

BOTH SOMA
ORSZÁGOS TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR
ENERGETIKAI GÉPEK ÉS RENDSZEREK TANSZÉK



OTDK DOLGOZATOK

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR
ENERGETIKAI GÉPEK ÉS RENDSZEREK TANSZÉK

BOTH SOMA
OTDK DOLGOZAT
Társadalmi mutatók és az energiaellátás

Konzulens:
Bihari Péter
docens

Budapest, 2013

Szerzői jog © Both Soma, 2013.
Szerzői jog © Bihari Péter, 2013.

TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés ÉS Célkitűzések	2
2. Szakirodalmi áttekintés és Előzmények	3
2.1. Az energetika és a társadalom kapcsolata Leslie White munkássága nyomán.....	3
2.2. A szakirodalomban feltárt összefüggések és a használatos indexek	6
2.3. A mintakiválasztás alapjai	14
2.4. A regressziószámítás alapjai	17
3. A szocio-kulturális fejlettség jellemzése	20
3.1. Indexek White-féle jellemzőkre	20
3.2. Az indexek számszerűsítése	23
3.3. Adatok	29
4. A társadalmi fejlettség kapcsolata az energetikával	30
4.1. Fejlettségi index megalkotása	30
4.2. Összehasonlítás a HDI-vel	32
4.3. További felhasználási lehetőségek	35
5. Idősoros vizsgálatok	37
5.1. Bevezetés	37
5.2. A vizsált országok és a vizsgált adatok bemutatása	37
5.3. Trendek grafikus elemzése	39
5.4. Regressziós vizsgálat	46
5.5. Tovább lépési lehetőségek	49
6. Összefoglalás	50
7. Irodalomjegyzék	51

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉSEK

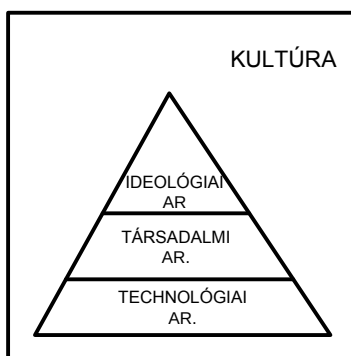
Az energetika a mérnöki tudományágak közül az egyik leginkább összetett és szerteágazó szakterület. Szokás mondani, hogy egy energetikus rendszerszintű szemlélettel gondolkodik. Ennek alapján a berendezéseket egy igen összetett rendszerben üzemeltetjük, hiszen a nyilvánvaló műszaki gazdasági és jogi szempontrendszeren túl, melyek a többi mérnöki tudományban is megjelennek, egyéb hatásokat is figyelembe kell venni. Az energetika ugyanis alapvető hatást gyakorol a társadalom szocio-kulturális fejlettségére. Ebben a munkában célom megvizsgálni, hogy milyen kapcsolat van egy társadalom fejlettsége, és az energiafelhasználása között, valamint további célul tűzöm ki egy olyan mérőszám megalkotását, mely a jelenleg használatban lévő mutatókhoz képest más szemlélettel tükrözi a fejlettségi szintet. Az így kialakított objektív mennyiségeken alapuló index alkalmas lehet politikai és stratégiai döntések megalapozására, és annak vizsgálatára, hogy egyes beavatkozások (és itt most kiemelten az energetikán belüli beavatkozásokról van szó) milyen hatást fejtenek ki a társadalom egészére. Ezen túlmenően a feltárt kapcsolatok segítségével távlati célom egy villamosenergia-igény előrejelző modell megalkotása. Egy dinamikus modell leírásához ismerni kell az egyes változók egymásra hatásait. Ezeknek a hatásoknak a feltérképezését idősoros vizsgálatok segítségével végzem el. Az így kapott eredmények értékelése után bemutatom azok felhasználási lehetőségeit egy előrejelző, valamint energiapolitikai és energiasztratégiai döntéseket támogató modellben, de ezen modellek részletes kidolgozása ebben a dolgozatban nem szerepel.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS ÉS ELŐZMÉNYEK

2.1. Az energetika és a társadalom kapcsolata Leslie White munkássága nyomán

Az energetika egy önálló tudományág, mely több más területet szintetizál, ezért szokás rá interdiszciplináris, vagyis több szakterületet érintő rendszerként hivatkozni. Annak ellenére, hogy ez a kifejezés a szakma hazai művelői között is népszerű, az igazi tudományokon átívelő látásmód egyelőre csupán a műszaki a jogi és a gazdasági részeket foglalja magában. Ennek a három aspektusnak a vizsgálata nem elegendő, hiszen az energetikának az említett területeken is túlnyúló hatása van az emberiségre. Ezen hatás vizsgálatával foglalkozott LESLIE A. WHITE, antropológus, aki 1900 és 1975 között élt. Bár a saját tudományterületén belül munkái szerteágazóak, most csak az energetikához kapcsolódó gondolatairól lesz szó.

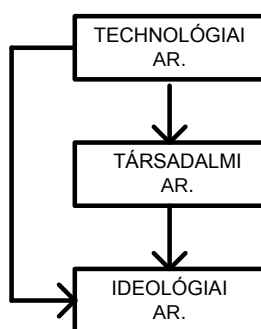
White a kulturális rendszert három elkülöníthető alrendszerre bontva képzelte el. Ezek a technológiai, a társadalmi, és az ideológiai alrendszerek (White, *The Science of Culture*, 1949).



2-1. ábra Az emberi kultúra felépítése (AR.: alrendszer)

Az emberi kultúra felbontásánál a felsorolt rendszerek alá-fölé rendeltsége tapasztalható. Az élethez szükséges alapvető emberi szükségleteket a technológiai rendszer elégíti ki, ezért ez jelenti az egész rendszer alapját, vagyis ettől függenek a társadalmi és ideológiai rendszerek. White a kultúra leírása során egyértelműen kiemelte, hogy a társadalmi rendszert, mint függő változót vizsgálja a technológiai rendszer, mint független változó tükrében. Ez a szemlélet azt jelenti, hogy nem a társadalom által támasztott igények alakítják a technológiai fejlődést, hanem épp ellenkezőleg, a technológia kínálta lehetőségek nyitnak utat az egyre összetettebb társadalmi és ideológiai struktúrák kialakulásához. Az ideológiai rendszer természete-

sen a társadalom felépítésétől is jelentősen függ, ezért a hatásokat az alábbi blokk-séma szerint lehet leírni.



2-2. ábra A kultúra alrendszerének egymásra hatása

A modell szerint a legalapvetőbb rendszer a technológia, ez determinálja a társadalmi és az ideológiai berendezkedést. (White, The Science of Culture, 1949) Ez persze nem jelenti azt, hogy a társadalom nincs hatással a technológiára vagy, hogy az ideológiai rendszer nem hat vissza a másik két elemre, csupán azt jelenti, hogy az előző ábrán feltüntetett hatások a fő befolyásoló tényezők, és ezekhez képest a többi elhanyagolható. Eszerint minden technológiai feltételrendszerhez tartozik egy társadalmi berendezkedés séma, és ezek együtt meghatározzák az adott társadalom világképét, ideológiáját is. Egy adott technológiai rendszerben működő társadalom világképe például a totemizmus lesz, és más technológiai paraméterek például kvantummechanikai felfogást eredményezhetnek. De a fő befolyásoló elem továbbra is a technológia. De hogy kapcsolódik ehhez a leíráshoz a bevezetőben említett energetika?

A kultúra modell feltétele az élet. Az élet egy olyan jelenség, melynek során az univerzum egy részében az anyag jobban strukturált, az energia pedig koncentráltabb formában fordul elő, mint más részeken. Ez a koncentráció a termodinamika II. főtétele által megszabott iránnyal ellentétes, vagyis az élőlényeknek energiát kell bevezetniük saját fenntartásuk folyamatába. Ezzel a szemlélettel az evolúciót is fel lehet fogni a II. főtétel által deklarált folyamat-iránnyal ellentétesen való haladásnak. Az élőlények közül természetesen most csak az emberi viselkedés tárgyalásával foglalkozunk. Az ember alapvető igényei az életfunkciók fenntartása, a védekezés a külső hatásokkal szemben, a szociális rend kialakítása és a reprodukció mind energiaigényes folyamatok. Ezért a kultúra technológiai alrendszerét alapvetően meghatározza az élethez szükséges energiához való hozzáférés milyensége, és a megszerzett energia hasznosítása. White állítása szerint a kulturális fejlődés fokát az határozza meg, hogy mennyi energiához jut a vizsgált társadalom, és azt hogyan hajtja a civilizáció szolgálatába. (White, The Science of Culture, 1949) Ez két fontos befolyásoló tényezőhöz vezet. Az egyik az egy főre eső éves primerenergia fogyasztás (E), a másik pedig az energia hasznosítását végző

technológiai alrendszer hatékonysága (T), amit röviden energiahatékonyságnak nevezünk. A két tényező szorzataként egy a kulturális fejlettségre utaló mérőszámot kapunk (C).

$$E \times T \rightarrow C \quad (2-1)$$

Vagyis a kultúra fejlődése, amit az előző megfontolások szerint alapvetően a technológiai alrendszer határoz meg közvetlenül visszavezethető a legfontosabb tényező, az energia hasznosításának leírására. Ez alapján White négy fő korszakra osztotta az emberiség fejlődését. Az első az emberi izomerő hasznosítása. Egy egészséges felnőtt ember körülbelül 1/10 lóerőnek megfelelő teljesítmény kifejtésére képes. A társadalomra vett átlag a nők, a gyermekek, az öregek és a betegek figyelembevételével nagyjából ennek a fele. Nem meglepő hogy ez a csekély energiamennyiség komoly korlátokat jelentett a korai társadalmakban, mint az például az európai paleolit kultúrák esetében is megfigyelhető. Természetesen az energiahatékonyság növelésével itt is el lehetett érni némi fejlődést. Ilyen volt például a kőbalt megjelenése, mely az emberi izomerő hatékonyabb felhasználását tette lehetővé, de világosan látszik, hogy az így elérhető előrelépések igencsak korlátosak. A kulturális struktúra összetettségében akkor jelentkezett komoly ugrás, amikor az emberiség a növényi és állati energiát kezdte el hasznosítani. Ez jelenti White értelmezésében a második korszakot. A növények termesztésével az addigi gyűjtögető életmód helyett az ember átvette az irányítást a természettől, és egy jóval nagyobb energiasűrűségű területet hozott létre saját igényeinek kielégítésére. A társadalmak fejlődését tekintve a legfontosabb haszonnövények a gabonafélék voltak. Egyik nagy társadalom se kerülte ki a gabona hasznosítását fejlődése során. EDWARD B. TYLOR, a kulturális evolúció tudósa egyenesen a társadalmi fejlődés mozgatórugójaként jellemezte a gabonát. Az állati energia felhasználása további lehetőséget teremtett a fejlődésre. A kulturális struktúrák fejlődtek, és olyan társadalmak jöttek létre, mint az egyiptomi, a mezopotámiai, vagy az indiai. Azonban a fejlődés itt is korlátokba ütközött, és a fejlődési görbében megjelent egy lassuló szakasz, majd egy plató. A továbblendüléshez a következő energetikai korszak nyújtotta a lehetőséget. Ez a tüzelőanyagok, vagyis a szén, az olaj és a gáz hasznosításának korszaka. A mai társadalom részben ennek az újbóli fellendülésnek köszönhetően jutott a napjainkban megfigyelhető szintre. Azért csak részben, mert időközben beköszöntött a negyedik periódus, az atomkorszak. Az előző energiaforrás váltásokkal ellentétben az atomkorszak még azelőtt eljött, hogy a tüzelőanyagok révén elérhető fejlődés teljesen kiteljesedett volna, ezért ennek a két mozgatórugónak a hatásait nehéz elkülöníteni.

Összefoglalásképpen megállapítható, hogy a nagy társadalmi fejlődések akkor következtek be, amikor az emberiség a felhasználható energia mennyiségét növelni tudta, általában új

alapvető forrás kiaknázásával. Kisebbségi változások akkor is észlelhetők voltak a történelemben, amikor a meglévő forrás hatékonyabb felhasználására vezető fejlődés ment végbe a technológiai alrendszerben. A továbbiakban a mai társadalmakról rendelkezésre álló statisztikai adatok alapján kerül bemutatásra Leslie White elmélete. A modern matematikai eszközök lehetőséget teremtenek arra, hogy a fent leírtakat ne csak találgatás és elméleti fejtegetés szintjén, hanem mérőszámokkal bemutattva is érzékeltetni lehessen. Ehhez azonban megfelelő mérőszámokat kell találni a White által szavakban megfogalmazott elmélethez. White szerint a kulturális fejlettség jellemzői a politikai egység nagysága, a városnagyság, az építészeti és mérnöki munkák mérete és összetettsége, a népsűrűség, és a termelés nagysága. Ezek közül néhányat könnyű számokkal megragadni, másokat kevésbé. A következő táblázat a White-féle megközelítés mérhető mennyiségekkel való megfeleltetését foglalja össze. Fontos olyan mérőszámok használata, melyek a vizsgált országokra vonatkozóan megbízható statisztikák alapján rendelkezésre állnak, és melyek jól tükrözik az eredeti szempont hatását.

2-1. táblázat White-féle fejlettség szempontok és mérőszámok

Kulturális fejlettségi szempont	A szempontra utaló mérőszám
politikai egység nagysága	nemzetközi szervezeti tagság, illetve a tagsági követelmények teljesítése
városnagyság	az adott ország 3 legnagyobb városának mutatói
építészeti és mérnöki munkák	infrastruktúrát jellemző mérőszámok
népsűrűség	népsűrűség
termelés nagysága	GDP

2.2. A szakirodalomban feltárt összefüggések és a használatos indexek

Természetesen a társadalom és az energetika kapcsolatának vizsgálata nem újkeletű tevékenység. A szakirodalomban több forrás is található, melyek az egymásra hatásokat hivatottak feltárni.

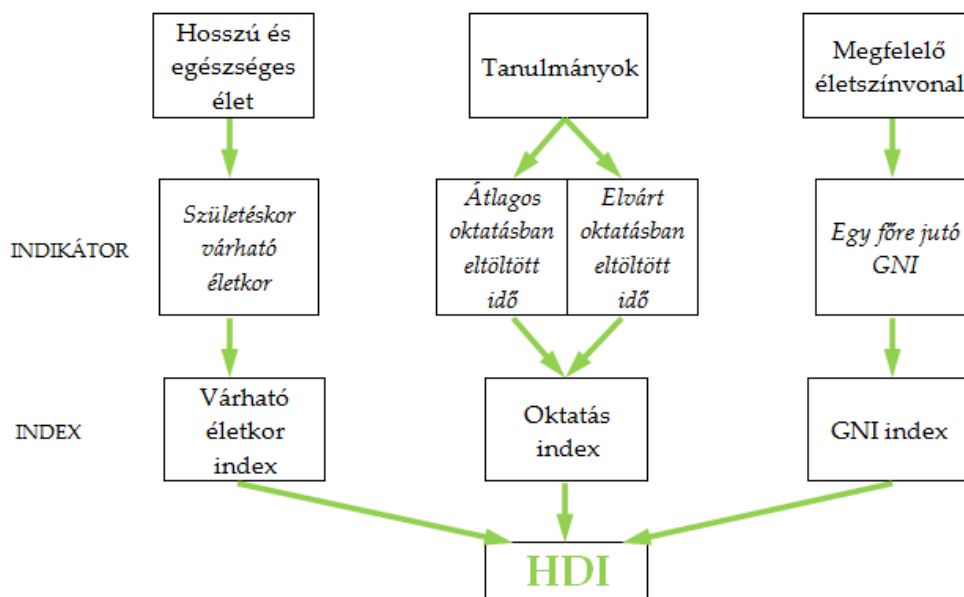
A társadalmi fejlettség széles körben használatos mutatója a humán fejlettségi index, vagyis a HDI (Human Development Index). A HDI-t az ENSZ publikálja minden évben a tagországok adatai alapján. Ez a mérőszám három fő szempontból közelíti meg egy adott ország fejlettségét. Ezek az egészségügy, az oktatás, és a bruttó nemzeti össztermék. (Human Development Report, 2011) Az index számításához szükséges a vizsgált jellemzők alsó és felső határának megállapítása. A számításnál mindhárom értékre egy 0 és 1 közötti mérőszámot fogalmazzunk meg az alábbi összefüggés szerint. (Dias, 2006)

$$\text{index} = \frac{\text{vizsgált érték} - \text{alsó határ}}{\text{felső határ} - \text{alsó határ}} \quad (2-2)$$

A vizsgált érték számításakor természetesen előfordulhat a statisztikai adatok súlyozása. A GNI értékét a HDI számítás külön kezeli, és az indexek logaritmusával dolgozik. A számítás ezzel veszi figyelembe azt a feltételezést, hogy a fejlettség növekedéséhez nem feltétlenül szükséges gazdasági növekedés is.

$$\text{GNIindex} = \frac{\log(\text{GNI vizsgált érték}) - \log(\text{GNI alsó határ})}{\log(\text{GNI felső határ}) - \log(\text{GNI alsó határ})} \quad (2-3)$$

Végül a HDI a három fentiek alapján létrehozott index mértani átlagaként számítható. A számítás gondolatmenetét a 2-3. ábra mutatja be.



2-3. ábra A HDI számításának sémája (United Nations, 2011)

Példaként az ENSZ által kiadott jelentésből bemutatom a HDI számítását Magyarország esetére. (United Nations, 2011) Az indexek alsó és felső határát a 2-2. táblázat *Alapadatok a HDI számításához* (United Nations, 2011) foglalja össze.

