

A CSILLAGÁSZAT GAZDASÁGI ÉS TÁRSADALMI HASZNA

ECONOMIC AND SOCIETAL BENEFITS OF ASTRONOMY

Kereszturi Ákos¹, Könyves-Tóth Réka², Kiss L. László³

¹az MTA doktora, HUN-REN Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet, Budapest
kereszturi.akos@csfk.org

²PhD, HUN-REN Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet, Budapest

³az MTA rendes tagja, HUN-REN Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet, Budapest

ÖSSZEFOGLALÁS

Jelen cikkben áttekintjük azokat a szempontokat, amelyek alapján a csillagászat tudományának társadalmi hasznossága kvalitatív vagy kvantitatív módon azonosítható be. Konkrét példákon keresztül bemutatunk néhány nagy hatású technológiai innovációt, amelyek megalkotásában a csillagászat alapvető kérdései meghatározó szerepet játszottak. A földi légkörön túli világ fizikai összefüggéseit tanulmányozó csillagászat több űrkutatási fejlesztést is inspirált, amelyek később a hétköznapi életbe is bekerültek. A digitális képalkotás, a Big Data kezelése és feldolgozása, a kapcsolódó legfejlettebb numerikus algoritmusok kifejlesztése számos esetben csillagászati problémák megoldására vezethetők vissza. Mindezekon túl, a laikus nagyközönség érdeklődésének kielégítése is tekinthető olyan szolgáltatásnak, amelyet a csillagászati műhelyek a tudománykommunikációs aktivitásukon keresztül biztosítanak. Az univerzális kontextus, a „koherens világ” képe pedig egyértelműen a csillagászati megfigyeléseken keresztül kap folyamatos megerősítést, ez pedig olyan világgépet formáló gondolati konstrukció, amely a jelen kor tudományának egyik leginkább axiomatikus kiindulópontja.

ABSTRACT

In this article, we review the aspects that can be used to qualitatively or quantitatively identify the societal benefits of the science of astronomy. Using concrete examples, we present some high-impact technological innovations in the creation of which fundamental astronomical research questions have played a key role. The study of the physical context of the world beyond the Earth's atmosphere has inspired a number of space developments that have subsequently been incorporated into everyday life. Digital imaging, the handling and processing of large data sets (Big Data), and the development of advanced numerical algorithms can in many cases be traced back to the solution of astronomical problems. In addition, meeting the interests of the lay public can also be seen as a service that astronomy centres provide through their science communication activities. And the universal context, the image of a “coherent world”, is clearly confirmed by astronomical observations—a worldview-forming construct that is one of the most axiomatic starting points of contemporary science.

Kulcsszavak: csillagászat, asztrofizika, űrkutatás, társadalmi hatás, gazdasági következmények

Keyword: astronomy, astrophysics, space research, societal impact, economic consequences

BEVEZETÉS

Talán szokatlan a címben említett témakör, de jogos feltenni a kérdést: milyen konkrétan megfogható hasznot hajt a társadalom és a gazdaság számára az alapkutatásokat végző csillagászat? Nem mintha csak ezek alapján kellene megítélni a csillagászatot, hiszen nem véletlenül az egyik legnépszerűbb és legalapvetőbb tudományág, amely számtalan felfedezést tett, és formálta világképünket a történelem során. A társadalmi és gazdasági hasznosságát az őskorban és az ókorban alapvető, a túlélést is befolyásoló tényezők dominálták, például az időmérés, az évszakok követése, a földrajzi helymeghatározás, a tájékozódás a szárazföldön és a tengereken. Mint az időmérés alapvető módja, a csillagászat közvetlenül befolyásolta a termelést, például a vetés és aratás idejének megállapítását, és alapvető hatással volt naptárunk, valamint az időmérés számrendszerének kialakulására is. A hét mint időegység és annak hét napja (némely nyelven máig az elnevezése is, *1. táblázat*) az ókorban ismert hét, az égen a csillagok között mozgó égitesttől származik, akárcsak a hónap („Hold-nap”) vagy az év fogalma. Mai világunkban is érdekes kaland megfogalmazni a válaszokat a címben említett témakörre.

