovation*. Anthem Press, London.
- MAZZUCATO, M. [2015]: *Building the Entrepreneurial State: A New Framework for Envisioning and Evaluating a Mission-Oriented Public Sector*. Levy Economics Institute of Bard College Working Paper, No. 824. <https://ssrn.com/abstract=2544707>.
- MEGYERI ESZTER [2014]: *A kapcsolati minőség méltányossági dimenziója vállalkozási kontaktusokban*. JATEPress Kiadó, Szeged.

- MURRAY, G. [1999]: Early-stage venture capital funds, scale economies and public support. *Venture Capital*, Vol. 1. No. 4. 351–384. o. <http://dx.doi.org/10.1080/136910699295857>.
- NASA [2008]: Columbia Crew Survival Investigation Report. National Aeronautics and Space Administration, NASA/SP-2008-565. [https://www.nasa.gov/pdf/298870main\\_SP-2008-565.pdf](https://www.nasa.gov/pdf/298870main_SP-2008-565.pdf).
- NASA [2014]: Commercial Orbital Transportation Services: A New Era in Spaceflight. National Aeronautics and Space Administration, Lyndon B. Johnson Space Center, Houston. <http://www.nasa.gov/sites/default/files/files/SP-2014-617.pdf>.
- OSMAN PÉTER [2008]: Az üzleti angyalokról. *Pénzügyi Szemle*, 53. évf. 1. sz. 83–99. o.
- PAIKOWSKY, D.–BARAM, G.–BEN-ISRAEL, I. [2016]: Trends in space activities in 2014: The significance of the space activities of governments. *Acta Astronautica*, Vol. 118. 187–198. o. <http://dx.doi.org/10.1016/j.actaastro.2015.10.007>.
- PEARCE, R.–BARNES, S. [2006]: Raising venture capital. John Wiley and Sons Ltd., Chichester. <http://dx.doi.org/10.1002/9781118673416>.
- SPACESHIPONE... [2004]: SpaceShipOne Flies Again Within 14 Days - Wins \$10M X PRIZE. Scaled Composites, október 4. [http://www.scaled.com/projects/tierone/spaceshipone\\_flies\\_again\\_within\\_14\\_days\\_-\\_wins\\_10m\\_x\\_prize](http://www.scaled.com/projects/tierone/spaceshipone_flies_again_within_14_days_-_wins_10m_x_prize).
- SZIROCZAK, D.–SMITH, H. [2016]: A review of design issues specific to hypersonic flight vehicles. *Progress in Aerospace Sciences*, Vol. 84. 1–28. o. <http://dx.doi.org/10.1016/j.paerosci.2016.04.001>.
- TAURI GROUP [2016]: Start-Up Space: Rising Investment in Commercial Space Ventures. The Tauri Group, Alexandria, VA, [https://space.taurigroup.com/reports/Start\\_Up\\_Space.pdf](https://space.taurigroup.com/reports/Start_Up_Space.pdf).
- WEICK, C. W.–JAIN, R. K. [2014]: Rethinking industrial research, development and innovation in the 21st century. *Technology in Society*, Vol. 39. 110–116. o. <http://dx.doi.org/10.1016/j.techsoc.2013.12.005>.
- WOOLDRIDGE, J. M. [2002]: *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. The MIT Press, Cambridge.
- WOOLDRIDGE, J. M. [2014]: *Introduction to Econometrics*. Cengage Learning, Andover.