2-2. táblázat Alapadatok a HDI számításához (United Nations, 2011)

	Előforduló maximum érték (felső határ)	Minimum érték (alsó határ)
Várható életkor, [év]	83,4 (Japán, 2011)	20
Átlagos oktatásban eltöltött idő, [év]	13,1 (Csehország, 2005)	0
Elvárt oktatásban eltöltött idő, [év]	18	0
Összesített oktatási index [1]	0,978 (Új-Zéland, 2010)	0
Egy főre jutó össztermék [PPP\$/c]	107721 (Quatar, 2011)	100

Magyarországra vonatkozóan a számításhoz szükséges adatok a következők. (United Nations, 2011)

2-3. táblázat Magyarország adatai (United Nations, 2011)

Várható életkor, [év]	74,4
Átlagos oktatásban eltöltött idő (ÁOEI), [év]	11,1
Elvárt oktatásban eltöltött idő (EOEI), [év]	15,3
Egy főre jutó össztermék [PPP\$/c]	16581

Ezzel az egyes indexek számítása a következőképp tehető meg. Az átláthatóság kedvéért az átlagos oktatásban eltöltött időt ÁOEI rövidítéssel, az elvárt oktatásban eltöltött időt EOEI rövidítéssel helyettesítem.

$$\text{Várható életkor index} = \frac{74,4 - 20}{83,4 - 20} = 0,858 \quad (2-4)$$

$$\text{ÁOEI index} = \frac{11,1 - 0}{13,1 - 0} = 0,847 \quad (2-5)$$

$$\text{EOEI index} = \frac{15,3 - 0}{18 - 0} = 0,85 \quad (2-6)$$

$$\text{Oktatási index} = \frac{\sqrt{\text{ÁOEI} \cdot \text{EOEI}} - 0}{0,978 - 0} = 0,867 \quad (2-7)$$

$$\text{Jövedelem index} = \frac{\ln(16581) - \ln(100)}{\ln(107721) - \ln(100)} = 0,732 \quad (2-8)$$

$$\text{HDI} = \sqrt[3]{0,858 \cdot 0,867 \cdot 0,732} = 0,816$$

(2-9)

A rendelkezésre álló adatokból a többi országra hasonlóan ki lehet számítani a HDI értékét. A jelentés négy csoportot különít el az eredmények alapján. Az elkülönítés eredményét mutatja be az alábbi táblázat a 2011-es évre vonatkozóan.

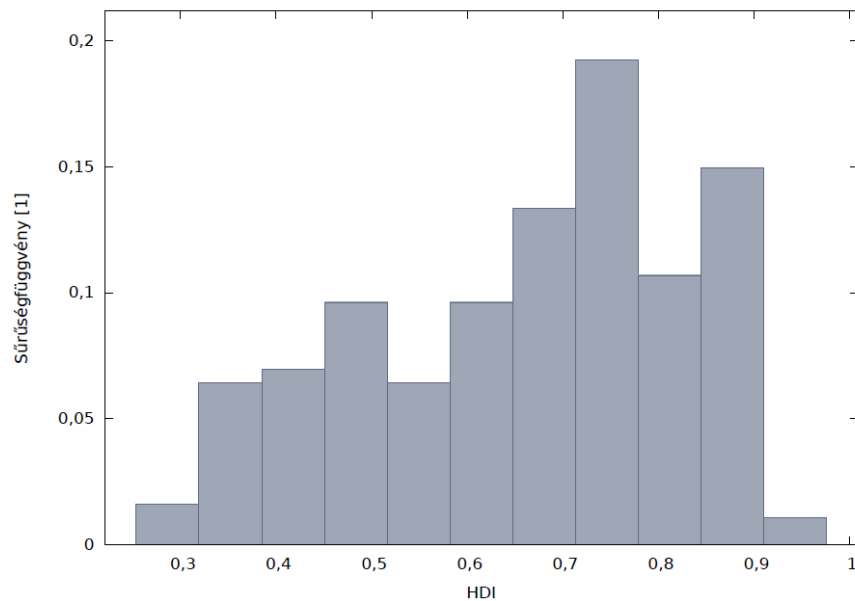
2-4. táblázat A HDI csoportjai

	HDI érték	Országok száma (2011)
Nagyon magas fejlettségi szint	0,943...0,793	47
Magas fejlettségi szint	0,783...0,698	46
Közepes fejlettségi szint	0,698...0,522	47
Alacsony fejlettségi szint	0,51...0,286	46

A 2-4. táblázatból látszik, hogy a HDI csoportok az országok száma alapján kerülnek kialakításra. Ez nem feltétlenül szerencsés módszer, hiszen így a fejlettségi csoport csak relatívan, a többi országhoz viszonyítva ad tájékoztatást. Így egy nagyobb zavarás hatására (például egy világháború utáni újjáépítési időszak elején) az ilyen csoportosítás torzulhat. Szélsőséges esetekben egy hasonló globális katasztrófa után a 0,5...0,6-os HDI értékkel rendelkező országok is bekerülhetnek a nagyon magas fejlettségi szintű csoportba, pedig nem biztos hogy fejlődött az életminőségük, inkább csak kevésbé érintette őket a hanyatlás, mint a többi országot. Ezért véleményem szerint fenntartással kell kezelni a HDI csoportokkal kapcsolatos megállapításokat. A valós fejlettségi szintet jobban mutatja egy sűrűségfüggvény, amit a 2-4. ábra A HDI sűrűségfüggvénye mutat be. Ezen látszik, hogy a fejlettségi szintek alapján való csoportosítás módja nem mutatja meg az egyenlőtlenségeket a fejlett és fejlődő országok között. Ha jobb képet szeretnénk kapni, akkor a felosztást a HDI érték alapján célszerű elvégezni.

2-5. táblázat A HDI csoportok felosztása HDI érték szerint

Fejlettségi kategória	HDI tartomány	Országok száma (2011)
Legmagasabb	1,00...0,85	29
Magas	0,85...0,70	62
Közepes	0,70...0,55	42
Alacsony	0,55...0,40	36
Legalacsonyabb	0,40...0,25	18

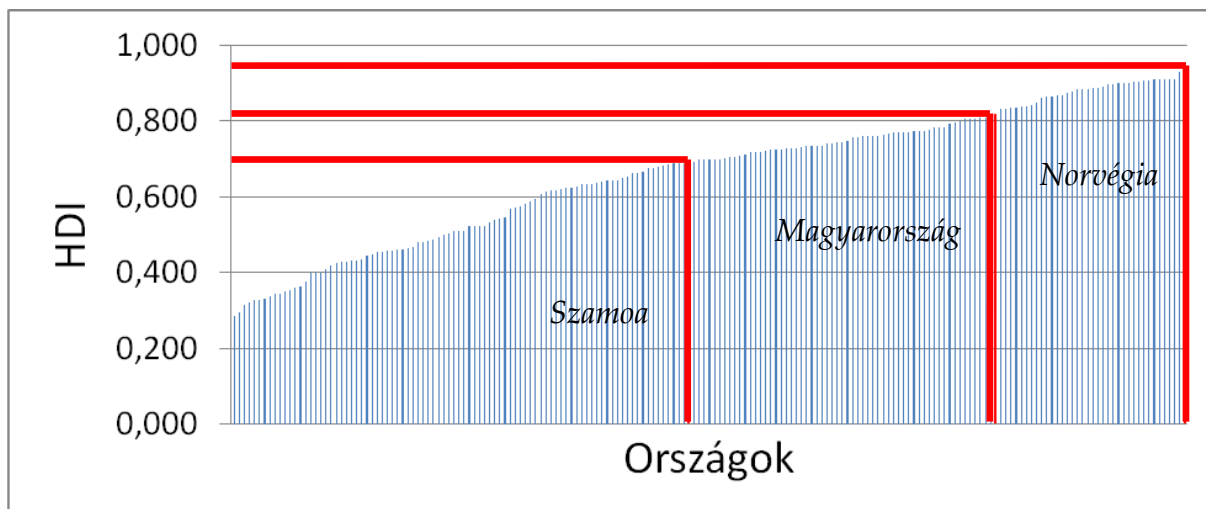


2-4. ábra A HDI sűrűségfüggvénye

A 2-5. táblázat szerinti felosztás alapján a legmagasabb fejlettségi kategóriába valóban csak a világ vezető országai kerülnek be. Ilyenek például az Európai Unió fejlettebb országai vagy az Amerikai Egyesült Államok. Ezek az országok a teljes vizsgált populációnak 16%-át teszik ki, vagyis ez a felosztás már utal arra, hogy milyen arányban fordulnak elő a valóban fejlett országok a vizsgálatban. Véleményem szerint ez a felosztás még mindig nem tükrözi azt a szakadékot, amit például HOMOLA VIKTOR mutat be *Quo vadis Globalizáció?* című munkájában. (Homola, 2010./3.) Ezt a hiányosságot később az általam készített indexeknél orvosolni kívánom.

A HDI-vel kapcsolatban egy másik probléma, hogy bizonyos felhasználási igényeknek nem megfelelően differenciál az országok között. Például ha egy adott ország döntéshozóinak az a célja, hogy az adott országot adott gazdasági, társadalmi és egyéb peremfeltételek mellett minél fejlettebb szintre hozza, akkor a HDI nem feltétlenül jó mérőszám ennek a folyamatnak a támogatására. Ez véleményem szerint két okra vezethető vissza. Az első ok az, hogy nincs megfelelő visszacsatolási lehetőség, vagyis például egy egészségügyi fejlesztés és a várható életkor közötti kapcsolat nem elég egyértelmű ahhoz, hogy meg lehessen határozni a beavatkozás hatására történő HDI változást. A másik ok pedig az, hogy az index számszerű változása nem írja le jól a megfelelő célfüggvényt, legalábbis a fejlett országokra vetítve. Ez alatt azt értem, hogy a HDI görbe telítődő jelleget mutat, vagyis a magasabb HDI tartományban az egyes országok számszerű távolsága kisebb. Ezt a következőképpen lehet érzékeltetni. Magyarország humán fejlettségi indexe 2011-ben 0,816 volt. Ez a 0,943 fejlettségi indexszel rendező Norvégiától 0,127 el kevesebb. Magyarország indexéből levonva ezt az értéket

0,689 adódik, ami Szamoa fejlettségi indexe. Ez alapján a telítődő görbe miatt Magyarország olyan távol helyezkedik el a világelső Norvégiától, mint Szamoától.



2-5. ábra Példa a HDI telítődő jellegére

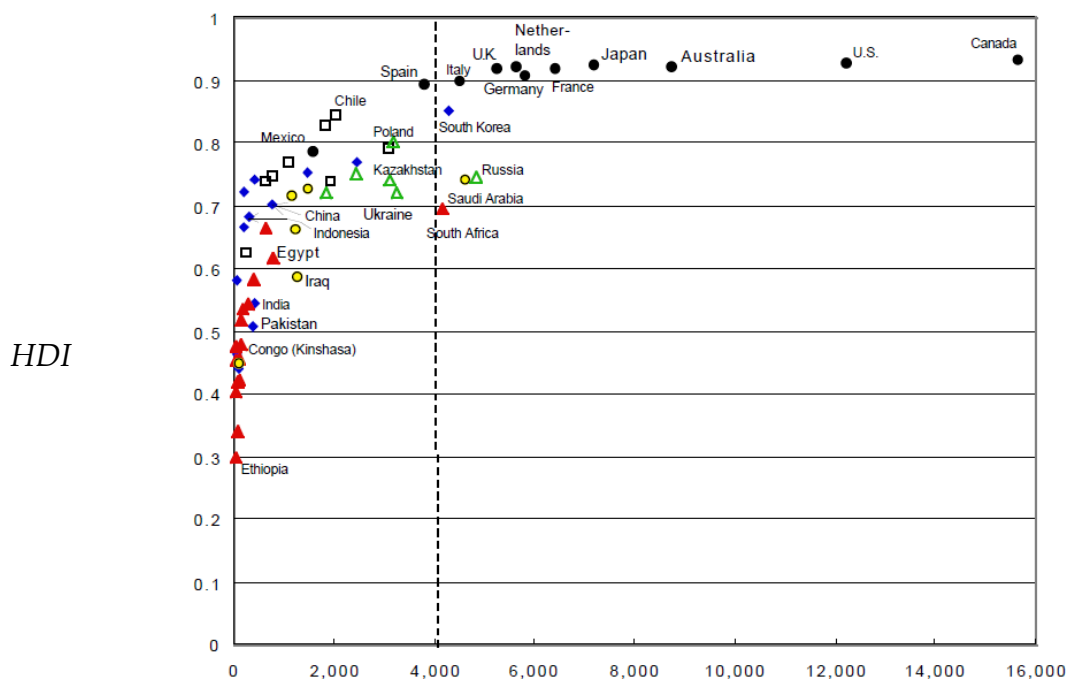
Ez az összehasonlítás elég személetesen mutatja, hogy a HDI nem feltétlenül kezeli helyesen a fejlettségi távolságokat. Annak eldöntésére, hogy ez a jelenség helyénvaló-e, vagy hibaként kell felróni, fel kell tenni a kérdést, hogy a fejlettségi indexnek milyen elvárásoknak és céloknak kell megfelelnie. Ha energetikai és politikai döntések támogatására kívánjuk használni a mutatót, akkor jó, ha a fejlődést támogató értékről van szó. Ez a fenti esetben nem jól valósul meg, mert az egyre nagyobb fejlődés mellett az index egyre kisebb mértékben nő, ezért nem biztos, hogy jó visszacsatolást nyújt a döntéshozatali folyamatok támogatására. A hiányosságok ellenére a humán fejlettségi indexet széles körben használják a fejlettség kimutatására.

Természetesen más fejlettségi mutatók is léteznek az emberi jólét becslésére. Ilyen a Központi Statisztikai Hivatal által kidolgozott Módosított Humán Fejlettségi Mutató (továbbiakban: MHFM). Ez a mérőszám az egy főre jutó adóköteles jövedelmet (továbbiakban: AKJ), a felsőfokú képzettségűek százalékos arányát a legalább 25 éves népesség körében (a továbbiakban: FFV), és a születéskor várható élettartamot veszi figyelembe. (Józan, 2008) A mutatók azonos súllyal kerülnek értékelésre. A számítás mögött az az elv áll, hogy a HDI-től eltérően az MHFM esetén országoknál kisebb térségekre is kívánatos az eredmények kiértékelése. Ezért nem lehet a GDP-vel vagy a GNI-vel számolni, hiszen ezek csak – általában – országos szinten állnak rendelkezésre. Ehelyett az AKJ alkalmazása indokolt, mert ez akár kis lélekszámú településekre is meghatározható. A GDP és az AKJ között 0,92 a korreláció, ezért nyugodt szívvel lehet ezt a mutatót használni. (Józan, 2008) Az oktatást kifejező index számításánál a fejlett országok esetén nincs nagy eltérés az írástudó felnőtt lakosság részarányá-

ban, hiszen ez az érték mindenhol 100% közelében van. Sokkal markánsabb vízválasztónak bizonyult a felsőfokú végzettségük aránya. Erre szintén rendelkezésre állnak adatok akár kisebb települések esetén is, ezért ez a felosztás is támogatja a regionális vizsgálatokat. Végül az egészségügyi közállapotokat a HDI-hez hasonlóan az MHFM is a születéskor várható élettartam segítségével írja le. A szükséges adatok beszerezhetősége miatt a tanulmány a mérőszám kiszámítását 4 éves ciklusokra javasolja. Ennek oka, hogy a kisebb térségek esetén sok esetben adathiány merülhet fel a mintavételi hiányosságok miatt, és ezt hosszabb időszakban könnyebben lehet orvosolni. Ennek a hazai fejlesztésű indikátornak az elsődleges feladata egy adott országon belüli egyenlőtlenségek feltárása, de a HDI-hez hasonlóan természetesen használható összefüggések feltárására is. Sajnos az általam vizsgált tanulmány ezek közül nem említ jelentősebb műszaki jellegű összefüggésvizsgálatot, csupán pártpreferenciákkal, társadalomtudományi kérdésekkel és egészségügyi jelenségekkel kapcsolatos vizsgálatokat vet fel.

A bemutatott mutatókon kívül természetesen sok egyéb hasonló mérőszám létezik a fejlettség mérésére.