1. táblázat. A hét napjainak nevei magyar, latin, görög és angol nyelveken, valamint az adott napnak nevet adó égitest elnevezése magyarul

Magyarul	Vasárnap	Hétfő	Kedd	Szerda	Csütörtök	Péntek	Szombat
Latinul	Diēs Sōlis	Diēs Lūnae	Diēs Martis	Diēs Mercuriī	Diēs Iovis	Diēs Veneris	Diēs Saturnī
Olaszul	Domenica	Lunedì	Martedì	Mercoledì	Giovedì	Venerdì	Sabato
Angolul	Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday
Égitest	Nap	Hold	Mars	Merkúr	Jupiter	Vénusz	Szaturnusz

Társadalmi és gazdasági haszonnak tekintjük, amikor a csillagászat segítségével sikerül megoldani valamely társadalmi vagy gazdasági nehézséget, helyes döntést hozni, növelni a jólétet vagy hasznos innovációt elérni. Ideális esetben ezeket számszerűsíteni kellene, de ez a társadalmi és gazdasági folyamatok komplexitása miatt nehéz, akárcsak egyéb tudományterületeknél (például gondoljunk bele, hogy milyen sokrétű következménye lett az elektromosság és mágnesség közötti kapcsolat felfedezésének). Tovább nehezíti a számszerűsítést, hogy a következmény esetenként évtizedekkel vagy akár évszázadokkal később jelenik meg, konkrét és széles körű felhasználásként. Jó példa erre a színeképelemzés felfedezése, amely eredetileg csillagászati munka eredménye, de később egyéb tudományterületek is hozzájárultak saját fejlesztéseikkel. A spektroszkópia mint módszer ma már egyaránt megkerülhetetlen a gyógyszeriparban, a távérzékelés-alapú

termés-előrejelzésben, az élelmiszeripari minőségbiztosításban, a különféle anyagvizsgálati munkákban stb.

Fontos (de nem minden esetben egyértelmű) lehatárolni a csillagászatot más tudományos és műszaki területektől. Itt főleg bizonyos egyéb fizikai témakörök említhetők és az ürtevékenység általában, amelynél csillagászati célú kutatás motiválta a földi és űrtávcsövek, a kutató űrszondák megszületését és a kapcsolódó műszaki fejlesztéseket – míg napjaink ürtevékenységének jó része már „saját lábra állva”, a csillagászati kutatásoktól függetlenül is nagy léptekkel halad. Ennek megfelelően az alábbiakban igyekszünk a kizárólag vagy dominánsan csillagászati témákra fókuszálni. Munkánk során támaszkodtunk Marissa Rosenberg és szerzőtársai (2014) tanulmányára, illetve a Nemzetközi Csillagászati Unió által közzétett áttekintésre a csillagászat és a társadalmi hasznosság témájáról (Downer et al., 2019).

CSILLAGÁSZAT MINT A TUDOMÁNY RÉSZE

A több ezer éves múltú emberi kultúra és megismerés egyik alapvető jellemzője, hogy a tudásunk gyarapodásával egyre több (és újabb) jelenség, objektum elemzése során derült ki, hogy a „világ koherens”, ugyanazon törvények uralják a saját testünket, mint a legtávolabbi galaxisokat is. Noha a megismerés határainak tágulásával akadtak ismeretlen témakörök, amelyeket csak később értettünk meg (ilyen volt például a periódusos rendszer elemeinek keletkezése, a csillagok felrobbanása, a világegyetem tágulása), és ma is vannak felfedezett, de még magyarázatra váró jelenségek (például a világegyetem gyorsuló tágulása, a sötét energia mibenléte), ezek ellenére sem érdemes elvetni a koherens világ feltevését, a történeti tapasztalatok és a logikai okfejtések alapján sem. A koherens világ létezését igazoló megfigyelésekben kulcsszerep jut a csillagászatnak, mivel itt rendkívül változatos viszonyok között lehet a fizikai törvények működését ellenőrizni.

A csillagászatban elemzett extrém égitestek és a kapcsolódó fizikai viszonyok sok természeti törvény megismerésében segítenek. Ezzel a „nagy egész” megértéséhez járul hozzá a csillagászat, amely számos további területen működik közre a műszaki fejlődésben. Egyszerű példa, hogy a csillagászati megfigyelésekkel igazolt általános relativitáselmélet nélkül a GPS-alapú (Global Positioning System, Globális Helymeghatározó Rendszer) műholdas helymeghatározás sem lenne olyan pontos, mint ahogyan használjuk.

