TERMÉSZETI ERŐFORRÁSOK FELHASZNÁLÁSÁNAK VIZSGÁLATA KOOPERATÍV JÁTÉKELMÉLETI MÓDSZEREKKEL

EXAMINATION OF THE USE OF NATURAL RESOURCES BY COOPERATIVE GAME THEORY METHODS

SZENDREY ORSOLYA PhD-hallgató
Kaposvári Egyetem
DR. KARCAGI-KOVÁTS ANDREA PhD, adjunktus
Debreceni Egyetem Gazdaságtudományi Kar

Abstract

Nowadays, the optimal usage of exhausting natural resources is a serious economic, social and political question. For this reason, in this paper we examine how the optimal sustainable use and allocation of these resources can be achieved in a sustainable way using different game theoretic models. As the proper solution needs the cooperation of national economies, the optimization driven by own interest should be completely changed. In this examination, we use the tools of cooperative game theory to describe ecomomies' strategic behaviour and their interactions. Moreover, we describe different well-known game theoretic solution concepts (e.g. Core, Shaply-value, Nucleolus) with special focus on their required fairness properties. The fairness properties, detailed in this paper, can ensure stable and acceptable allocations for the player at individual and coalitional level as well. Besides the theoretical descriptions, we give some practical example related to games defined on different water supply management problems (e. g. urban water management, irrigation problems, hydro power licensing etc.).

1. Bevezetés

A természeti erőforrások kimerülésének kockázata számos veszélyforrást rejt magában, így annak vizsgálata, hogy hogyan lehet azokat optimálisan felhasználni fontos társadalmi, gazdasági és politikai kérdés. Írásunkban azt vizsgáljuk a játékelmélet eszköztárával, hogy a természeti erőforrásokkal történő helyes gazdálkodás hogyan valósítható meg oly módon, hogy az emberiség hosszú távú fennmaradásának feltételei adottak legyenek. Az egyéni érdekek mentén történő természeti erőforrás-felhasználást és a nemzetgazdaságok együttműködése során kialakult természeti erőforrás-felhasználást, ez utóbbi feltételeit és ezen folyamatok eredményeit elemezzük – hangsúlyozva egy koalíció-rendszer létrehozásának szükségességét – a kooperatív játékelmélet módszertani eszköztárát felhasználva.

A fenntartható fejlődés felé történő elmozdulás szükségessége komoly kihívások elé állítja a világ országainak vezető döntéshozóit. Mára már a legtöbb környezeti és globális ökológiai probléma esetében eljutottunk annak felismeréséig, megfogalmazásáig, megoldások kereséséig, sőt sok esetben akár nemzetközi megállapodások megkötéséig. Az egyezmények eredményessége azonban azon áll vagy bukik, hogy az aláírók valóban teljesítik-e vállalásaikat, képesek-e a társadalmak úgy átalakítani fogyasztási és termelési mintázataikat, hogy azok csökkentsék a természeti erőforrásokra és ökoszisztéma-szolgáltatásokra nehezedő antropogén eredetű nyomást.

A játékelméletet, mint elemző eszközt alkalmazó cikkek jelentős része a különböző egyezmények létrejöttét, azok betartathatóságát vizsgálja, míg mások a szűkösen rendelkezésre álló természeti erőforrások elosztásának (legyenek azok költségek vagy hasznok) kérdésével foglalkoznak.

Írásunkban olyan, a vízzel mint szűkös természeti erőforrással foglalkozó munkákat mutatunk be, melyek játékelméleti eszközökkel vizsgálják a víz, öntözővíz elosztását, vízhez köthető beruházások költségeinek és hasznainak szétosztását, a hatékony vízgazdálkodás megvalósításának lehetőségét.[1]

Napjainkban a földterületek egyre nagyobb mértékű termelésbe történő bevonásával, a gyorsuló iparosodással és a népesség növekedésével rohamosan megnőtt a vízi erőforrás felé támasztott igény is. Ugyanakkor a károsanyag-kibocsátás révén jelentkező éghajlatváltozással, az esőzési minták megváltozásával és a sivatagosodással a rendelkezésre álló vízkészlet csökkenése figyelhető meg. Ennek következtében a különböző típusú vízi erőforrások birtoklásáért és hasznosításáért folyó verseny és feszültség az egyes nemezgazdaságok között folyamatosan fokozódik.