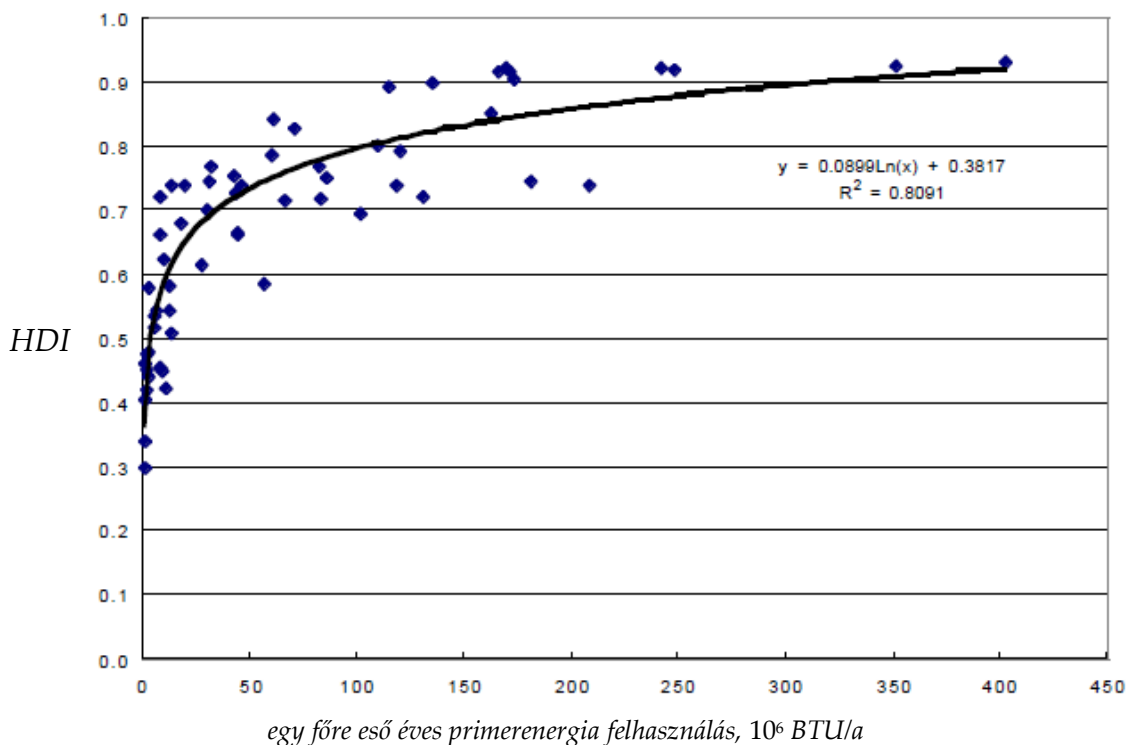
A HDI és az energetikai mutatók között számos kapcsolatot sikerült feltárni. Ilyen összefüggést mutat be a 2-6. ábra az egy főre jutó éves villamosenergia felhasználás, és a fejlettségi index között, 1977-re vonatkozóan.



2-6. ábra A HDI és a villamosenergia felhasználás (Pasternak, 2000)
egy főre eső éves villamosenergia felhasználás, kWh/a

A 2-6. ábra A HDI és a villamosenergia felhasználás (Pasternak, 2000) alapján megfigyelhető, hogy a 4 000 kWh/év alatti egy főre eső villamosenergia felhasználás választja el a fej-

lett országokat a többi országtól. Itt is személtlő a HDI telítődő jellege, vagyis az a jelenség, hogy az energiaszegény országok esetén egységnyi villamosenergia fogyasztás növekmény nagyobb fejlettségi mutató növekménnyel jár, mint a fejlett országok esetében. A kapcsolat nem csak a villamosenergia fogyasztással, hanem a primerenergia felhasználással is megfigyelhető.

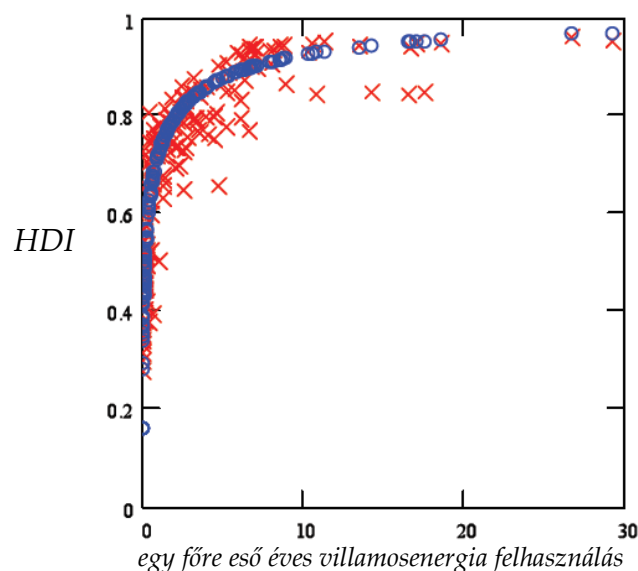


2-7. ábra A HDI és a primerenergia felhasználás (Pasternak, 2000)

A fentebb feltárt kapcsolatokat sokan matematikai alakba öntötték. Manuel Garcia munkájában a következő összefüggést közli. (Garcia, 2006)

$$HDI = \tanh\left(\sqrt[4]{\frac{u}{u_0}}\right) \quad (2-10)$$

Itt u a vizsgált ország egy főre eső éves villamosenergia felhasználása, u_0 pedig egy vonatkoztatási érték, jelen esetben 1400 kWh/a. Az így becsült HDI értékek helyességét a 2-8. ábra mutatja be. Látható, hogy a kék körrel jelölt becsült értékek jól megközelítik a valódi értékeket.



2-8. ábra A HDI becslése

Az eddig bemutatott fejlettségbecsléssel kapcsolatban az alábbi fő problémák merülnek fel:

- A HDI telítődő jellege miatt a fejlett országok esetén nem használható jól fejlődésőztönzési mutatónak, mert minden beavatkozás csak kis értékbeli változást okoz,
- A HDI és a villamosenergia felhasználás között ugyan feltártak bizonyos függvénykapcsolatot, de ez csak matematikai megfontolásokon alapszik, és nincs mögötte valódi ideológia,
- Ha a HDI-t egy döntéshozatali modellbe kellene beépíteni, akkor az egyes döntések (támogatások, beruházások) hatása nehezen lenne megbecsülhető, mert az indexálás nem a társadalmi jogi és műszaki feltételrendszert leíró elemekből áll, hanem az ezek hatására kialakuló elemekből. Emiatt erre a felhasználási körre nem jó mutató a HDI, mert túlságosan késleltetve jelzi a beavatkozások hatását.

A KSH által fejlesztett MHFM index hasonló a HDI-hez, mert ez is a jövedelmen, az oktatáson és az egészséges életen alapuló mutató, emiatt feltételezem, hogy a hiányosságok itt is ugyanúgy megfigyelhetők lennének, ha lenne ehhez rendelkezésre álló tanulmány vagy adat.

2.3. A mintakiválasztás alapjai

A 2.2 alfejezetben bemutatottak alapján szükséges lehet egy új fejlettségi mutató felállítása. Ehhez adatokat kell gyűjteni, annak érdekében, hogy az új index felállításánál minél jobb eredmény adódjon. Hasonlóan a HDI-hez én is országokra vonatkozóan végzem el a vizsgálá-

tot. Első lépésként ki kell választani azokat az országokat, amik szerepelnek az adatgyűjtésben.

A világon összesen 193 országot ismernek el nemzetközileg. Ezek az országok a Vatikán kivételével az ENSZ tagállamai. Az általam készített vizsgálat természetesen nem teszi lehetővé, hogy az összes országra vonatkozóan adatokat gyűjtsék, ezért valamilyen mintakiválasztási elv szerint le kell szűkíteni a populációt egy reprezentatív mintára, ami rendelkezik a vizsgálat alapját képező populáció tulajdonságaival. A leszűkítést mintakiválasztásnak nevezik, és számos különböző változata ismert. A mintakiválasztás bemutatása előtt célszerű meghatározni, hogy a vizsgálat deduktív logikájú, vagy induktív logikájú. Deduktív esetben egy elméleti tézisből levezetett hipotézis teszteléséről van szó, induktív esetben pedig az új jelenség vizsgálatáról, összefüggések kereséséről. Induktív vizsgálatnál sok egyedileg ismert tényből vagy adatból kiindulva lehet állításokat megfogalmazni a sokaság viselkedésére vonatkozóan. (Babbie, 2004) Ez a módszer három lépésből áll:

1. megfigyelés
2. összefüggések keresése a tények ismeretében
3. feltételes következtetés megadása

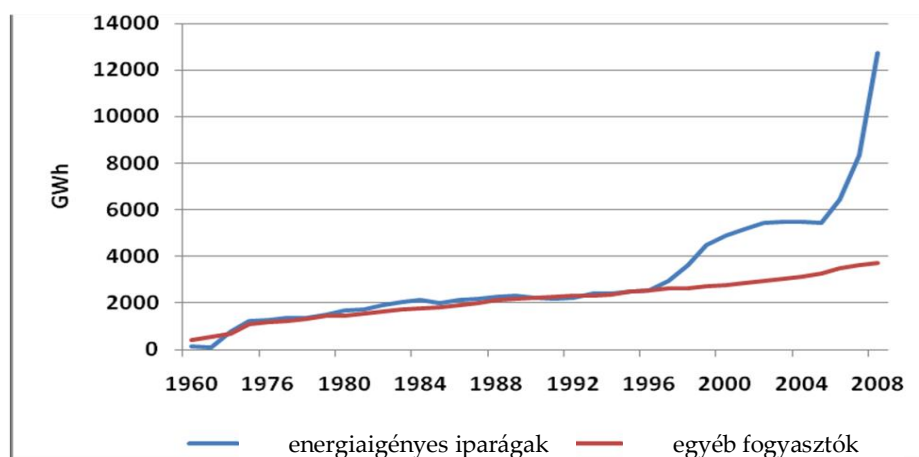
Empirikus jellegű vizsgálat esetén a megfigyelés adatgyűjtésből és szakirodalmi kutatásból áll. Az adatgyűjtés előtt ki kell választani a vizsgált mintát. Ez többféle módon történhet, de fontos hogy a minta reprezentatív legyen, vagyis visszaadja az alapsokaság tulajdonságait. Én a rétegzett mintavételi eljárást tartom célravezetőnek, melynek során a sokaság elkülöníthető csoportokra bontható, és a csoportokon belül kell elvégezni a mintaválasztást. Az országok kiválasztásánál a csoportok a HDI csoportok lesznek. Ezt az indokolja, hogy az általam készített index a társadalmi fejlettséget hivatott mérni, ezért a vizsgálatához a fejlettségi palettáról sokféle országra van szükség. A HDI csoportokon belül a mintaválasztás HDI sorrend alapján történik. Így biztosítható, hogy egyrészt eleget tegyünk a mintavételi eljárás követelményeinek, hiszen a HDI csoportok kialakítása a 2.2 fejezetben bemutatottak szerint számosság alapján kerül kialakításra, másrészt eleget tegyünk a reprezentativitás kívánalmainak. (Babbie, 2004) Ez utóbbit azzal kívánom elérni, hogy a csoportokon belül a mintákat egyenletesen választom ki HDI sorrend alapján. Minden ötödik országot kiválasztva összesen 40 ország szerepel a mintában, a 2-6. táblázat szerinti csoportosításban.

2-6. táblázat A kiválasztott minta

Nagyon magas fejlettségi szint	Magas fejlettségi szint	Közepes fejlettségi szint	Alacsony fejlettségi szint
Norvégia	Uruguay	Algéria	Kenya
Új-Zéland	Montenegro	Kína	Bangladesh
Németország	Szerbia	Paraguay	Madagaszkár
Izland	Oroszország	Mongólia	Nigéria
Franciaország	Kazahsztán	Egyiptom	Uganda
Luxemburg	Ukrajna	Guyana	Ruanda
Ciprus	Peru	Dél-Afrika	Afganisztán
Szlovákia	Brazília	Vietnám	Etiópia
Portugália	Azerbajdzsán	India	Sierra Leone
Argentina	Törökország	Bhután	Kongó

A kiválasztott 40 ország körülbelül a teljes sokaság egyötöde, tehát jelentős méretű minta. A táblázatban szereplő országok népessége összesen a Föld 2011-es népességének több mint 60%-át teszi ki. Megjegyzem, hogy későbbi vizsgálatok esetén a minta szükség szerint tovább bővíthető, akár duplájára, vagy a világ összes országára, de ezt jelen esetben nem tartottam célszerűnek. Egyrészt azért, mert a munka jelen stádiumában nem a sok időt és gondos ráfordítást igénylő adatgyűjtés a legfontosabb, másrészt azért, mert a minta elemszámának növelésével mindenképp lesznek olyan országok, melyekre vonatkozóan egy vagy több adat nem elérhető. Ezek nem javítják a mintát, inkább rontják.

Ebben az alfejezetben tartom fontosnak megjegyezni, hogy később a minta korrigálására volt szükség. Ennek oka, hogy az egy főre jutó villamosenergia-fogyasztás később fontos vizsgálati tárgy lesz. A kiugró értékek eltolják a korrelációt, és nem szabad hagyni, hogy egy 40 elemű mintában egyetlen deviáns érték miatt jelentősen eltolódjon az eredmény, ezért Izlandot ki kellett hagyni a vizsgálatból. (Babbie, 2004) Izland ugyanis kiemelkedően magas egy főre eső villamosenergia-fogyasztással rendelkező ország. Ennek oka, hogy a villamos energia ára világviszonylatban nagyon alacsony Izlandon, ezért olyan energiaigényes iparágak települtek az országba, mint például az alumíniumgyártás. (Quan, 2012) Ez az utóbbi 15 évben jelentős villamosenergia-fogyasztás növekedéshez vezetett, miközben az ország populációja csupán 32%-al nőtt ebben az időszakban. (Statistics Iceland, 2013)



2-9. ábra Izland villamos energia fogyasztásának növekedése (Quan, 2012)

2.4. A regressziószámítás alapjai

A regresszióelemzés az ökonometria vizsgálat előszeretettel alkalmazott eszköze. Az elemzés célja egy adott változó és több más változó közötti kapcsolat leírása és számszerűsítése. Ilyenkor az adott változó a magyarázott (más néven függő) változó, a többi változót pedig magyarázó (más néven független) változónak nevezzük. A magyarázott változó jele y , a magyarázó változóké pedig rendre $x_1, x_2, \dots, x_k$. A változók közötti kapcsolat lehet determinisztikus, vagy sztochasztikus. Determinisztikus kapcsolat esetén megfelelő $y=f(x_1, x_2, \dots, x_k)$ függvény segítségével egyértelműen meghatározható a magyarázott változó. A gyakorlatban végzett vizsgálatok esetén azonban általában nem határozható meg egyértelműen a determinisztikus kapcsolatot leíró függvény. Ennek legfontosabb okai a következők (Maddala, 2004):

- 1) A véletlenszerű emberi reakciók előrejelezhetetlensége. A vizsgált folyamatok alakulásában mindig szerepet kapnak az emberi döntések. Az energetikában ez nem csak az egyedi fogyasztó viselkedésének előrejelezhetetlenségére vonatkozik, hanem a társadalom hozzáállására is egy adott technológiához, vagy akár az energiapolitika alakulására, mely szintén tartalmaz szubjektív elemeket.
- 2) A nagyszámú kihagyott változó hatása. A vizsgálatok során nem tudunk, vagy nem kívánunk minden lehetséges magyarázó változót beépíteni a modellbe. Ennek oka lehet például, ha a pontos ok-okozati kapcsolat nem ismert, ezért a magyarázó változók listája hiányos. Más esetben ismert ok-okozati kapcsolat fennállása mellett se tudjuk beépíteni a kívánt változót, például mert annak értéke nem mérhető, vagy az adatok nem állnak rendelkezésre.

- 3) Az y változó mérési hibája. A dolgozatban vizsgált esetben ez a villamosenergia-fogyasztás mérési hibáját jelenti.

A fenti okok miatt, felírva az x_i változók, és az y közötti kapcsolatot, belátható, hogy a magyarázó változók segítségével becsült, és a valójában mért y változók között különbség van. Ez a különbség a *hibatag*, jele u . Belátható továbbá, hogy a hibatag statisztikai változó, ezért, miután a hibatag a magyarázó és magyarázott változók közötti kapcsolatban is szerepel, ez a kapcsolat sztochasztikus lesz. A legegyszerűbb esetet tárgyalva lineáris regresszióról beszélünk, melynek leíró egyenlete a következő (Maddala, 2004):

$$y = \alpha + \beta \cdot x + u \quad (2-11)$$

Ebben az egyenletben az α és β tagok a regressziós paraméterek. A regressziós paraméterek becslésére az $y(x)$ diszkrét adatsor felhasználásával nyílik lehetőség. Erre a becslésre a legelterjedtebb módszer a legkisebb négyzetek módszere. A legkisebb négyzetek módszere szerint a regressziós paraméterek becslésére olyan értékek választása célszerű, melyek mellett az előrejelzési hibák négyzetösszege minimális. Egy n megfigyelésből álló minta esetén a négyzetösszeg a következő alakban írható:

$$Q = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{\alpha} - \hat{\beta} \cdot x_i)^2 \quad (2-12)$$

Ahol $\hat{\alpha}$ és $\hat{\beta}$ a regressziós paraméterek becsült értékeit jelölik. A szakirodalom szerint a becselőfüggvények a következő alakban állnak elő. (Maddala, 2004)

$$\hat{\beta} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n \cdot \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n \cdot \bar{x}^2} \quad (2-13)$$

$$\hat{\alpha} = \bar{y} - \hat{\beta} \cdot \bar{x} \quad (2-14)$$

A maradéktagok négyzetösszegét (Q) szokás a reziduális négyzetösszeg (residual sum of squares) elnevezés alapján RSS-nek jelölni. A teljes négyzetösszeg (total sum of squares, TSS) így írható:

$$TSS = \sum_{i=1}^n y_i^2 - n \cdot \bar{y}^2 \quad (2-15)$$

A teljes négyzetösszeg és a reziduális négyzetösszeg különbsége a magyarázott négyzetösszeg (explained sum of squares, ESS). Ez alapján a magyarázott és a teljes négyzetösszegek hányadosaként lehetőség nyílik a regressziós modell jóságának meghatározására.

$$r_{xy}^2 = \frac{ESS}{TSS} \quad (2-16)$$

Az összefüggésben az r_{xy} mennyiség a *korrelációs együttható*, az r_{xy}^2 mennyiség pedig a *determinációs együttható*. A determinációs együttható minden esetben 0 és 1 közötti értéket vesz fel. Ha a determinációs együttható értéke 1-hez közeli, akkor a regressziós modell jó, vagyis x jó magyarázó változója y-nak. Ha a determinációs együttható nullához közeli, akkor az x változó nagyon keveset magyaráz y ingadozásából. Az eddig tárgyalt regressziós modell az egyváltozós regresszió, ahol csak egy magyarázó változó van. A vizsgálatokat célszerű tetszőleges számú magyarázó változóra kiterjeszteni. Két magyarázó változóval rendelkező modell esetén a modell az alábbi alakban írható fel.

$$y = \alpha + \beta_1 \cdot x_1 + \beta_2 \cdot x_2 + u \quad (2-17)$$

Gyakran előfordul, hogy a magyarázó változók kapcsolatban állnak egymással. Ezt a jelenséget *kollinearitásnak* hívják, mely azt fejezi ki, hogy az x_1 magyarázó változó megváltozása mennyire magyarázza meg az x_2 magyarázó változó megváltozását. Tökéletes kollinearitás áll fenn, ha a magyarázó változók közötti korrelációs együttható értéke 1 vagy -1. Ebben az esetben belátható, hogy a modellben a második magyarázó változó semmiféle többlet információt nem hordoz, hiszen az első változó (lineáris) függvényeként kifejezhető, ezért ilyenkor felesleges a kétváltozós modell alkalmazása. Más esetekben a magyarázó változók közötti korreláció erős, de nem tökéletes. Ekkor figyelembe kell venni a változók együttes hatását a magyarázott változóra, valamint a változók parciális hatásait a magyarázott változóra. Ha a magyarázó változók közötti korreláció magas, akkor nyilvánvalóan nehéz elkülöníteni a parciális hatásokat. Ez megnehezítheti az ok-okozati összefüggések feltárását.