Nem is meglepő, hogy a csillagászat sok ilyen felfedezést eredményez, hiszen korábban nem ismert égitesteket vizsgál, és olyan viszonyokat tanulmányoz, amelyek a Földön nem jellemzőek. A neutroncsillagok belső szerkezete, a szupernóva-robbanások során lejátszódó folyamatok vagy a közelmúltban detektált gravitációs hullámok mind a nagy összkép, a világegyetemet uraló törvények megértésében segítenek. Talán kevesen gondolnak bele, de a távoli csillagok működését szabá-

lyozó fizikai törvényszerűségeknek megfelelően működik a telefonunk, illetve olvasás közben a szemünk és az agyunk is. Ezért a csillagászat hétköznapi mércével rendkívülinek tekinthető célpontjai sok olyan felismerést adnak, amelyekre pusztán földi környezetünk elemzésével nehezen jutnánk, mégis nélkülözhetetlenek a fizikai törvényszerűségek megértésében. Az így született tudás később sokféle innováció, műszaki megoldás lehetőségét adja a kutatóknak és mérnököknek.

CSILLAGÁSZAT A MŰSZAKI FEJLESZTÉSEKHEZ

Kevés szokatlanabb technológiai igény van, mint amelyet egy csillagászati célpont vizsgálata hív életre. A mérnökök számára pedig ideális kihívás, amikor a kutatóknak például extrém hidegben, földi beavatkozástól mentesen, nehezen előrelátható körülmények között kell egy robottal egy kőzet összetételét meghatározni, akár a benne lévő izotópok szintjéig, minimális energiafelhasználás mellett, adott esetben egy tenyerükben elférő, mégis pontos műszerrel.

A földi és űrtávcsövek, valamint bolygókutató űrszondák műszerei többnyire csúcstechnológiát képviselnek, ahol a műszaki megvalósítás a kutatási igényeknek próbál megfelelni. Sok műszer fejlesztésének jellegét és irányát a csillagászati mérések szükségletei befolyásolják. Csillagászat nélkül talán még ma sem létezne gamma-távcső, sok egymástól távoli rádióteleszkópot összekapcsoló interferometriás technológia, sem a kézben tartott kamerák filmfelvételeinek rezgésmentes stabilizálása. Napjainkban a hatalmas digitális adatmennyiség gyors rögzítése és feldolgozása (ún. *big data* témakör) hardver- és szoftverfejlesztéseinek hatótényezői között fontosak a teljes égboltra kiterjedő digitális felmérések. Ezek naponta terabájtnyi adatot termelnek és dolgoznak fel folyamatosan – a CERN (Conseil européen pour la recherche nucléaire, Európai Nukleáris Kutatási Szervezet) részecskefizikusai mellett a legnagyobb adattermelő és -értelmező témakörök ezek. Itt említhető például a Dark Energy Survey program, amely naponta 2,5 terabájt adatot produkál a chilei 4 méter átmérőjű Blanco-távcsővel, szupernóvákat, gravitációs-lencse-jelenséget és a világegyetem nagy méretskáláját elemezve. Itt említhető továbbá a Zwicky Transient Facility égbolt-monitorozó rendszer, amely gamma-villanásokra, szupernóvákra, üstökösökre és kisbolygókra vadászva naponta 4 terabájt adatot termel. Ezen égboltfelmérések tervezésekor a számítástechnikai kapacitás volt a fő limitáló tényező, és ennek optimalizálására automatizált algoritmusok szűrik ki a változásokat a gigantikus mennyiségű, folyamatosan újratermelő adatállományból.

A *műszaki fejlesztéseknél* természetesen nem a csillagász végzi a technikai megvalósítás nagyobb részét, hanem a csillagászokkal együtt dolgozó mérnökök és cégek, amelyek a csillagászati igények mint „megrendelők” nélkül nehezen kezdenének ilyen szokatlan, egyedi fejlesztésekbe. Ilyen technológiaként említ-

hető például a gyors kiolvasású EMCCD-detektorok megalkotása, a rádiócsillagászati tapasztalatok alapján kifejlesztett okostelefon-antenna technológiája vagy a kábel nélküli (wireless) technológia jelentős része, de a konyhai infrásütőkben alkalmazott üvegkerámia anyagot is távcsövekhez fejlesztették ki. A repülőtéri röntgenátvilágító berendezés alapját röntgencsillagászati mérésekhez fejlesztették, akár csak a telefonunkban lévő CCD-kamerát. Számos ilyen „apró” érdekesség található, amelyek mindennapi életünket, illetve a gazdaságot segítik, és nem gondolnánk elsősre, hogy a csillagászat céljaira készültek.