A vízkészlet mennyiségét és minőségét számos tényező befolyásolja, például fakitermelés, urbanizáció, ipari és mezőgazdasági tevékenység, gát- és csatornarendszer-építés, de idesorolandó a 21. század egyik legjelentősebb környezeti kockázatának tekinthető homok iránt kereslet nagymértékű növekedése is.[2]

2. Játékelmélet

A legtöbb tudományághoz hasonlóan, a játékelmélet esetében sem könnyű egzakt módon meghatározni, hogy mivel foglalkozik pontosan. Röviden és lényegre törően úgy fogalmazhatunk, hogy a játékelmélet matematikai modellek összetett rendszere, amit többszereplős konfliktushelyzetek leírására, modellezésére és elemzésére használunk; egy lehetséges keretrendszer a játékosok viselkedésének vizsgálatán keresztül a döntési helyzetek, együttműködések és összefogások elemzéshez.

A különböző problémák és konfliktushelyzetek vizsgálata során alkalmazott játékelméleti modelleket számlatan szempontból osztályozhatjuk. A legelterjedtebb osztályozás alapján megkülönböztetünk kooperatív és nem-kooperatív játékokat. A kooperatív játékok esetében a játékosok csoportokat, ún. koalíciókat alkothatnak, valamint összehangolhatják a cselekvéseiket és kikényszeríthető megállapodásokat köthetnek arra vonatkozóan, hogy a koalíció érdekeit szem előtt tartva az egyes játékosoknak mit kell tenniük. A nemkooperatív játékok esetében azonban kizárjuk annak a lehetőségét, hogy a játékosok az előzőekben megfogalmazott módon kikényszeríthető szerződéseket kössenek, ugyanakkor a játékosok egyéni érdekek által vezérelt, hallgatólagos együttműködésére ebben az esetben sem teszünk korlátozást.

Az 1970-es évektől a játékelmélet alkalmazása kezdetét vette a társadalomtudományok, így a politológia, pszichológia és szociológia területén is, sőt az első biológiai alkalmazás, az evolúcióbiológus John Maynard Smith és George Price nevéhez köthető evolúciós játékelmélet megjelenése is.[3]

A játékelméleti kérdések vizsgálata, alkalmazásának kiterjesztése a mai napig számtalan kutatás alapkérdését és alapvető témáját jelenti.

3. Kooperatív játékelméleti megoldások és tulajdonságaik

A cikk szempontjából érdekes megvizsgálni azokat a legelterjedtebb egyensúlyfogalmakat, amiket a kutatások során alkalmazni szoktak.

Jelölje N a játékosok véges, nemüres halmazát. A játékosok tetszőleges $T \subseteq N$ részhalmazát koalíciónak nevezzük. $T = N$ esetén a nagykoalícióról, $T = \emptyset$ esetén üres koalícióról beszélünk. Legyen N a játékosok véges, nemüres halmaza és legyen υ: $2^N \rightarrow \mathbb{R}$ olyan függvény, amelyre $\upsilon(\emptyset)=0$. Ekkor υ-t átruházható hasznossági, azaz TU-játéknak (transferable utility game) nevezzük. Jelölje továbbá G^N az N játékoshalmazon értelmezett TU-játékok osztályát.

A kooperatív játékokat tehát két összetevőből építhetjük fel: a játékosok nemüres halmazából és egy υ karakterisztikus függvényből, mely a játékoshalmaz minden részhalmazához, azaz a játékosok minden koalíciójához egy valós számot rendel. Ezt a valós számot a koalíció értékének nevezzük, azaz annak, amit az adott koalíció megvalósulásában az adott koalícióban résztvevő játékosok el tudnak érni. A vizsgált probléma jellegétől függően a koalíciók értékét mérhetjük pénzben, hasznossággal. A ψ: $A \Rightarrow \mathbb{R}^N$ függvényt, amelyre $A \subseteq G^N$, az A játékosztályon értelmezett megoldásnak nevezzük (a „⇒” halmazértékű leképezést jelöl). A továbbiakban a játék megoldását az $(x_1,....x_N)$ kifizetésvektorokkal adjuk meg.