3. A SZOCIO-KULTURÁLIS FEJLETTSÉG JELLEMZÉSE

3.1. Indexek White-féle jellemzőkre

A 2.2 alfejezetben leírtak alapján szükség van egy olyan fejlettséget mutató mérőszámra, ami döntések megalapozásához is használható lehet, vagyis ami egyrészt jól differenciál az egyes országok között, még a fejlett országok között is, másrészt jó visszacsatolási lehetőségeket nyújt. Ennek tükrében fontos, hogy hogyan választom meg a mérőszám egyes elemeit. Ez részben intuitív úton megoldható kérdés, de nagyban támaszkodom a 2.1 alfejezetben bemutatott LESLIE WHITE-féle elméletre. E szerint az elmélet szerint az emberi fejlettség öt tényező alapján írható le. Ezek az alábbiak:

- politikai egység nagysága,
- városnagyság,
- építészeti és mérnöki munkák,
- népsűrűség,
- termelés nagysága.

Ezt az elvet részben én is alkalmazom majd az index elemeinek kiválasztásánál. A politikai egység nagysága a történelemben valóban meghatározó lehetett, hiszen egy nagy méretű birodalmat csak megfelelő műszaki és társadalmi háttér segítségével lehetett működtetni. Napjainkban azonban egy ország fejlettsége és mérete között nem figyelhető meg összefüggés, ezért a politikai egység nagysága helyett egy olyan mutatót kerestem, ami hasonló szempont szerint rangsorolja az országokat. A mai világban véleményem szerint az az ország számít fejlettnak ebből a szempontból, amely jelentős részt tud magának követelni a nemzetközi szervezetekben. Így a politikai egység nagysága helyett egy nemzetközi szervezetekben való részvételt mérő indikátort fogok használni. Az általam fontosnak tartott nemzetközi szervezetek a következők: ENSZ, OECD, IEA, IRPA, IMF, G20. Az OECD a Gazdasági Együttműködési és Fejlesztési Szervezet (Organisation for Economic Co-operation and Development), az IEA a Nemzetközi Energia Ügynökség (International Energy Agency), az IRPA a Nemzetközi Sugárvédelmi Szervezet (International Radiation Protection Association), az IMF a Nemzetközi Valutaalap (International Monetary Fund), a G20 pedig a világ 19 legnagyobb gazdaságát és

az Európai Uniót tömörítő szervezet. Fontos, hogy olyan szervezetek kerüljenek bele az indikátorba, amelyek tevékenysége a világ összes országára kiterjed, de az is fontos, hogy ne legyen minden ország tag, mert így az adott szervezet nem alkalmas a fejlettség mérésére. Az OECD az IMF és a G20 gazdasági alapon méri a nemzetközi szervezetekbe való beágyazottságot, hiszen a modern világ legjelentősebb mozgatórugója a pénz, így helyénvalónak tűnik nagy jelentőséget tulajdonítani ezeknek a szervezeteknek. Másrészt LESLIE WHITE szerint a fejlettség legjelentősebb mozgatórugója az energetika, így ennek is nagy jelentőséget kell biztosítani. Ezért kerültek a szervezetek közé az IEA, és az IRPA. Az IRPA kifejezetten atomenergetikához kapcsolódó szervezet. Ez azért fontos, mert a White-féle leírás szerint a modern világ az atomenergiára épül.

A városnagyság vizsgálatánál hasonló a helyzet, mint a politikai egységeknél. Régen egy város mérete jó képet adhatott az azt felépítő nemzet szocio-kulturális fejlettségéről, de ma nem ez a helyzet. A városok területi nagysága, és a városok lakosainak száma sincs arányban a fejlettséggel, de még a városon belüli népsűrűség sem. Ezt az állítást később adatokkal is alátámasztom. Jobb vizsgálati alapot nyújthat a városok élhetőségének tanulmányozása, de ehhez nem állt rendelkezésemre elég adat. Egy későbbi vizsgálat során esetleg erre is sort lehet keríteni.

Az építészeti és mérnöki munkák leírására ma már nem alkalmas az a szemlélet, hogy egy nagy épület a fejlettség jele. Ma a legtöbb ország rendelkezik a toronyházak építéséhez szükséges technológiával, így ez már nem jó választóvonal a fejlett és nem fejlett országok között. Ehelyett inkább a műszaki eszközökkel való ellátottságot fogom vizsgálni ennek az eszköznek a megalkotásánál. Nézőpontom szerint egy ország műszaki fejlettségét a következő műszaki javak jelentik:

- az autópályával való ellátottság,
- a vasútvonallal való ellátottság,
- a repülőterekkel való ellátottság,
- a vezetékes energiahordozókhoz kapcsolódó infrastruktúra
- a villamos energiához való hozzáférés,
- a modern kommunikáció eszközei, úgymint a mobiltelefon és az internet lakosság körében való elterjedése.

Ezek a javak biztosítják, hogy az emberek közlekedhessenek, hozzáférjenek az életükhöz nélkülözhetetlen energiaforrásokhoz, és kommunikálhassanak egymással.

A népsűrűség, valamint a termelés nagysága olyan mérőszámok, melyek önmagukban is jól számszerűsíthetők, ezért ezekhez szükségtelennek véltem al-mérőszámok létrehozását. A népsűrűséggel kapcsolatban ugyanaz a véleményem, mint a városnagysággal és az ország területének nagyságával kapcsolatban. Régen valóban bizonyos fejlettséget követelt az, ha emberek egy nagyobb csoportja szűk területen élt, hiszen ez ételkészítési, szállítmányozási, egészségügyi, járványügyi, közbiztonsági és egyéb problémák sorát hozta magával, melyeket csak egy fejlett társadalom volt képes megoldani. Azonban ma már mindenki számára rendelkezésre állnak ezeknek a problémáknak a kezelésére alkalmas eszközök, és a népsűrűség ma már inkább egy adott ország földrajzi és történelmi háttere alapján alakul ki, és nem a fejlettsége alapján. A termelés nagyságát természetesen én is figyelembe fogom venni, a HDI-hez hasonlóan.

A White-féle listát fontosnak látom kiegészíteni két újabb elemmel, az egészségüggyel és az energetikával, hiszen a fejlett országok egészségügyi rendszere szembetűnően fejlettebb, mint más országoké, az energetika pedig a White-féle leírás alapvető eleme.

Az energetikai index megalkotásánál a primerenergia források megoszlása alapján hozom létre a mutatót. Azt feltételezem, hogy egy ország annál fejlettebb, minél kevesebb mértékben bocsát ki széndioxidot a légkörbe. A CO₂ kibocsátás akkor a legnagyobb, ha egy ország kizárólag szénből fedezi az energiaigényét. Ekkor az energetikai index értéke nulla. Ha ehhez képest csökken a kibocsátás, akkor az energetikai index értéke nő. Ez történhet a széntől különböző energiaforrások felhasználásával, megújuló energiaforrások alkalmazásával, vagy atomenergia alkalmazásával.

Az egészségügy esetén a HDI-től eltérően nem kizárólag a várható életkorral veszem figyelembe a fejlettséget, mert ez az egészségügyi fejlettség eredményeként adódik ki, és nem maga a fejlettség. Helyette egy komplex mutatót hozok létre, amely az alábbi elemeket tartalmazza:

- egy főre eső kórházi ágyak száma,
- egy főre eső orvosok száma,
- fertőző betegségek előfordulása (HIV/AIDS, TBC),
- várható életkor,
- egészségügyi kiadások a GDP százalékában kifejezve.

Ez a megoldás azért jó, mert egy egészségügyi fejlesztés hatása részben azonnal megjelenik a fejlettségi mutatóban, részben pedig annak előnyei révén késleltetve a betegségekkel és a várható életkorral kapcsolatos mutatókban.

3.2. Az indexek számszerűsítése

A 3.1 fejezetben leírt indexeket a következő módon számítom ki. A számításnál az egyes indexek jelölése a 3-1. táblázatban található.

3-1. táblázat Az indexek jelölése

Index	Jelölés
Nemzetközi szervezeti index	a
Városnagyság index	b
Építészeti és mérnöki munkák index	c
Népsűrűség index	d
Termelési index	e
Energetikai index	f
Egészségügyi index	g

A nemzetközi szervezeti index számításánál az egyes szervezetek értékét az határozza meg, hogy a vizsgált országok közül hány tagjuk van. Az a szervezet aminek kevés tagja van értékesebb mint az amelyiknek sok. Így definiálni lehet egy szervezet értékességi súlyfaktort (f_{sz}):

$$f_{sz} = \frac{n_{sz}}{n_{minta}} \quad (3-1)$$

Ahol f_{sz} a szervezet értékességét kifejező súlyfajtor, n_{sz} a mintában szereplő olyan országok száma, melyek tagjai az adott szervezetnek, és n_{minta} a mintában szereplő országok száma. A súlyfaktor alkalmazásával a nemzetközi szervezeti index:

$$a = \frac{\sum_i (f_{sz,i} \cdot t_i) + IMF}{a_{max}} \quad (3-2)$$

Ahol t a tagsági mutató (értéke nulla ha az adott ország nem tagja a szervezetnek és egy ha igen), az IMF az IMF szavazati súly, és a_{max} a mintán belüli maximális szervezeti index értéke. Ilyen módon az a értéke egy 0 és 1 közé eső szám.

A városnagyság index kiszámításánál az országok három legnagyobb városát vettem figyelembe. Ennek oka az, hogy vannak országok, például Magyarország, ahol egy nagy városba

centralizálódik a városi lakosság, és azt ezt követő városok eltörpülnek emellett, mint például Budapest 1,7 millió fő lakosságához képest Debrecen 200 ezer főnyi lakossága. Az ilyen jelenségek megzavarják az összehasonlítást ha az indexben csak a legnagyobb város szerepel, de az első három legnépesebb város vizsgálata megoldás lehet. A lakosságon kívül a városon belüli népsűrűséget is figyelembe vettem. Az ideológia az volt, hogy így kiszűrhetőek az olyan nagy lélekszámú városok, melyekben ugyan sokan laknak, de nem városi körülmények között, vagyis nem sokemeletes házakban, hanem földszintes nyomornegyedekben. A városok lélekszáma általában jól dokumentált adat, viszont a városok alapterületének megadása nagyon önkényes kérdés, ezért ezeket az információkat megbízhatatlannak tartom. Más részről a város mérete nem feltétlenül mutatja a fejlettségét. A mai modern városok egy része rendelkezik metróhálózattal, ezért a metróvonalakra vonatkozó adatokat sokkal jobb mérőszámnak tartom, mint a városok méretét. Ennek figyelembe vételével a városnagyságra vonatkozó indexet az alábbiak szerint választottam meg.

$$b = \frac{l \cdot n + m}{b_{\max}} \quad (3-3)$$

Ahol l a lakosokra vonatkozó mutató, ami az adott ország három legnagyobb városának lakosait foglalja magába, n a legnagyobb város népsűrűségére vonatkozó mutató, m pedig a metróvonalak hosszát és a metróállomások számát figyelembe vevő mutató. Ezek mind 0 és 1 közé eső számok, számítási módjuk rendre a következő.

$$l = \frac{l_1 + l_2 + l_3}{l_{\max}} \quad (3-4)$$

Ahol l_1, l_2, l_3 az első, a második és a harmadik legnépesebb város lakosainak száma.

$$n = \frac{\frac{l_1}{A_1}}{n_{\max}} \quad (3-5)$$

Ahol A_1 a legnagyobb város alapterülete.

$$m = \frac{mv + má}{m_{\max}} \quad (3-6)$$

Ahol *mv* az egy főre eső metróvonalak hossza, *má* pedig az egy főre eső metróállomások száma a vizsgált országban, az ország teljes lakosságára vonatkoztatva. A metróvonalak általában a három legnagyobb városban fordulnak elő, ezért nem tartottam fontosnak az esetlegesen más városokban előforduló metróhálózatokat leválasztani az országos adatokról. Vannak olyan országok, amik elég fejlettek lennének ahhoz, hogy metróvonalat építsenek, de a városaik mérete nem kívánja meg a tömegközlekedésnek ezt a módját. Emiatt úgy gondolom, hogy nem érdemes fejletlenebbnek tekinteni az ilyen országokat, mint a nagy városokkal és ennek megfelelően metróvonallal rendelkező társait. Ezt úgy vettem figyelembe, hogy minden ország metróvonalához hozzáadtam 1 km-t. Ez a kis országok esetén, melyeknek feltehetőleg nincs szüksége metróhálózatra, az egy főre eső metróvonal hosszúságot jobban növeli, mint a nagy népességű országok esetén. Ez persze csak az olyan országoknál jelent igazán különbséget, melyek nem rendelkeznek metróhálózattal, mert a metróhálózattal rendelkező államok esetén az 1 km többlet nem okoz nagy relatív eltérést.

Az építészeti és mérnöki munkákat kifejező index megalkotása volt az egyik legintuitívabb része a feladatnak. Ez egyben az egyik legfontosabb index is, mert a White-féle elmélet szerint a technológiai alrendszer alapvetően meghatározza egy társadalom fejlettségi szintjét. A technológiai alrendszer magában foglalja az energetikára vonatkozó információkat is, de az energetika annyira jelentős hatással van a társadalomra, hogy külön indexet kapott, ezért az építészeti és mérnöki munkák indexben nem szerepel, csak a szolgáltatásból való részesedési lehetőségek útján. Az index a következő módon épül fel.

$$c = \frac{aús + vvs + brs + vs + 2 \cdot komm + 2 \cdot vill}{C_{\max}} \quad (3-7)$$

Ahol az *aús* az autóút sűrűség, a *vvs* a vasútvonal sűrűség, a *brs* a burkolt repülőtér sűrűség, a *vs* a vezetéksűrűség, mindhárom az ország teljes területére vonatkoztatva, a *komm* a kommunikációs index, a *vill* pedig a villamosenergia-szolgáltatásban való részesülést kifejező index. A kommunikációt és a villamosenergia-szolgáltatást a modern társadalom alappillérei közé sorolom, ezért ezeket kétszeres szorzóval veszem figyelembe, hogy hangsúlyosabban szerepeljenek a mérőszám megalkotásánál. Az egyes indexek számításának módja a következő.

$$a_{\text{ús}} = \frac{\frac{a_{\text{úh}}}{A}}{a_{\text{ús}}_{\text{max}}} \quad (3-8)$$

Ahol $a_{\text{úh}}$ az adott ország autópályáinak hosszúsága, A pedig az adott ország területe.

$$v_{\text{vs}} = \frac{\frac{v_{\text{vh}}}{A}}{v_{\text{vs}}_{\text{max}}} \quad (3-9)$$

Ahol v_{vh} a vasútvonalak hosszúsága az adott országban.

$$b_{\text{rs}} = \frac{\frac{b_{\text{r}}}{A}}{b_{\text{rs}}_{\text{max}}} \quad (3-10)$$

Ahol b_{r} a burkolt repülőterek száma.

$$v_{\text{s}} = \frac{\frac{g_{\text{vez}} + o_{\text{vez}} + f_{\text{vez}}}{A}}{v_{\text{s}}_{\text{max}}} \quad (3-11)$$

Ahol g_{vez} a gázvezetékek hossza, o_{vez} az olajvezetékek hossza, f_{vez} pedig a finomított termék vezetékek hossza.

$$k_{\text{omm}} = \frac{\frac{m_{\text{t}} + i_{\text{n}}}{A}}{k_{\text{omm}}_{\text{max}}} \quad (3-12)$$

Ahol m_{t} az egy főre eső mobiltelefonok száma, i_{n} pedig az egy főre eső internet előfizetések száma.

$$v_{\text{ill}} = \frac{\frac{v_{\text{esz}}}{A}}{v_{\text{ill}}_{\text{max}}} \quad (3-13)$$

Ahol v_{esz} a villamosenergia szolgáltatásban részesülő háztartások aránya.

A népsűrűség inde számítása jóval egyszerűbb módon történik, a következő szerint.

$$d = \frac{\frac{n_{\text{s}}}{A}}{d_{\text{max}}} \quad (3-14)$$

Ahol n_{s} a népsűrűség.