A detektorok fejlesztése, a multi- és hiperspektrális méréstechnika kialakítása ma már a műholdakról lefelé tekintve ad hasznot a termésbecslésben, környezeti katasztrófák elhárításában és akár biztonságpolitikai, katonai célokra is. A nagy becsapódások előrejelzésében (idővel talán elkerülésében) vagy a GPS-műholdas adatokat és a helymeghatározást megalapozó napkitörések és koronakitörések hétköznapi káreseményeinek megelőzésében is segítenek a csillagászati megfigyelések. A műszerfejlesztésen túl a csillagászok által megalkotott programozási nyelvek is hasznosak az emberiségnek: az IDL nevű, csillagászati célra írt programnyelvet használja például a General Motors nevű cég, az IRAF nevű, csillagászati képfeldolgozó programot pedig az AT&T nevű telekommunikációs cég alkalmazza adatelemzési feladatok elvégzéséhez. Ezekhez hasonlóan sok orvostudományi diagnosztikai módszer, például az MRI és CT technológiai fejlesztésében is kulcsszerepe volt a csillagászati kutatásoknak, adatfeldolgozásnak, képalkotásnak.

Az *űrszondás mérések* extra igényei is műszaki innovációkat eredményeztek. A rendkívüli hidegben, vákuumban, avagy nagy nyomáson végzendő pontos, de alacsony energiaigényű méréstechnika elemei sokszor egy-egy úttörő űrszonda megépítése során születtek meg. Itt említhetők még a rendkívüli hidegben (például a Titan szaturnuszhold felszínén vagy az űrtávcsövekben nem sokkal nulla kelvin felett) működő érzékelők, a kriogén mintavétel fejlesztése üstökösragok vagy a Hold sarkvidékén lévő jég vizsgálata céljából. Utóbbi helyen a kemény célközetet úgy kell megfürni, hogy az ne melegedjen fel, és az illékony összetevők megmaradjanak, ez együttesen nem hétköznapi mérnöki kihívás, amelynek kifejlesztését a csillagászat inspirálja. Áttételesen pedig az űrtechnológia számtalan fejlesztése kapcsolódik a részben csillagászati céllal megindult, később főleg már egyéb úton motivált űrtevékenységhez.

CSILLAGÁSZAT A KÖVETKEZŐ GENERÁCIÓNAK

Talán nem túlzás a csillagászatot a tudományos ismeretterjesztés egyik leginkább figyelemfelhívó módjának tekinteni. Ritka az a fiatal, akit nem érdekel az égitestek születése, a Földön kívüli élet lehetősége, a nagy becsapódások hatása bolygónkra vagy a Mars felszíni viszonyai. A csillagászat ideális eszköz a fiata-

lok természettudomány felé terelésére, pályaválasztásuk orientálására, és ezzel a műszaki-tudományos szakemberek körének bővítésére. Persze többségük végül nem csillagász lesz, de a csillagászati ismeretterjesztés sok fiatalat állíthat műszaki vagy tudományos pályára, akik végül vegyészként, orvosként, mérnökként stb. lesznek a társadalom innovátorai és aktív formálói.

Az *iskolai oktatásban* a csillagászat szerényebb lehetőségeket kap, de a legtöbb alkalommal a diákok nagy érdeklődésére tart számot, és különféle tantárgyakhoz kapcsolódik, az érdekessegek mellett interdiszciplináris kapcsolatokat is felmutatva. A csillagászat tehát ideális eszköz a diákok motiválására, hogy saját maguk nézzenek utána új felfedezéseknek, gyűjtsenek ismereteket az interneten és állítsanak össze tudásanyagot egyes égitestekről, csupán önszorgalomból.