A játékok jellegét tekintve beszélhetünk profit- és költségjátékokról. Profitjátékok esetében a játékosok a közösen elérhető nyereséget (hasznosságot) osztják szét, míg költségjátékok esetében (pl. valamilyen beruházás megvalósításakor) a költségek szétosztása történik (költségjátékok esetén a „kevesebb a jobb” elve érvényesül).

3.1. A kooperatív játék megoldásaitól elvárható tulajdonságok

A kooperatív játékok esetében lényeges kérdés, hogy milyen koalíciók jönnek létre, illetve a játékosok a probléma megoldásának végén, azaz a játék végkimenetelében milyen kifizetéseket fognak realizálni. Nyilvánvaló, hogy egy koalíció létrejöttéhez elengedhetetlen, hogy a játékosok találjanak egy valamilyen értelemben véve minden fél számára elfogadható elosztást a közösen elérhető eredményre vonatkozóan. (Az alábbi összefüggéseket profitjátékokra írjuk fel.)

Ebben a fejezetben azt vizsgáljuk, hogy melyek lehetnek egy kooperatív játék megoldásától elvárható „alapvető” tulajdonságok. Ezt követően rátérünk a három legismertebb kooperatív játékelméleti megoldáskoncepció vizsgálatára.

Az első és talán legalapvetőbb tulajdonsága egy megoldásnak, hogy az megvalósítható kell, hogy legyen, azaz $\sum x_i \leq v(N)$ ami nem jelent mást, mint hogy a nagykoalíció által elérhető eredményt nem haladhatja meg a játékosok kifizetéseinek összege. Az is rögtön látható, hogy a nagykoalíció értékénél kevesebbet sem lenne racionális szétosztani, hiszen ebben az esetben a játékosok könnyen találhatnának mindannyiuk számára előnyösebb szétosztást. Ez a kettő együtt implikálja a Pareto-hatékonyság tulajdonságát, azaz $x_1 + \ldots x_N = \upsilon(N)$, azaz a játékosok a nagykoalíció értékét osztják szét.

Egy elosztás megvalósulását csökkenti, ha egy játékos kevesebb kifizetést kap, mint amennyit ő maga (tetszőleges koalíciókhoz való társulások nélkül) egyedül el tudna érni. Ezt a jelenséget küszöböli ki az egyéni elfogadhatóság tulajdonsága, azaz $x_i \geq \upsilon(i)$, $\forall$ i $\in$N játékos esetén. Ez azt mondja tehát, hogy egy kifizetés egyénileg elfogadható, ha minden játékos legalább annyit kap**,** mint amennyit az adott játékos egyedül el tudna érni**.**

Feltételezzük a nagykoalíció megalakulását, ugyanakkor joggal merülhet fel a kérdés, hogy hogyan biztosíthatjuk azt, hogy abból egyetlen koalíciónak se legyen érdeke kiválni. Ilyen esetre akkor kell gondolni, ha a játékosokhoz olyan kifizetéseket rendelünk, amelyek ugyan egyénileg racionálisak lehetnek, de bizonyos koalíciók esetében a koalíció(k) tagjainak kifizetésösszege kevesebb, mint amennyit az adott koalíció a nagykoalíciót blokkolva, abból kiválva el tudna érni. Koalíció szinten elfogadható megoldás esetén $\sum x_i \geq v(S)$, ahol i ∈S ∀ S ⊂ N-re, azaz minden koalícióra az adott koalícióban résztvevők kifizetéseinek összege legalább akkora, mint amennyit a koalíció a nagykoalícióból kiválva el tudna érni. Ezzel a feltételezéssel már egyetlen koalíciónak sincsen hihető fenyegetése a nagykoalíció blokkolására, így az abból való kiválásra.