A termelési indexet a HDI-től eltérően a GDP segítségével határoztam meg.

$$e = \frac{GDP}{e_{\max}} \quad (3-15)$$

Ahol a *GDP* az adott ország bruttó nemzeti össztermékének egy főre eső része.

Az energetikai index meghatározásához a 3.1 alfejezetben leírtak szerint a CO₂ kibocsátás alapján differenciáltam az országok között, a primerenergia felhasználáson keresztül.

$$f = \frac{(1 - szra - 0,6 \cdot ora - 0,5 \cdot gra) - f_{\min}}{f_{\max} - f_{\min}} \quad (3-16)$$

Ahol a *szra* a szén részaránya, *ora* az olaj részaránya, *gra* pedig a gáz részaránya a primerenergia mixben.

Az egészségügyi index megalkotása teljesen különbözik a HDI módszerétől, a 3.1 pontban leírt elvek alapján. Így ennek számítása a következő.

$$g = \frac{ell + eg + ráf}{g_{\max}} \quad (3-17)$$

Ahol *ell* az egészségügyi ellátás minőségét kifejező érték, *eg* a társadalom egészségügyi mutatóit kifejező érték, *ráf* pedig az egészségügyi kiadásokat (ráfordítást) jelzi. Ezek a tényezők 0 és 1 közé esnek, számítási módjuk a következő.

$$ell = \frac{kás + os}{ell_{\max}} \quad (3-18)$$

Ahol *kás* az 1000 főre eső kórházi ágyak száma, *os* pedig az 1000 főre eső orvosok száma.

$$eg = \frac{vék + (1 - fb)}{eg_{\max}} \quad (3-19)$$

Ahol *vék* a várható életkorra vonatkozó 0 és 1 közé eső mutató, *fb* pedig a fertőző betegségekre vonatkozó 0 és 1 közötti mutató, mely a HIV/AIDS és a TBC elterjedtségét méri az ország népességének körében.

$$ráf = \frac{egk}{ráf_{\max}} \quad (3-20)$$

Ahol az *egk* az egészségügyi kiadásokat jelenti a GDP százalékában kifejezve.

3.3. Adatok

A 3.2 szakaszban bemutatott indexek kiszámításához rendelkezésre kell állniuk bizonyos adatoknak. Ezek beszerzése a bonyolultabb indexalkotás miatt összetettebb feladat, mint a HDI adatainak összegyűjtése. Az adatokat a mellékszámításokat is beleértve egy több mint 4300 cellás Excel táblába gyűjtöttem össze, melynek közlését itt mellőzöm a nagy terjedelem miatt, de a forrásokat meg kívánom adni. Ezeket az alábbi táblázat foglalja össze.

3-2. táblázat Az adatok forrásai

KATEGÓRIA	ADAT	FORRÁS
HDI adatok	HDI helyezés, HDI kategória	(United Nations, 2011)
Nemzetközi szervezetek	ENSZ tagság OECD tagság IEA tagság IRPA tagság IMF szavazati súly G20 tagság	(United Nations, honlap) (OECD, honlap) (IEA, honlap) (IRPA, honlap) (IMF, honlap) (Wikipedia)
Építészeti és mérnöki munkák	Autóút, repülőtér és vezetékhosszúságok, mobiltelefon és internet felhasználók Villamos energia szolgáltatásban részesülő háztartások aránya	(CIA, 2013) (The World Bank, 2013)
Népsűrűség	Népsűrűség	(CIA, 2013)
Termelés nagysága	GDP	(CIA, 2013)
Városnagyság	Az első három legnagyobb város mérete, lakossága, a legnagyobb város alapterülete	(Wikipedia, 2013)
	Metróvonal hosszúság	(Wikipedia, 2013)
Energetika	A primerenergia mixre vonatkozó adatok	(BP, 2011)
Egészségügy	Az egészségügyre vonatkozó adatok	(WHO, 2011)

4. A TÁRSADALMI FEJLETTSÉG KAPCSOLATA AZ ENERGETIKÁVAL

4.1. Fejlettségi index megalkotása

Most, hogy rendelkezésre állnak a fejlettséget jellemző, 3.2 alfejezetben bemutatott, a, b, c, d, e, f, g mutatók, célszerű belőlük előállítani egy olyan I indexet, amely egyedüli mérőszámként mutatja a társadalmi fejlettséget. Erre véleményem szerint a következő matematikai formulákat célszerű alkalmazni.

- I. módszer: Egyszerű számtani átlagolás:

$$I = \frac{a + b + c + d + e + f + g}{7} \quad (4-1)$$

- II. módszer: Súlyozott számtani átlagolás:

$$I = \frac{s_1 \cdot a + s_2 \cdot b + s_3 \cdot c + s_4 \cdot d + s_5 \cdot e + s_6 \cdot f + s_7 \cdot g}{\sum_{i=1}^7 s_i} \quad (4-2)$$

- III. módszer: mértani közép számítása:

$$I = \sqrt[7]{a \cdot b \cdot c \cdot d \cdot e \cdot f \cdot g} \quad (4-3)$$

- IV. módszer: súlyozott index számítása, nemlineáris összefüggést feltételezve:

$$I = s_1 \cdot a^{k_1} + s_2 \cdot b^{k_2} + s_3 \cdot c^{k_3} + s_4 \cdot d^{k_4} + s_5 \cdot e^{k_5} + s_6 \cdot f^{k_6} + s_7 \cdot g^{k_7} \quad (4-4)$$

A módszerek közül az I. módszer előnye az egyszerűség, és hogy eredményként egy 0 és 1 közötti számot kapunk, a II. módszer előnye, hogy általa figyelembe vehetőek az egyes indexek jelentőségbeli eltérései, illetve a szükségtelen indexek akár el is hagyhatók, ha nulla értékű együttható tartozik hozzájuk. A III. módszert a HDI módszertana szerint alakítottam ki próbaképp, de nem tartom célravezető megoldásnak. A IV. módszer segítségével pedig figyelembe lehet venni, hogy a fejlettség nem lineáris korrelációt, hanem valamilyen hatványfügg-

vény szerinti korrelációt mutat egyes indexekkel. Emiatt az előny miatt szerintem ez utóbbi módszer a leghatékonyabb, feltéve, hogy az együtthatók megválasztása jól sikerül.

Ez át is vezet a következő kérdéshez, vagyis annak problémájához, hogy mi alapján lehet megválasztani az s_i és k_i együtthatókat. Ehhez újfent LESLIE WHITE elméletéhez nyúlok vissza, mely szerint a fejlettség kulcsa az energetika. Ez alapján feltételezem, hogy olyan fejlettségi mutatót célszerű alkotni, amely jól korrelál az egy főre eső villamosenergia felhasználással. Vagyis az együtthatókat úgy választom ki, hogy a korreláció a megalkotott I index és az egy főre eső villamos energia felhasználás között minél nagyobb legyen. Erre a célra a Microsoft Excel Solver bővítményét használtam fel.

A kapott eredményeket a 4-1. táblázatban mutatom be. Az együtthatókat kerekítve adom meg, mert egy soktizedes együtthatókat tartalmazó egyenlet nem feltétlenül mutat jól egy amúgy is bonyolult index meghatározásánál, és nem is az a cél, hogy minden határon túl növekedjen a korrelációs együttható, ez a módszer inkább csak iránymutatásként szolgál. Ez a helyzet hasonló, mint amikor mérési eredményekre kell polinomot illeszteni. Adott esetben egy kisebb fokszámú görbe jobban leírja a folyamatot, mint egy magas fokszámú polinom, mely lehet hogy minden egyes mérési ponton átmegy, de semmi köze sincs a valósághoz.

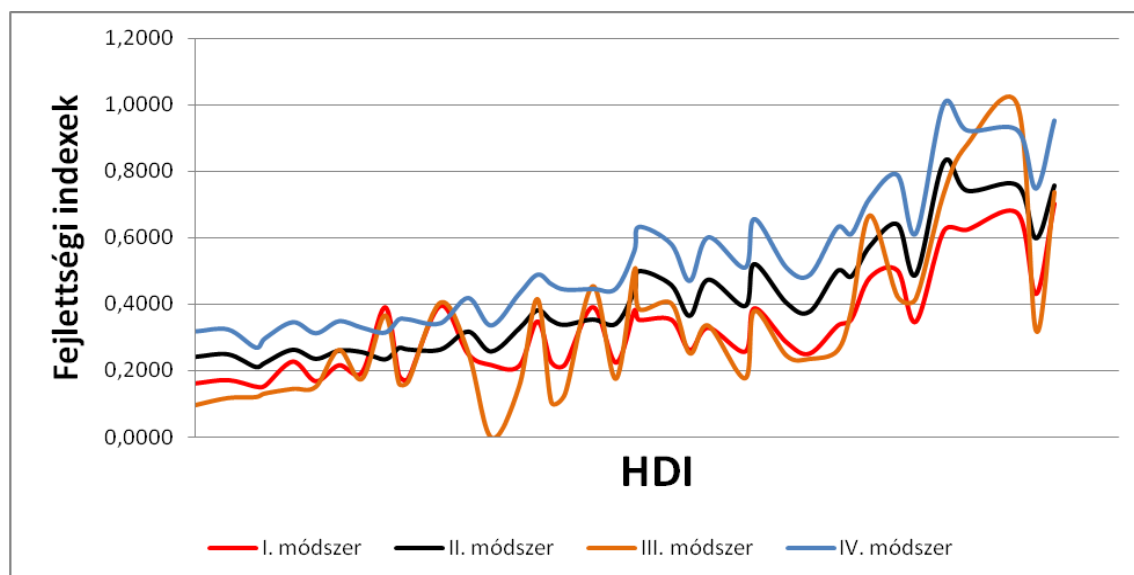
4-1. táblázat Az egyes számítási módszerek együtthatóinak meghatározása

MÓDSZER	EGYÜTTHATÓK	KORRELÁCIÓ AZ EGY FŐRE ESŐ VILLAMOSENERGIA FELHASZNÁLÁSSAL
I. módszer	-	0,7901
II. módszer	$s_1=1$ $s_2=3$ $s_3=0$ $s_4=3$ $s_5=0$ $s_6=3$ $s_7=3$	0,8369
III. módszer	-	0,6521
IV. módszer	$s_1=1$ $k_1=1,5$ $s_2=3$ $k_2=0,7$ $s_3=0$ $k_3=1,0$ $s_4=3$ $k_4=1,0$ $s_5=0$ $k_5=1,0$ $s_6=3$ $k_6=1,0$ $s_7=3$ $k_7=1,0$	0,8390

Az így megalkozott fejlettségi indexek közül célszerű a legjobbat kiválasztani, majd ez alapján elkészíteni az indexeket az összes vizsgált országra. Az egyes indexek és a HDI összehasonlítását a 4.2 alfejezet mutatja be.

4.2. Összehasonlítás a HDI-vel

Céлом megvizsgálni, hogy az eddigiek alapján megalkotott fejlettségi index hogyan működik, vagyis melyik országot hova rangsorolja. A vizsgálatot a HDI-vel való összehasonlításon keresztül mutatom be. A HDI függvényében az egyes indexek jellegre helyesen a 4-1. ábra grafikonján szerepelnek.



4-1. ábra A HDI és a fejlettségi indexek összehasonlítása

A 4-1. ábra alapján látható, hogy bizonyos országok a HDI-hez képest jobb értékelést kaptak, más országok pedig rosszabbat. Ezt részletesen a 4-2. táblázatban és a 4-3. táblázatban lehet nyomon követni.

4-2. táblázat Az I. és II. módszer és a HDI összehasonlítása

ORSZÁG	HDI SZERINTI SORREND	I. MÓD-SZER	I. MÓD-SZER SZERINTI SORREND	ELTÉRÉS	II. MÓD-SZER	II. MÓD-SZER SORREND	ELTÉRÉS
Norvégia	1	0,704	1	0	0,758	5	-4
Új-Zéland	2	0,431	3	-1	0,599	3	-1
Németország	3	0,675	4	-1	0,759	1	2
Franciaország	4	0,625	5	-1	0,743	4	0
Luxemburg	5	0,621	7	-2	0,828	7	-2
Cyprus	6	0,348	8	-2	0,490	2	4
Szlovákia	7	0,502	2	5	0,641	8	-1
Portugália	8	0,481	28	-20	0,576	13	-5
Argentina	9	0,355	21	-12	0,484	10	-1
Uruguay	10	0,335	31	-21	0,501	18	-8
Montenegro	11	0,252	13	-2	0,378	6	5
Szerbia	12	0,285	19	-7	0,404	9	3

ORSZÁG	HDI SZERINTI SORREND	I. MÓD- SZER	I. MÓD- SZER SZERINTI SORREND	ELTÉRÉS	II. MÓD- SZER	II. MÓD- SZER SORREND	ELTÉRÉS
Oroszország	13	0,388	9	4	0,522	15	-2
Kazahsztán	14	0,257	17	-3	0,395	17	-3
Ukrajna	15	0,329	18	-3	0,475	19	-4
Peru	16	0,262	24	-8	0,366	12	4
Brazília	17	0,354	6	11	0,459	14	3
Azerbajdzsán	18	0,353	10	8	0,500	24	-6
Törökország	19	0,381	15	4	0,440	11	8
Algéria	20	0,224	12	8	0,341	16	4
Kína	21	0,392	16	5	0,355	21	0
Paraguay	22	0,219	14	8	0,339	23	-1
Mongólia	23	0,225	11	12	0,352	20	3
Egyiptom	24	0,348	27	-3	0,382	22	2
Guyana	25	0,213	35	-10	0,327	25	0
Dél-Afrika	26	0,217	23	3	0,258	27	-1
Vietnám	27	0,250	20	7	0,318	30	-3
India	28	0,395	22	6	0,264	29	-1
Bhután	29	0,176	26	3	0,264	28	1
Kenya	30	0,186	33	-3	0,269	35	-5
Bangladesh	31	0,391	25	6	0,235	33	-2
Madagaszkár	32	0,195	32	0	0,256	26	6
Nigéria	33	0,216	30	3	0,261	32	1
Uganda	34	0,168	29	5	0,236	38	-4
Ruanda	35	0,227	38	-3	0,263	39	-4
Afganisztán	36	0,154	34	2	0,224	34	2
Etiópia	37	0,152	39	-2	0,212	31	6
Sierra Leone	38	0,172	36	2	0,250	36	2
Kongó	39	0,162	37	2	0,242	37	2

4-3. táblázat A II. és III. módszer és a HDI összehasonlítása

ORSZÁG	HDI SZERINTI SORREND	III. MÓD- SZER	III. MÓD- SZER SORREND	ELTÉRÉS	IV. MÓD- SZER	IV. MÓD- SZER SORREND	ELTÉRÉS
Norvégia	1	0,739	3	-2	0,951	5	-4
Új-Zéland	2	0,322	4	-2	0,747	1	1
Németország	3	1,000	1	2	0,922	4	-1
Franciaország	4	0,880	5	-1	0,922	3	1
Luxemburg	5	0,733	8	-3	1,000	7	-2
Cyprus	6	0,418	19	-13	0,612	2	4
Szlovákia	7	0,425	21	-14	0,787	8	-1
Portugália	8	0,668	7	1	0,717	13	-5
Argentina	9	0,383	6	3	0,610	18	-9
Uruguay	10	0,262	24	-14	0,630	10	0
Montenegró	11	0,237	28	-17	0,487	6	5

ORSZÁG	HDI SZERINTI SORREND	III. MÓD- SZER	III. MÓD- SZER SORREND	ELTÉRÉS	IV. MÓD- SZER	IV. MÓD- SZER SORREND	ELTÉRÉS
Szerbia	12	0,246	17	-5	0,508	9	3
Oroszország	13	0,381	18	-5	0,655	15	-2
Kazahsztán	14	0,178	9	5	0,509	17	-3
Ukrajna	15	0,337	13	2	0,600	19	-4
Peru	16	0,254	31	-15	0,469	14	2
Brazília	17	0,404	15	2	0,580	12	5
Azerbajdzsán	18	0,387	2	16	0,631	24	-6
Törökország	19	0,504	33	-14	0,559	11	8
Algéria	20	0,177	10	10	0,445	16	4
Kína	21	0,455	27	-6	0,445	23	-2
Paraguay	22	0,132	16	6	0,443	20	2
Mongólia	23	0,107	12	11	0,460	21	2
Egyiptom	24	0,417	11	13	0,488	22	2
Guyana	25	0,152	14	11	0,429	25	0
Dél-Afrika	26	0,000	20	6	0,335	27	-1
Vietnám	27	0,257	32	-5	0,417	30	-3
India	28	0,406	29	-1	0,342	29	-1
Bhután	29	0,169	30	-1	0,353	33	-4
Kenya	30	0,164	34	-4	0,353	35	-5
Bangladesh	31	0,368	25	6	0,314	28	3
Madagaszkár	32	0,177	35	-3	0,328	26	6
Nigéria	33	0,264	36	-3	0,348	32	1
Uganda	34	0,153	22	12	0,312	38	-4
Ruanda	35	0,147	37	-2	0,345	39	-4
Afganisztán	36	0,133	38	-2	0,296	31	5
Etiópia	37	0,122	23	14	0,268	34	3
Sierra Leone	38	0,119	39	-1	0,323	36	2
Kongó	39	0,098	26	13	0,317	37	2

A táblázatok eltérés oszlopaiban látszik a módszerek különbsége a HDI-hez képest. Az I. módszer esetében a HDI-hez képest nagyon nagy eltérések is megfigyelhetők, például Portugália és Uruguay esetén, ezért ezt az egyszerű és a 4-1. táblázat szerint rossz korrelációs együttthatóval rendelkező módszert elvetem. A III. módszernél szintén nagy különbségek figyelhetők meg például Montenegró és Azerbajdzsán példáján, és ennek a módszernek is gyenge a korrelációs együttthatója. A fennmaradó lehetőségek között marad a II. és a IV. módszer, melyek elfogadható eredményt adnak, jó egy főre eső villamos energia fogyasztással való korreláció mellett, ezért ezen módszerek alkalmazását javaslom.