Az oktatáson kívül a *problémákhoz való hozzáállás* fejlesztésében is segít a csillagászat – persze sok egyéb tényezővel közösen. Másként néz egy problémára az a fiatal, aki például gyerekkorában megszokta, hogy a csillagászatban milliós, milliárd fényévekkel, sok milliárd évvel, kilométer/másodperces sebességekkel vagy egyéb, a hétköznapi fogalmainktól eltérő jellemzőkkel (görbült téridővel, atommag sűrűségű anyaggal stb.) foglalkozik. A csillagászati léptéket (is) használók „megszokták” a rendkívüli viszonyokat és azt is, hogy megfelelő módszerrel az extremitások is elemezhetőek – miért is lepődnének meg később egy szokatlan problémán? A „csillagászon felnőtt” fiatalnak kevésbé rendkívüli egy elsőre szinte felfoghatatlan probléma is: ezek megfejtésének sora maga a csillagászat története. Egy ilyen személy talán „bátrabban” néz szembe a rendkívüli problémákkal is (amiben persze nemcsak a csillagászat segít, de az is közreműködik benne). A csillagászat révén a hétköznapi viszonyok között kezelhetetlen fogalmak, méret-, tömeg- és időskálák használata révén egyéb szokatlan problémáktól sem rettenünk vissza. Meg tudjuk mondani, mikor keletkezett a világegyetem, a Föld, meddig sugároz még Napunk, vagy mi lesz a világegyetem jövője, pontosabban az mi mindentől függ. Elvontnak tűnő kérdéseket segít megfogni, megmérni, kiszámolni, ha valaki gyerekkorában csillagászati témakörökkel is foglalkozik.

CSILLAGÁSZAT ÉS A „HANGULATUNK”

A csillagászat átadja a megbízható élményét annak, hogy a *világ megismerhető és megérthető*, méghozzá mérések és megfigyelések, azaz objektív elemzések segítségével. A tapasztalatokból kiinduló, elemző gondolkodásra sarkallja a „felhasználót” – a megfigyelésekkel alátámasztott állításokra pedig nagy szükség van napjainkban is. A csillagászat közreműködik a természet *szépségének megtapasztalásában* (az ég alatt és a távcső mellett, illetve a képernyőn vagy egy könyv lapjait olvasva egyaránt), ezzel segít környezetünk értékelésében, Földünket könnyebb kontextusba helyezni, jellemzőit értékelni, ha például ismerjük a Mars

fagyos vagy a Vénusz forró világát. Könnyebb megfogni, elhelyezni a skálán, hogy miért is megóvandó a bolygónk éghajlatát jellemző egyensúly. Itt említhető még a csillagászat szakmai hozzájárulása a fényszennyezés jobb megértéséhez és a csökkentése érdekében kifejlesztett munkához, amellyel ez a tudomány is segíti a környezetvédelem, a jobb éjszakai pihenés és az éjjeli élővilágnak kedvező környezeti állapotok fenntartását.

Az égbolt szépségei évezredek óta gazdagítják az emberi kultúrát, amelyhez a csillagászat hozzájárulása a tudományos háttér és a kontextus, elősegítve a csillagképekhez és égitestekhez kapcsolódó legendák és hagyományok ápolását. Az elmúlt évtizedek pszichológiai kutatásai alapján az ember egyik *fontos igénye a kötődés*, ilyen állapotban érezzük nyugodtnak, biztonságban, kényelemben magunkat. Ezért kedveljük a megszokott környezetet, lakásunkat, barátainkat, napi rutinjainkat. A csillagászat a kötődés skáláját növeli meg: bemutatja, milyen és mekkora a világegyetem, és abba hogyan illeszkedik lakóhelyünk, a Föld mint égitest. Kényelmesebb érzést és háttérrel ad, ha tudjuk, hol vagyunk, miért volt lehetséges bolygónkon az élet kialakulása, miként véd minket a magnetoszféra és a légkörünk. A csillagászat adta világkép elképzelhetőbbé teszi környezetünket: nem a világ közepére helyezi bolygónkat, némi szerénységet is tanítva ezzel, és segítségével magunk elé tudjuk képzelni a városunk vagy országunk határánál jóval távolabbi vidékeket – ez a tudás a kötődés révén, ha kismértékben is, de nyugodtabbá, magabiztosabbá teheti életünket, amivel jobban tudjuk elhelyezni magunkat a világban.

Nehéz pontosan megállapítani, miben segíti az ember életét, hangulatát, világlátását és mindennapjait, ha *stabil világképe* van, amelybe koherens módon illeszthető, amit megtapasztal. A csillagászati jelenségeket ugyanazon fizikai folyamatok határozzák meg, mint amelyek szerint a telefon, az atomreaktor működik, vagy a tűzhelyben a sütés zajlik. A stabil világkép valószínűleg általánosságban segíti elő az ember jobb hangulatát és magabiztosságát, az itt leírtaknál sokkal összetettebb formában, de csillagászati ismeretek közreműködésével. Nehéz például számszerűsíteni, illetve igazolni, hogy mennyivel fokozódik a magabiztosságunk, ha értjük, miért arra nyugszik a Nap, amerre szokott; miként tudjuk a műholdak révén a magasból látni, hogy közelít-e viharfront felénk, stb. A világot értő ember magabiztosabban mozog benne, és talán csökken a valódi ok nélküli félelemérzete.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az emberi történelem során lassan, folyamatosan változott a csillagászat szerepe a gazdasági és társadalmi jellemzőket tekintve, az időméréstől és helymeghatározástól indulva az alapvető fizikai törvények megismerésén át napjaink digitális csúcstechnológiája támogatásáig, egyre újabb detektorok és űrszondás