A következő elvárt tulajdonság meghatározásához szükségünk van az alábbi fogalmakra.

Egy i játékos határhozzájárulása egy S koalícióhoz a következőképpen formalizálható: $v'_i(S) = v(S \cup \{i\}) - v(S)$. Tetszőleges $v \in G^N$ játék esetén az i, j ∈ N játékosok szimmetrikusak (ekvivalensek), ($i \sim^v j$), ha ∀ S ⊆ N koalíció esetén teljesül, hogy i, j ∉ S: $v'_i(S) = v'_j(S)$.

Egy kooperatív játékban elvárható, hogy az „azonos” játékosokat a megoldás azonosan kezelje. Ezt követeli meg az egyenlően kezelőség tulajdonsága: egyenlően kezelő (ETP) egy játék, ha ∀ v ∈ A játék és i, j ∈ N játékos esetén teljesül, hogy ha ($i \sim^v j$), akkor $\psi_i(v) = \psi_j(v)$. Az egyenlően kezelő tulajdonság tehát azt mondja, hogy egy adott játékban az ekvivalens (azonos határhozzájárulással rendelkező) játékosok kifizetései megegyeznek**.**

A marginalitás (egyenlőség monoton) tulajdonság alapján a megoldás olyan kell, hogy legyen, hogy a két játékban azonos határhozzájárulással rendelkező játékoshoz mindkét játékban azonos kifizetést kell, hogy rendeljen. Marginalitásról (M) akkor beszélünk, ha minden v,w ∈ A játék és i ∈ N játékos esetén teljesül, hogy ha $v'_i = w'_j$, akkor $\psi_i(v) = \psi_j(v)$. Erősen monoton egy játék akkor, hogy ha egy játékos legalább akkora határhozzájárulással rendelkezik, mint egy másik játékban, akkor kifizetése is legalább akkora.

3.2. Lehetséges megoldáskoncepciók

A megoldásoktól elvárható tulajdonságok áttekintését követően a 3 legismertebb kooperatív játékelméleti megoldáskoncepciót tekintjük át, melyek a mag, a nukleolusz és a Shaply-érték.

A játékelméletben az egyik legismertebb megoldáskoncepciónak a Gillies által bevezetett mag tekinthető. A magbeli elosztás a játékosokhoz olyan kifizetéseket rendel, amelyet minden koalíció elfogad, azaz magbeli elosztásból egyetlen koalíciónak sem érdemes sem egyénileg, sem külön-külön elmozdulni. A magelosztás tehát a Pareto-hatékony és koalíció szinten is elfogadható kifizetésekből áll. Legyen $v \in G^N$ játék és S ⊆ N egy koalíció. Ekkor a v játék magja a következő: $C(v) = \{x \in \mathbb{R}^N \mid \sum_{i \in S} x_i \geq v(S), S \subseteq N \text{ és } \sum_{i \in N} x_i = v(N)\}$. A megeloszlás tehát egy olyan megoldás, amely egyfajta stabilitást jelképez abban az értelemben, hogy magbeli elosztás esetén egyetlen koalíciós fenyegetés sem lehet hihető a nagykoalícióból való kiválásra vonatkozóan.

A mag definíciójából adódóan látható, hogy a magbeli elosztás meghatározásához egy lineáris feltételrendszer megoldhatóságát kell vizsgálni. Amennyiben ennek a lineáris rendszernek nincs megoldása, úgy a játék magja lehet üres, ugyanakkor ha létezik, akkor nem egyértelmű.

A játék magja tehát számos esetben túl sok elosztást tartalmaz, így az azok közül történő választás korántsem egyértelmű.

A játék Schmeidler (1969) által bevezetett nukleolusza[4] (más néven a mag legbelső pontja) egy olyan elosztáskoncepció, amely lexikografikusan minimalizálja a játékosok legnagyobb elégedetlenségét, azaz olyan módon rendel kifizetést a játékosok koalícióihoz, hogy a legrosszabbul járó koalíció is a lehető legjobb helyzetbe kerüljön. A lexikografikus rendezés során az egyes koalíciók többletét vizsgáljuk, és ez alapján határozzuk meg azt a kifizetés vekort, amivel a lehető legelégedetlenebb koalíciót is a legjobb helyzetbe hozhatjuk.