4.3. További felhasználási lehetőségek

A fentiek alapján megalkotott fejlettségi index nem önmagáért való dolog, és felhasználási lehetőségei túlmutatnak az országok közötti sorrend megállapításánál. Az alábbiakban felsorolom az új mutatók lehetséges alkalmazási területeit.

- Egy komplex fejlettségi index alkalmas lehet annak eldöntésére, hogy bizonyos nemzetközi szervezetek a tagjaik közé fogadnak-e adott országokat. Így például alkalmas lehet az EU-csatlakozás esetén kritérium felállítására a csatlakozni vágyó országok számára. Ez azért jó, mert minden ország a saját lehetőségeihez mérten tud fejlődni. Ha egységes kritériumrendszert fogalmaznak meg egy csoport vezetői, akkor minden csatlakozni vágyó államot egységes keretek közé szorítanak be. Az általam leírt index segítségével lehetőségessé válna egy olyan megoldás is, hogy míg bizonyos tekintetben egy adott ország gyengébben teljesít, mint a kívánt szint, más tekintetben fejlettebb, így összességében alkalmas lehet a csatlakozásra.
- Az előzőekben említettem, hogy az index egyik felhasználási célja lehet az energetikai döntéshozatal támogatása, de akár az általános politikai döntéshozatal támogatása is. A szakmai vonalnál maradva fontos belátni, hogy az energetika nem csupán önmagára van kihatással, hanem a társadalom egészére. A technológiai alrendszerre épülő ideológiákon keresztül az energetikai döntéseknek sokkal mélyebb hatása van az emberiségre, mint azt gondolnánk. Ezért amellet, hogy a döntéseket gazdasági, jogi, és persze műszaki kritériumrendszerek szerint a lehető legjobb módon kell meghozni, az alternatívák vizsgálatánál fontos szempont lehet egy adott döntés humán fejlettségre való hatása. Ennek vizsgálatában segíthet az új mutatószám.
- Egy ország vagy régió energetikai stratégiájában fontos kijelölni egy adott irányt. Ilyen irány például az EU „3×20-as” irányelve. A társadalmi fejlettséget mérő index segítségével ki lehet mutatni, hogy milyen mértékű energetikai fejlesztést célszerű végrehajtani. Ezt a következő módon lehetne vizsgálni. Egy referencia állapotot kijelölve meg lehetne határozni a mutató egyes komponenseinek távolságát az elérni

kívánt állapottól. A közeledést természetesen az egyenszilárdság elve szerint lenne érdemes végrehajtani, tehát nem feltétlenül kívánatos egy adott mutató javításának erőltetése, mert ez esetleg a többi értékének romlásához, vagy kisebb mértékű javulási lehetőségéhez vezet. Ennek szem előtt tartásával felül lehetne vizsgálni az energiastratégiát, és az egyes vállalatokat racionalizálni lehetne.

5. IDŐSOROS VIZSGÁLATOK

5.1. Bevezetés

Az eddigi vizsgálatok során az adatok egy adott évből származtak. Ezért ez a vizsgálat csak statikus esetben fennálló összefüggések bemutatására alkalmas. A valóságban azonban a bemutatott indexek állandó változáson mennek keresztül, és szinte mindig tranziens állapotban vannak. Az ilyen jellegű összefüggések keresésénél mélyebb kapcsolatok is feltárhatók, hiszen nem csak a pillanatnyi értékek, hanem a trendek összehasonlítására is lehetőség nyílik. Ha ebben a fejezetben is foglalkozni kívánnék az előzőekben bemutatott összes országgal, akkor rendkívül nagy adatbányászati munka tartozna a dolgozathoz. Ezért olyan országokat választottam ki az idősoros vizsgálatra, melyek esetén megfelelő és lehetőleg közös forrásból származó adatok állnak rendelkezésre. Az idősoros vizsgálatot a későbbiekben nagyobb időtávra is célszerű kiterjeszteni, de jelen dolgozatban a vizsgált országok adatait 2000-től 2010-ig vizsgálom.

5.2. A vizsált országok és a vizsgált adatok bemutatása

Az idősoros vizsgálatot az 5-1. táblázatban szereplő országokra, illetve régiókra fogom elvégezni.

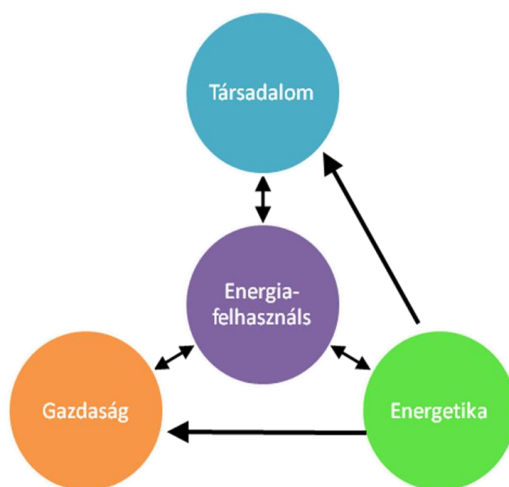
5-1. táblázat A vizsgált országok bemutatása

Ország/régió	Jellemzők
EU-27	közepes megújuló részarány
Németország	közepes megújuló részarány, szélerőművek hatása
Franciaország	kis-közepes megújuló részarány, sok atomerőmű
Olaszország	magas energiafüggőség, nagy megújuló részarány
Magyarország	kis megújuló részarány, nagy energiaintenzitás, kis GDP

Az 5-1. táblázat rámutat arra, hogy olyan országok kerültek kiválasztásra, melyek különböző fejlettségi szinten állnak, illetve különböző energiafelhasználási struktúrával rendelkeznek. Ez a különbözőség a későbbiekben esetleg lehetőséget nyújt a trendek összehasonlítása által az adott ország energetikai rendszerével kapcsolatos következtetések megfogalmazására.

A bevezetőben már említésre került, hogy a 4.1 alfejezetben bevezetett indexhez képest az idősoros adatok vizsgálatánál szerényebb adatmennyiség kezelése célszerű. Ezért az országok számának csökkentése mellett a megfigyelt adatok is jelentősen szűkebbek lesznek. Emellett

természetesen követni fogom a szocio-kulturális fejlettségi index fő rendszerét. Az idősoros vizsgálat adatait három nagy alrendszerből nyerem. Ezek a gazdaság, az energetika, és természetesen a társadalom. Az alrendszerek kapcsolatát az 5-1. ábra mutatja be.



5-1. ábra Az idősoros vizsgálat alrendszerei

Az ökonometriai vizsgálatnál csak az egyes alrendszerek és az energiafelhasználás kapcsolatát fogom vizsgálni, de a White-féle elmélethez igazodva belátható, hogy az Energetikai alrendszer, mint Technológiai alrendszer hatással lesz mind a gazdaságra, mind a társadalomra. Ez a kapcsolat a változók bizonyos mértékű, de nem teljes kollinearitását vonja majd maga után.

Az alrendszerekben belül vizsgált adatokat az 5-2. táblázat mutatja be.

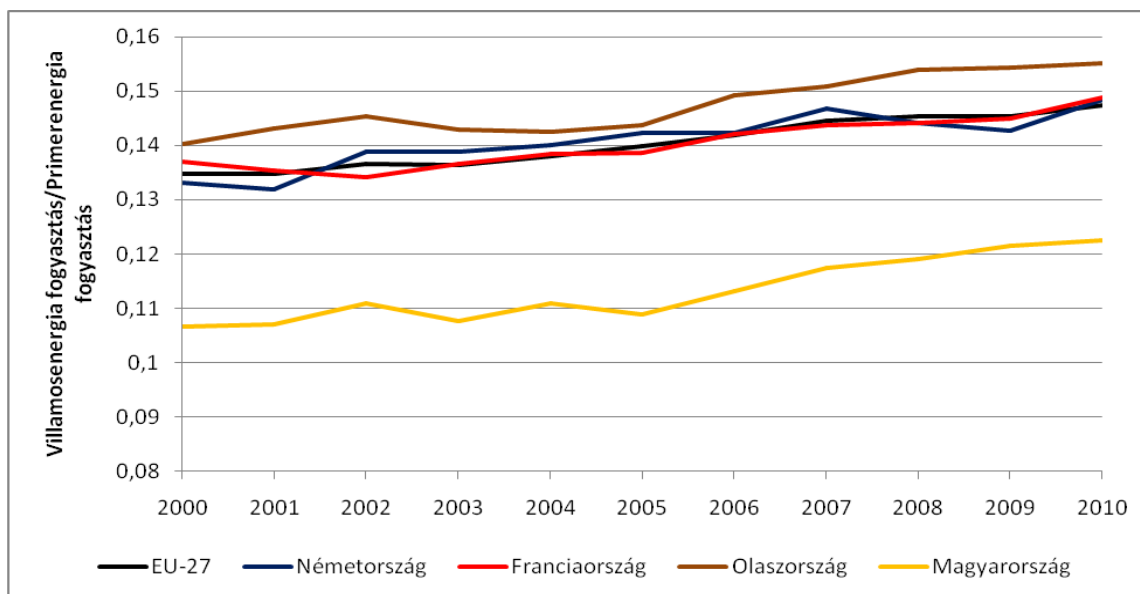
5-2. táblázat Az idősoros vizsgálat adatai

Alrendszer	Adatok	Mértékegység
Energetikai alrendszer	Üvegházhatású gázok kibocsátása	1000 tCO ₂ egyenérték
	Energiafüggőség	%
	Megújuló forrásból termelt villamos energia	%
	Energiaintenzitás	kgoe/1000EUR
Energetikai alrendszer	Háztartások vill.e. fogyasztása	1000 toe
	Ipar végenergia felhasználása	1000 toe
	Közlekedés végenergia felhasználása	1000 toe
Gazdasági alrendszer	egy főre eső GDP	PPS/fő
Társadalmi alrendszer	A 0-14, 15-24, 25-49, 50-64, 65-79 éves és 80 évesnél idősebb lakosok aránya a társadalomban	%
	Népesség	fő
	Oktatásban töltött évek	év
	Oktatásra költött közpénz	MPPS
Energiafelhasználás	Villamosenergia-felhasználás	1000 toe
	Primerenergia-felhasználás	1000 toe

Az adatok éves bontásban szerepelnek a vizsgálatban.

5.3. Trendek grafikus elemzése

A regressziós vizsgálat előtt célszerű ábrázolni az idősoros adatokat. Ezzel a módszerrel grafikusán is fel lehet térképezni az egyes változók közötti kapcsolatokat, vagy azok időbeli alakulásának jellegét. Az alábbiakban néhány érdekes észrevételt mutatok be a 2000-2010 közötti idősorokra.

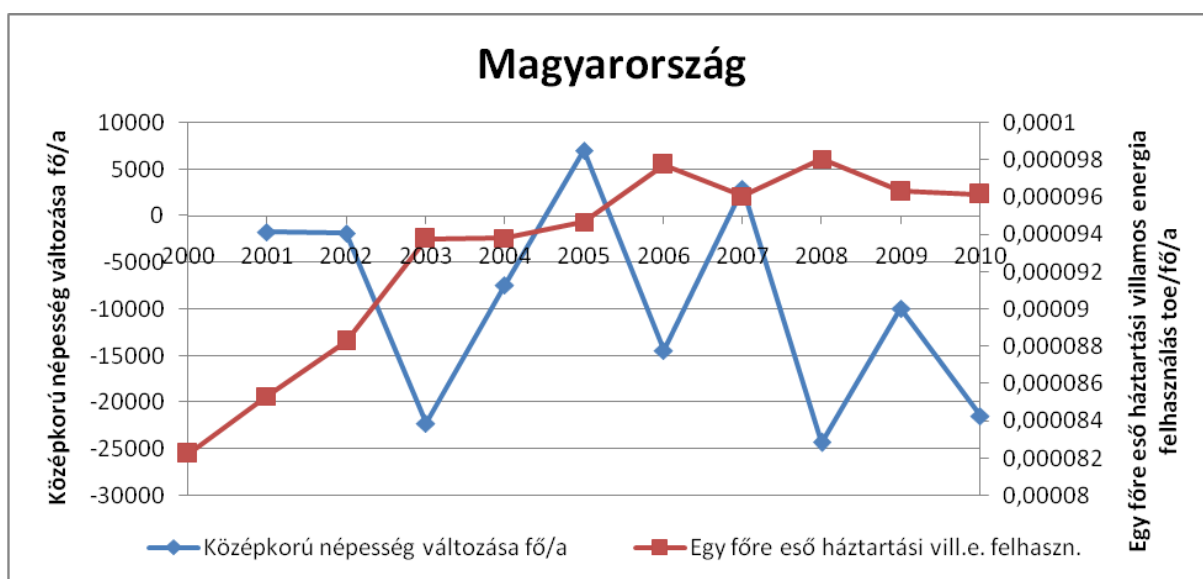


5-2. ábra A villamosenergia fogyasztás és a primerenergia fogyasztás arányának alakulása

Az 5-2. ábra szerint a villamosenergia fogyasztás és a primerenergia fogyasztás hányadosa növekvő trendet mutat. Vajon mi okozza ezt a jelenséget? A technológia fejlődésével egyre több olyan műszaki megoldás terjed el, ami villamos energiát igényel. Ez a lakossági és ipari szektorra egyaránt igaz, elég csak az egyszerű konyhai felszerelésekre gondolni, például a villamos sütők és tűzhelyek elterjedésére, melyek részben kiszorítják a hagyományos gázzal működő társaikat. A fűtési rendszereknél a hőszivattyúk térhódítása tolja el az arányt a villamosenergia fogyasztás felé. De az ipari felhasználásban is jellemző, hogy minél modernebb egy technológia, annál jobban támaszkodik inkább villamos energiára, mint valamilyen kémiai kötött energiafajtára. Az fenti 5-2. ábra grafikonján az is megfigyelhető, hogy a nyugati országok, és az EU-27 régió esetében a villamos és primer fogyasztás aránya hasonló jellegűt mutat, szemben Magyarországgal. Ha a nagyobb arányszámhoz nagyobb társadalmi fejlettség tartozik – márpedig ez tűnik kézenfekvő feltételezésnek –, akkor megállapítható, hogy hazánk jelentős elmaradásban van a régióhoz képest, és sajnos a nem látszik olyan mér-

tékű növekedés, mely alapján a régióhoz való közeledést lehetne prognosztizálni belátható időn belül.

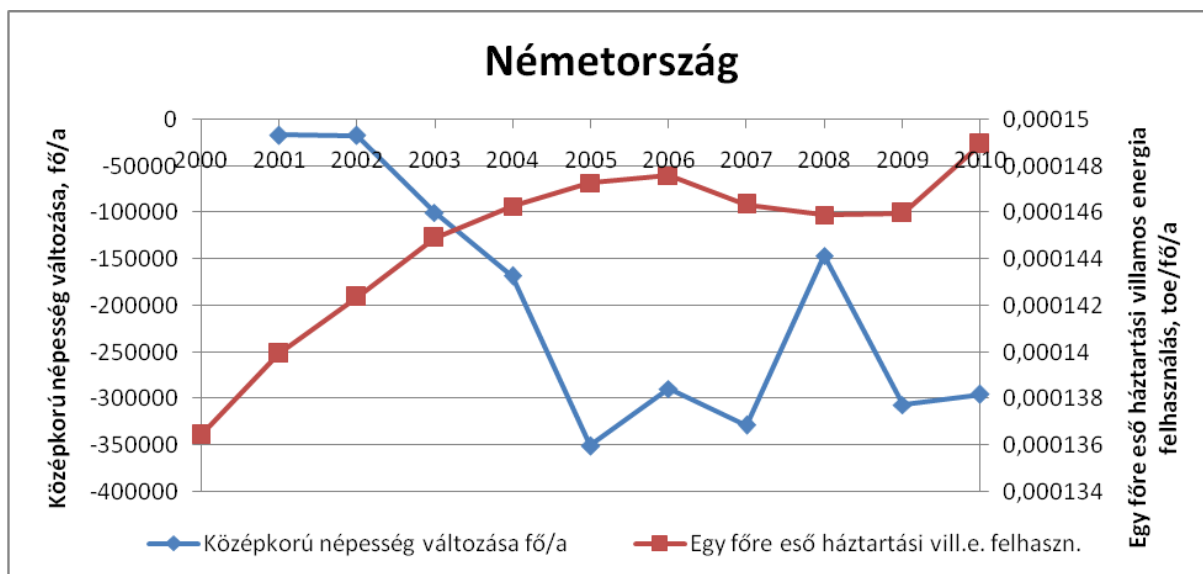
Egy másik érdekes vizsgálati tapasztalat a társadalom kor szerinti tagozódása, és az egy főre eső háztartási villamos energia fogyasztás közötti összefüggés. Itt az apriori szemlélet azt sugallja, hogy az aktív korúak többet fogyasztanak, mint a nagyon fiatalok, illetve a nagyon idősök. A trendek vizsgálatakor érdemes az aktív vagy középkorú népesség megváltozását, és az egy főre jutó háztartási villamos energia fogyasztást együttesen vizsgálni. Az összefüggések a következő ábrákon láthatók az egyes országokra nézve.