módszerek megalkotásáig. A fentiekben nehezen számszerűsíthető témaköröket is említettünk, de léteznek mindezek mellett a csillagászatnak olyan általános vonatkozásai, amelyek még nehezebben megfoghatóak, de segíthetik életünket. Ezek magyarázata közel annyira nehéz, mint amikor azt akarnánk konkrétan megfogni, hogy a zene, a képzőművészet vagy a szépirodalom miként segíti az embereket, a társadalmat és áttételesen a gazdaságot. Ez feltehetőleg a komplex, érzelmekkel is áthatott emberi gondolkodás olyan területe, amelyet ma még csak kezdenek megismerni a kutatók.

Ugyanakkor valószínűleg nem állunk messze a valóságtól, ha azt állítjuk, hogy a csillagászat olyan általános „motivációként” is működik, amely segíti a személyeket kiszakadni a hétköznapi nehézségeik gondolköréből, és közreműködik új ötletek megszületésében, nehéz helyzetek megoldásában. Mindezek fényében érdemes néhány *ajánlást is megfogalmazni*, hogy a csillagászat miként tudna még hatékonyabban segíteni a társadalmunknak és gazdaságunknak. A legfontosabb tennivaló a csillagászat sokrétű megjelenítése és beépítése az oktatásba, valamint az ismeretterjesztésbe; beleértve napjaink digitális, *online* kommunikációval és közösségi platformokkal átszőtt világát. A csúcstechnológiákat tekintve pedig jelentősen segíti hazánkat, ha olyan nemzetközi csillagászati és űrszondás programokban működünk közre, amelyek hazai cégeket és mérnököket kapcsol be a nemzetközi vérkeringésbe. A tudósok és mérnökök, tehát a kutatóintézetek és technológiai cégek együttműködése tudná mindezt hatékonyan elősegíteni.

A kiművelt emberfő az *áltudományokkal* (de akár a nem igazán etikus reklámokkal) is nehezebben téveszthető meg. Akik ismerik a csillagászatban a megfigyelések és mérések kritikus szemléletét, azok talán az érzelmi alapon motivált, de tényekkel és reális érvekkel alá nem támasztott szélsőséges ideológiákkal szemben is kritikusabbak. És ez minden természettudományra igaz lehet. A csillagászat mellett a többi tudományterület és számos más témakör kölcsönhatása alapján születnek meg azok a társadalmi és gazdasági hasznok, amelyeket aztán hétköznapi értelemben „jónak” tekintünk. Indokolatlan lenne a csillagászatot kiemelni mindezek közül, de érdemes tisztában lenni, hogy ennek a diszciplínának is sokrétű társadalmi és gazdasági haszna van, jórészt a fent bemutatott összefüggéseknek megfelelően.

Miért éri meg a távoli galaxisok világát, a csillagok és bolygók születését kutatni? Az ezeket vizsgáló csillagászat alap kutatás, ezért célja a minket körülvevő világ mélyebb és általános megismerése, tehát nem közvetlenül az, hogy miként hasznosítsuk az eredményeket a hétköznapijainkban. Ez inkább egyfajta jövőbe történő befektetés: a ma folyó kutatásoknak talán száz év múlva lesz mindennapi hasznuk.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönet illeti Boldog Ádámot, illetve a Svábhegyi Csillagvizsgáló csapatát e cikk összeállítására adott szakmai tanácsaikért.

IRODALOM

- Downer, Bethany – Burton, Michael – van Dishoeck, Ewine et al. (eds.) (2019): *From Medicine to Wi-Fi. Technical Applications of Astronomy to Society*. International Astronomical Union. <https://www.iau.org/static/archives/announcements/pdf/ann19022a.pdf>
- Rosenberg, Marissa – Bladon, Georgia – Russo, Pedro et al. (2014): Astronomy in Everyday Life. *CAPJournal*, 14, 30–35. https://www.capjournal.org/issues/14/14_30.pdf