5-3. ábra Magyarország középkorú népessége és egy főre eső háztartási villamos energia felhasználása

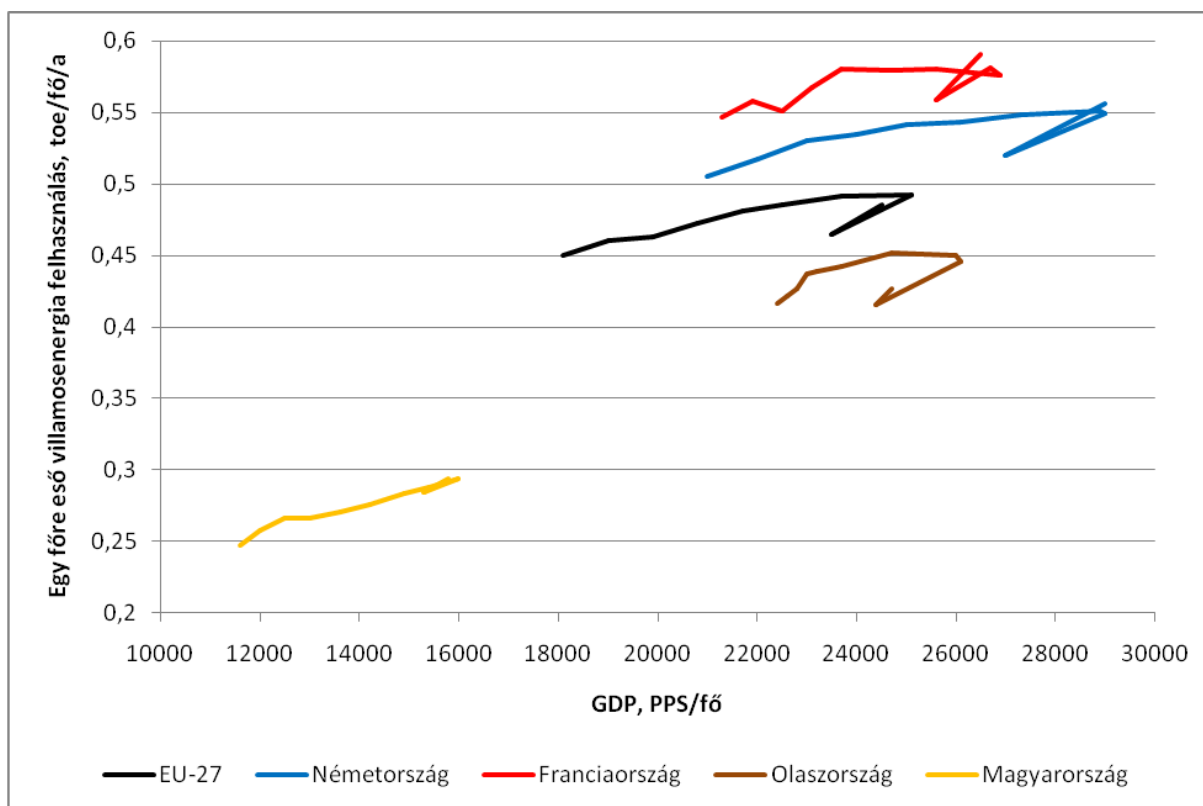
Az öregedő népesség mellett az egy főre eső háztartási villamos energia felhasználás növekedési trendje is megtorpanni látszik. Ezt a kapcsolatot természetesen nem lehet egyértelműen kijelenteni, a korrekt vizsgálathoz hosszú idősoros elemzés lenne szükséges, mely a jelenlegi dolgozat keretein túlmutat, de hosszabb távon a céljaim közé tartozik. Az 5-4. ábra hasonló összefüggést mutat Németország esetén is. A középkorú népesség egyértelmű csökkenése ebben az esetben is a háztartási villamos energia felhasználás csökkenéséhez vezetett. Természetesen ez az ok-okozati kapcsolat inkább intuitív alapokon nyugszik, mint számszerűsített megfigyeléseken, hiszen elképzelhető, hogy egy harmadik változó befolyásolja mind a népesség szerkezeti változását, mind az energiaszolgáltatást. Erre a jelenségre egyetemi tanulmányaim alatt számos példát hallottam, de a leginkább szemléletes példa Dr. Gács Iván előadásán hangzott el. Gács tanár úr gyermekeinek életkora, és a globális felmelegedés között tisztán matematikai értelemben szoros kapcsolatot lehetne feltárni, azonban ez nyilvánvalóan hamis

ok-okozati kapcsolat lenne, mert belátható, hogy a kérdéses személyek egyedül igen kevés hatást gyakorolnak a Föld éghajlatára.



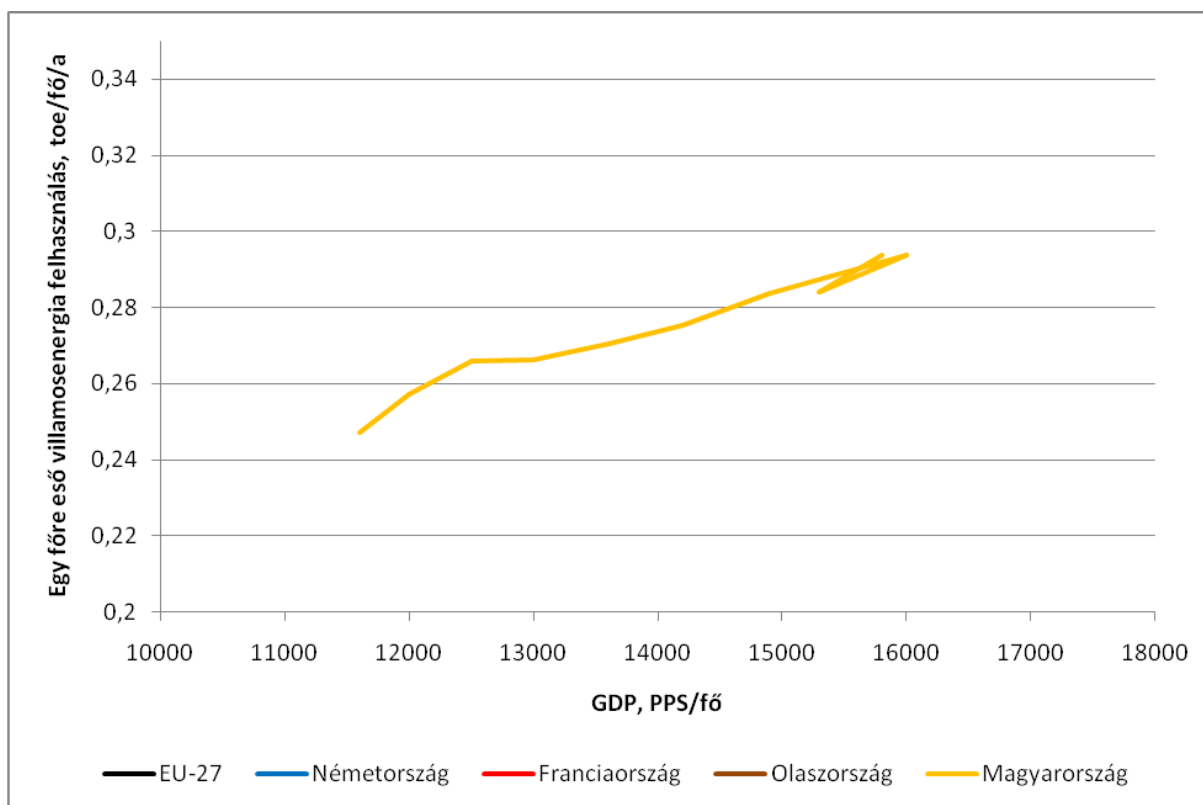
5-4. ábra Németország középkorú népessége és egy főre eső háztartási villamos energia felhasználása

Egy másik érdekes adatsor-ábrázolás a GDP és a villamosenergia felhasználás kapcsolata. A szakirodalomból ismert tény, hogy a két változó között szoros a korreláció.



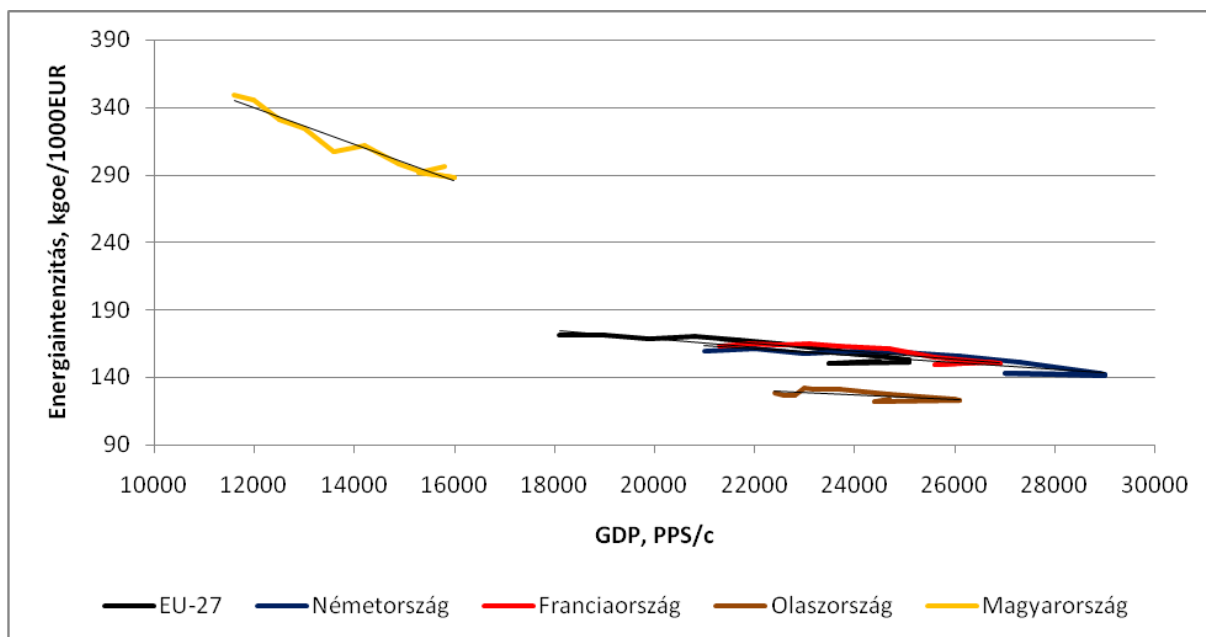
5-5. ábra A GDP és a villamosenergia felhasználás kapcsolata

Az 5-5. ábra grafikonján szembeötlő, hogy mind GDP mind egy főre eső villamos energia felhasználás tekintetében igaz, hogy hazánk igen messze áll a nyugati országoktól, de még azok 2000-ben fennálló helyzetétől is. Továbbá látható az is, hogy a GDP és az energiafelhasználás szoros kapcsolatban áll egymással. Minden ország esetén megfigyelhető a gazdasági válság hatása, és a válságból való kilábalás folyamata. Ez egy hurokként jelenik meg a grafikus ábrázolásban. Németország és Franciaország 2010-re többé-kevésbé újra elérte a válság előtti állapotot, míg az EU-27 régió és Olaszország még nem állt talpra. Magyarország értékei az ábrán nehezen figyelhetők meg, ezért az alábbi ábra kinagyítva mutatja a hazánkra vonatkozó tartományt.



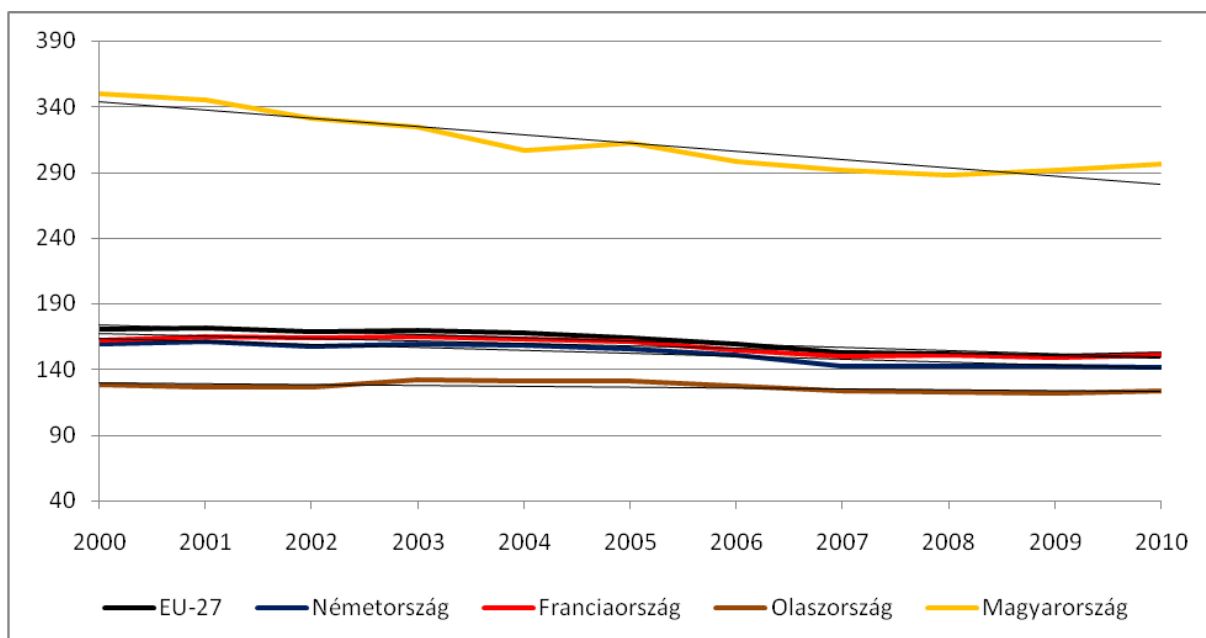
5-6. ábra A GDP és a villamosenergia felhasználás kapcsolata (Magyarországra kinagyítva)

Érdekes, hogy jellegre hazánk diagramja (5-6. ábra) jobban hasonlít a német illetve francia esethez, mint a régiós vagy az olasz példához. A villamosenergia fogyasztás értéke 2010-re „helyreállt”, de a GDP értékek még nem. A magyarázat valószínűleg abban keresendő, hogy más-más ágazatokat másféleképpen érintett a válság. Olaszország esete kirívó, itt a nagy GDP csökkenéshez nagy energiafelhasználás csökkenés is társult, vagyis valószínűleg az energaintenzív ágazatokat erősen érintette a recesszió. Ez a megfigyelés át is vezet a következő bemutatott diagramhoz, melyet az 5-7. ábra mutat.



5-7. ábra Az energiasűrűség és a GDP kapcsolata

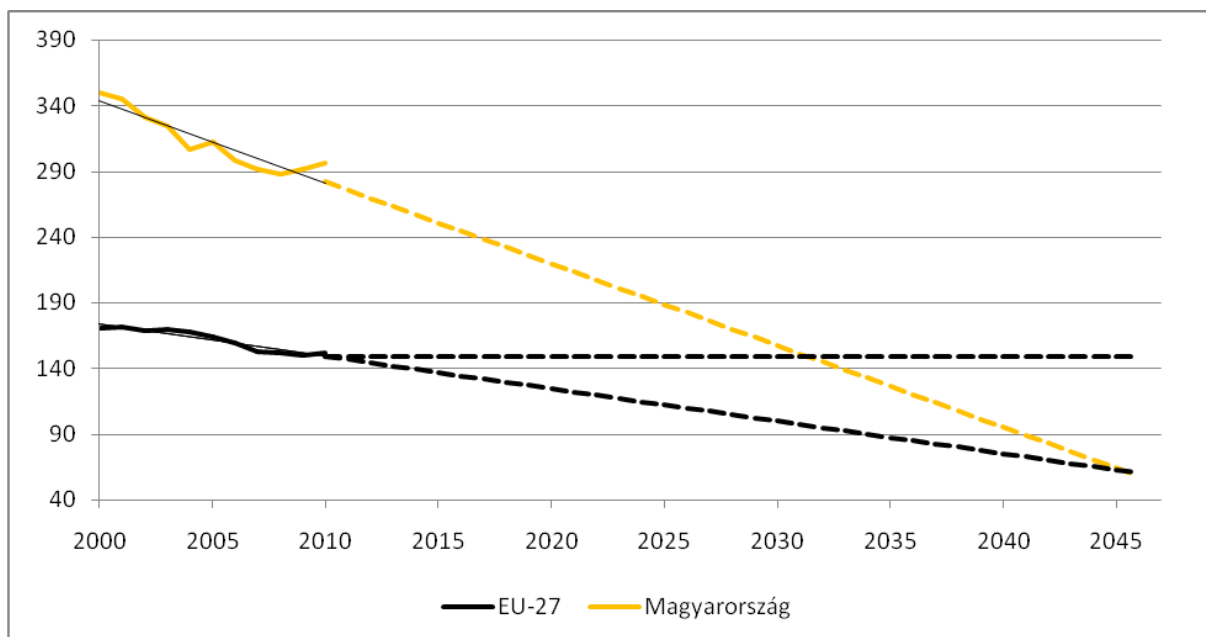
Általában megfigyelhető, hogy az európai országok energiasűrűsége csökkenő jelleget mutat, mind időben (ezt az 5-8. ábra mutatja), mind a GDP szerint. Ez az energetikai hatékonyság növekedését jelenti. Hazánk ezen a téren is távol áll a nyugati országoktól, de itt legalább biztató a trend, így talán van remény a felzárkózásra.



5-8. ábra Az energiasűrűség alakulása a vizsgált időszakban

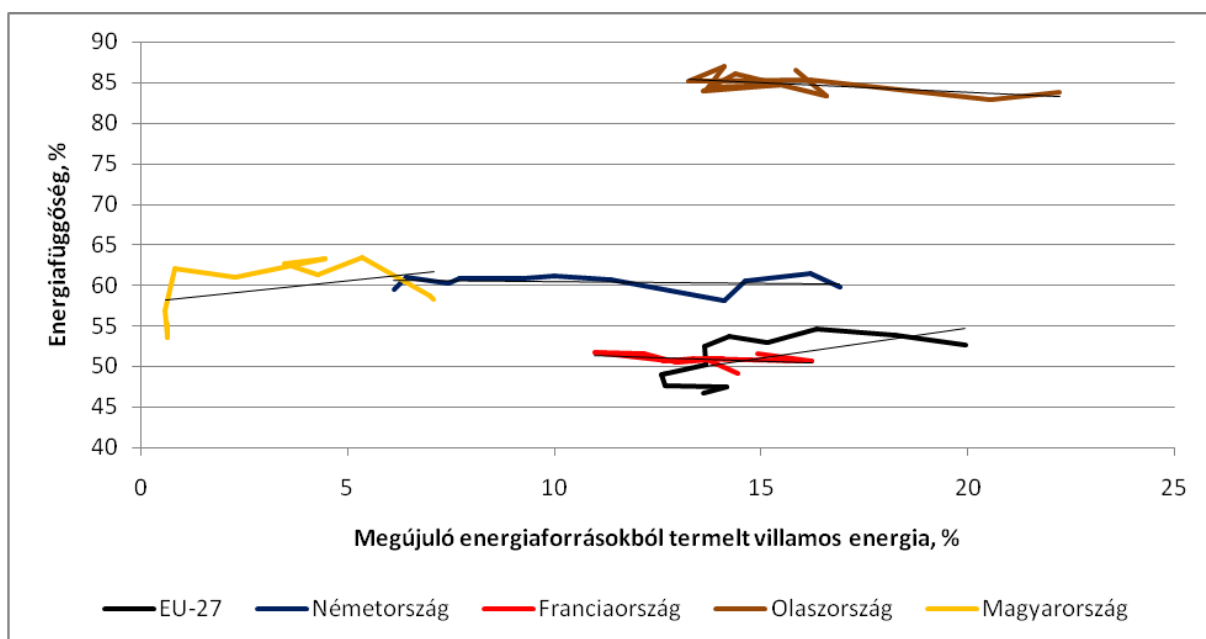
Mivel az energiasűrűség az egyetlen olyan jellemző, melyre nézve biztató a régióhoz való közeledés, lineáris trend-extrapolációval megvizsgáltam, hogy mennyi időt venne igénybe a felzárkózás változatlan fejlődési ütemet feltételezve. Az eredményeket az 5-10. ábraán muta-

tom be. Változatlan fejlődési görbét feltételezve hazánk 2045-re kapaszkodik fel a régió szintjére. A 2010-es régiós energiaintenzitást is 2030 után érjük csak el, szintén változatlan fejlődés mellett. Mindez azt jelenti, hogy legalább 20 év elmaradás tapasztalható Magyarország és az európai régió között, ami legalábbis elgondolkodtató adat.



5-9. ábra Az EU-27 régió és Magyarország energiaintenzitásának összehasonlítása

Az utolsó, 5-10. ábra, amit véleményem szerint érdemes kiemelni a változók közötti kapcsolatból a megújuló energiaforrások alkalmazásáról szól.



5-10. ábra A megújuló energiaforrások alkalmazása és az energiafüggőség közötti összefüggés

A megújuló energiaforrások egyik előnye, hogy helyben fellelhető erőforrások kiaknázására nyújtanak lehetőséget. Ez az előnyös tulajdonság elvileg azt jelenti, hogy a megújulók alkalmazásának növelése csökkenti egy adott ország energiafüggőségét. Ezzel szemben mind az EU-27 régióban, mind Magyarország esetén megfigyelhető, hogy növekvő megújuló részarányhoz növekvő importfüggőség társul. Németország ezzel szemben enyhén csökkenő jelleget mutat. Véleményem szerint a jelenség oka – legalábbis részben – a német szélerőművekben keresendő, melyek gyakran leszorítják a piaci árakat, kényszerítve ezzel a szomszédos országokat, hogy a német erőművek által termelt villamos energiát vegyék igénybe. Ez természetesen növeli a német exportot, amivel a nettó import csökken, így Németország szempontjából ez energiafüggőség csökkentéssel jár. A többi ország mérlegét azonban rontja a jelenség, hiszen nő az import-résarány.

5.4. Regressziós vizsgálat

A regressziós modellbe nem építem bele az összes változót, melyek az 5-2. táblázatban szerepelnek. A beépített magyarázó változók a következők:

- Energiafüggőség, %
- Megújuló részarány, %
- Középkorú réteg aránya a társadalomban, %
- Oktatásra költött közpénz egy főre eső értéke, millió PPSEUR/fő
- Energiaintenzitás, kg toe / 1000EUR.

Első közelítésben lineáris regressziós modellt állítok fel, melynek leíró egyenlete a következő.

$$y = \alpha + \beta_1 \cdot x_1 + \beta_2 \cdot x_2 + \beta_3 \cdot x_3 + \beta_4 \cdot x_4 + \beta_5 \cdot x_5 + u \quad (5-1)$$

Ahol $x_1, x_2, \dots, x_5$ változók az előzőleg felsorolt magyarázó változók, y pedig a magyarázott változó, ami jelen esetben –a különböző méretű országok közötti összehasonlítási lehetőség miatt- az egy főre eső villamosenergia fogyasztás. A regressziós együtthatók becslése a gretl program segítségével történt, a legkisebb négyzetek elvének alkalmazásával. A kapott eredmények alapján az együtthatók értéke a következő táblázatban következő nyomon.

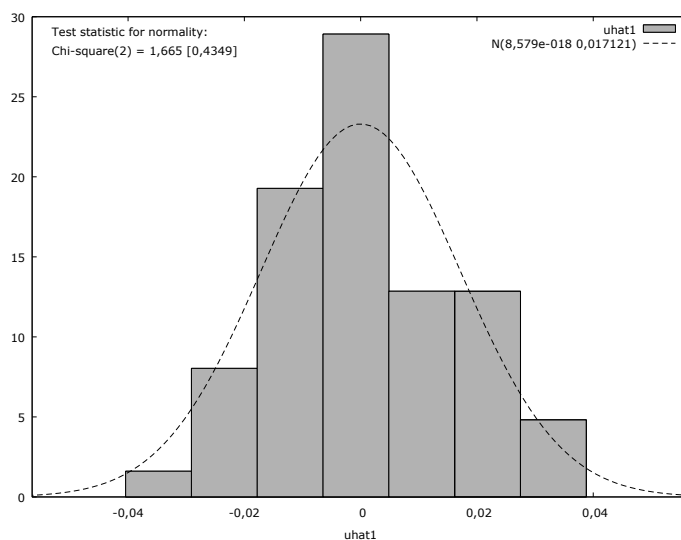
5-3. táblázat A regressziós modell együtthatói

Együttható	Érték	Magyarázat
β_1	-0,00227292	az energiafüggőség együtthatója
β_2	-0,00848772	a megújuló részarány együtthatója
β_3	-0,00550725	a középkorú réteg arányának együtthatója
β_4	175,956	az oktatásra költött közpénz együtthatója
β_5	-0,00141663	az energiaintenzitás együtthatója
α	1,05851	konstans tag

Az együtthatók értékét vizsgálva látszik, hogy az energiafüggőségnek negatív együtthatója van, vagyis minél kisebb, azaz minél fejlettebb illetve önellátóbb egy ország, annál magasabb az egy főre eső villamosenergia fogyasztás. Hasonló kapcsolatot lehet feltárni a megújuló energiaforrások részarányára vonatkozóan is. Ennek interpretációja lehet az is, hogy a megújulóknak felhasználásával a WHITE-féle felosztás szerint alacsonyabb fejlettségű energiamixhez

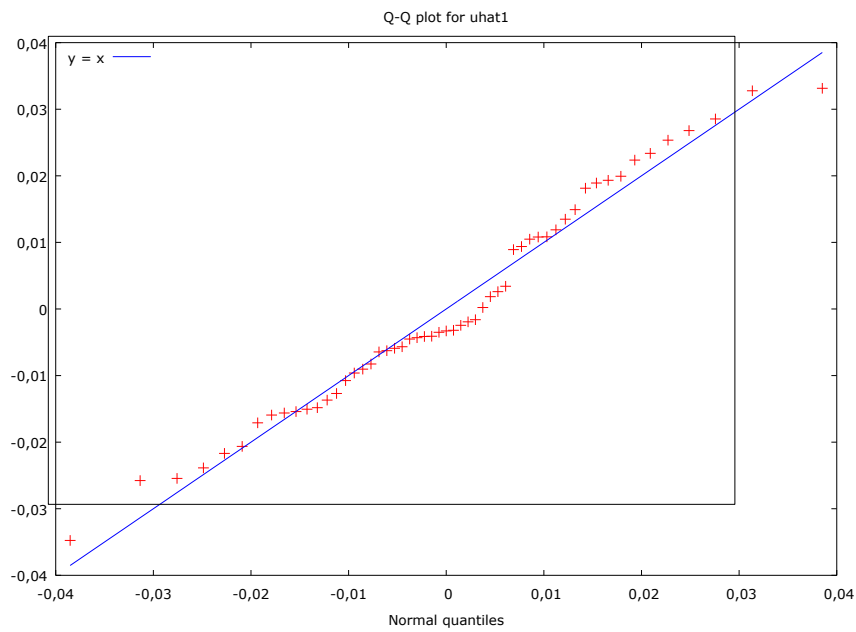
jutunk. Például a biomassza-felhasználás a múltba való visszalépésként jelenik meg. Egy másik magyarázat az lehet, hogy a megújuló energiaforrások felhasználására törekvő országok általában kidolgoznak energiatakarékosági programokat is, ezzel mérsékelve a háztartási fogyasztást, valamint az iparuk is fejlett, ami kis energiaigényességet jelent. Ezzel párhuzamosan az energiaintenzitásnak szintén negatív együtthatója van, ami megfelel a várakozásoknak. Az oktatásra költött közpénz együtthatója pozitív, vagyis az oktatásba való investálás egyértelműen fejlődést hoz, ami megint csak WHITE elméletére visszautalva többlet energiafogyasztással érhető el. Végül a középkorú réteg arányának együtthatóját vizsgálva, kiderül, hogy az negatív. Ez a várakozásokkal ellentétes, hiszen elvileg ez a réteg lenne felelős a háztartási energiafogyasztás döntő részéért. Véleményem szerint a vizsgált időszak nem elég hosszú ahhoz, hogy a népesség aránya jelentősen változzon, ezért ezt az együtthatót fenntartással kell kezelni. Egy hosszabb időszor vizsgálata értékelhetőbb eredményeket adna.

A regressziós modell R^2 értéke 0,9758, vagyis a felsorolt magyarázó változók jól leírják az egy főre eső villamosenergia felhasználást. A modell jóságát ezen kívül statisztikai próbákkal is igazolni kell. Az egyik legfontosabb követelmény, hogy a reziduumok, vagyis a maradéktagok nulla várható értékű normális eloszlást kövessenek. Ennek nyomkövetése az 5-11. ábra grafikonjának segítségével lehetséges.



5-11. ábra A hibatag eloszlásfüggvénye

Egy másik szemléltetési módszer a Q-Q diagram, ahol a maradéktagok egy 45°-os egyenesre illeszkednek normális eloszlás esetén. Az 5-12. ábra szerint ez a követelmény is teljesül.



5-12. ábra A hibatag Q-Q diagramja

A magyarázó változókra elvégzett t és p statisztikai próbák alapján mindegyik alkalmazott változó megfelelően használható a modellben.

5.5. Tovább lépési lehetőségek

Az idősoros vizsgálatot két irányba lehet fejleszteni. Egyrészt hosszabb idősort lenne célszerű vizsgálni, így többféle dinamikai kapcsolat is feltárható lenne, és persze több megfigyelési pont szerepelne a regressziós modellben. Egy másik fejlesztési irány a modell finomítása, mely vagy a nemlineáris modellek irányába való tovább lépés útján történhet, vagy egy komplex lineáris vizsgálat, a *panelregresszió* felhasználásával. A vizsgált adatok voltaképpen paneladatok, hiszen nem csak keresztmetszetben, hanem időben is változnak. (Maddala, 2004)

Az igazi modellfejlesztési lehetőséget azonban az jelentené, ha a regressziós modell helyett sikerülne egy csatolt (differenciál)egyenletrendszerből álló dinamikus modellt alkotni, az ok-okozati láncolatok pontos feltüntetésével, és működésük bemutatásával. Ez a munka messze túlmutat a jelenlegi dolgozat tartalmán, de távlati célkitűzésként megállja a helyét.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Az energetika igen szerteágazó tudományág. Hatással van a gazdaságra, a környezetre (védelemre), a természettudományok számára új kihívásokat jelent, és mindezekben túl befolyása van a társadalomra, az egész emberiség fejlődésére. Emiatt az energetikai döntéseket a meglévő döntési mechanizmusrendszeren túl egy új vizsgálati elemmel célszerű kiegészíteni, ami felvilágosítást ad arra nézve, hogy az adott döntés milyen hatással van az emberiség fejlődésére. Ennek mérése igen összetett feladat, az energetikai döntéshozatal pedig jellemzően amúgy is lassú folyamat. Egy újabb vizsgálat újabb terhet jelent, ami még jobban lelassítja a döntési mechanizmust, nem is beszélve arról, hogy egy hasonló problémafelvetésre sok nem műszaki végzettségű szakember reagálna a társadalomtudományi és egyéb humán területekről, akiknek jellemzően nem sokat mondanak az energetikai beruházásokkal kapcsolatos témák, viszont cserébe hajlandóak bármikor hosszú és költséges vitába bonyolódni a társadalmi folyamatok alakulásáról. Ez nyilván nem engedhető meg, viszont nem szabad figyelmen kívül hagyni a kérdésfelvetést sem. Eerre jelenthet megoldást a dolgozatban bemutatott új fejlettségi index, mely egyszerűbbé teszi a beruházások hatásának vizsgálatát, hiszen jól körülhatárolható statisztikai adatokból épül fel, melyek változása jól becsülhető egy-egy beavatkozás hatására.

A munka folytatásaként idősor elemzést végeztem, és az első részben bemutatott fejlettségi index alkotóelemeihez hasonlító, de ahhoz képest jóval kevesebb számú mutató felhasználásával. Az elemzés rávilágított néhány érdekes, a trendek között fennálló kapcsolatra, valamint lehetőséget adott egy regressziós modell megalkotására, melyet az 5.4 alfejezetben ismertettem. A modell matematikai kapcsolatot tár fel néhány helyen intuitív úton, részben a szakirodalomban olvasottak alapján kiválasztott magyarázó változó és az egy főre eső villamosenergia felhasználás között. Egy hasonló modell akár egy előrejelzési módszer első közelítése is lehet. A továbbiakban célom finomítani a felállított összefüggést, új típusú regressziós vizsgálatokat végezni, valamint egy dinamikus modellt alkotni, melynek ok-okozati láncolatának feltárásához reményeim szerint jól használható majd az eddigi munka.

7. IRODALOMJEGYZÉK

- Babbie, E. (2004). *A társadalomtudományi kutatás gyakorlata*. Balassi Kiadó.
- British Petrol. (2011). *BP Statistical Review of World Energy*.
- CIA. (2013). *The World Factbook*. Forrás: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/index.html>
- Dias, R. A. (2006). The limits of human development and the use of energy and natural resources. *Energy Policy* , 1026-1031.
- Garcia, M. (2006). Comparing HDI and Per Capita Electricity Use Data with an Improved Hyperbolic Tangent Correlation.
- Homola, V. (2010./3.). Quo vadis Globalizáció? *Magyar Energetika* .
- IEA. (2013). *IEA*. Forrás: <http://www.iea.org/>
- IMF. (2013). *IMF*. Forrás: <http://www.imf.org/external/index.htm>
- IRPA. (2013). *IRPA*. Forrás: <http://www.irpa.net/>
- Józan, P. (2008). A módosított humán fejlettségi mutató (MHFM) és alkalmazása az életminőség mérésében. *Statisztikai Szemle* , 949-969.
- Maddala, G. S. (2004). *Bevezetés az ökonometriába*. Budapest: Nemzeti Tankönyvkiadó.
- OECD. (2013). *OECD*. Forrás: www.oecd.org
- Pasternak, A. D. (2000). *Global Energy Futures and Human Development: A Framework for Analysis*. U. S. Department of Energy.
- Quan, G. (2012). Anomalously high per capita electricity consumption in Iceland.
- Statistics Iceland. (2013). Population development 2012. *Statistical series* .
- The World Bank. (2013). *Indicators*. Forrás: <http://data.worldbank.org/>
- United Nations. (2011). *HDR Technical Notes*.
- United Nations. (2011). *Human Development Report*.

United Nations. (2013). *United Nations*. Forrás: <http://www.un.org/en/>

White, L. (1943). Energy and the Evolution of Culture. *American Anthropologist* , 335-356.

White, L. (1949). *The Science of Culture*. New York: Grove Press Inc.

WHO. (2011). *World Health Statistics*.

Wikipedia. (2013). *G-20 major economies*. Letöltés dátuma: 2013, forrás: https://en.wikipedia.org/wiki/G-20_major_economies

Wikipedia. (2013). *List of metro systems*. Letöltés dátuma: 2013, forrás: http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_metro_systems

Wikipedia. (2013). *World's largest cities*. Letöltés dátuma: 2013, forrás: http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_most_populous_cities