A nukleolusz mindig magbeli, ugyanakkor érdemes kiemelni, hogy akkor is létezik, amikor a játék magja üres. Ilyen esetben prenukleoluszt[5] lehet meghatározni, ami a mag által képviselt stabilitást a lehető legjobban közelítő megoldásnak tekinthető.

A nukleolusz tulajdonságait részletesen Young és munkatársai[6] vizsgálták. A nukleoluszról elmondható tehát, hogy egyenlően kezelő, Pareto-hatékony és koalíció szinten elfogadható, ugyanakkor nem minden esetben teljesíti az elvárt erős monotonitási tulajdonságot. A monotonitási tulajdonság megsértése annyit tesz, hogy előfordulhat, hogy egy játékos határhozzájárulása egy játékban nagyobb, mint egy másikban, azonban a kifizetésekre ez a reláció nem teljesül, tehát a második játékban az alacsonyabb határhozzájárulás esetén is lehet magasabb az adott játékos kifizetése.

Shapley egy olyan megoldást dolgozott ki, ami mérni tudja egy játékos szerepének az értékét a játékban.[7] Ez a megoldás a következő módon határozható meg: legyen $v \in G^N$ játék, ekkor az i játékos Shapley-értéke (φ) a v játékban a következőképpen adott:

$\varphi_i(v) = \sum_{S \subset N \setminus \{i\}} \frac{|S|!(|N \setminus S|-1)!}{|N|!} \, v'_i(S)$, ahol $v'_i(S) = v(S \cup \{i\}) - v(S)$ az i játékos határhozzájárulása az S koalícióhoz.

A játék Shapley megoldása a játékoshoz az adott koalícióhoz való határhozzájárulásának a várható értékét rendeli. Előnye a másik két megoldáskoncepcióval szemben, hogy mindig létezik, ugyanakkor nem garantált, hogy magbeli, így nem stabil, de Pareto-hatékony, marginális, erősen monoton és egyenlően kezelő.

A tulajdonságait és axiomatizálási lehetőségeit számos szerző vizsgálta, különböző játékosztályokon.[8] Itt azt értjük, hogy adott játékosztályon definiált megoldás, ha teljesít bizonyos feltételeket, akkor az a Shapley-érték.

4. Vízgazdálkodás játékelméleti vizsgálata

A vízgazdálkodás és a vízi erőforrások hatékony felhasználása számos kooperatív[9] játékelméleti kutatás alapvető témáját képezi. Ezen kutatások közül kiemelendő azon tudományos munkák csoportja, melynek célja a hatékony vízgazdálkodáshoz kapcsolódó költségek lehetséges allokációjának vizsgálata a kooperatív játékelmélet eszköztárával. A vízgazdálkodás játékelméleti elemzése szempontjából kiemelt jelentőség tulajdonítható Suzuki és Nakayama munkájának, hiszen elsőként ők vizsgálták kooperatív játékelmélet, azon belül is a nukleolusz megoldáskoncepció segítségével a mezőgazdasági szervezetek és a városi szolgáltatók együttműködését a minden fél számára elégséges, megfelelő vízellátás biztosítása során.[10]

Az ebbe a csoportba tartozó problémák jellemzően arról szólnak, hogy egy vízgazdálkodáshoz kapcsolódó projekt (pl. gátépítés) hogyan lesz megvalósítható. Ehhez arra van szükséges, hogy elemezzük a projekt létrehozásának költségeit, vizsgáljuk meg, hogy az adott projektben kik az érdekelt felek és a kooperatív megoldások felhasználásávalválaszszunk egy allokációs módszertant, amivel a projekt költségeit és a nyereségeit szét tudjuk osztani a játékosok között. Jellemzően a Shapley-érték, a nukleolusz és a mag alkalmas erre (a mag lehet azonban üres, a nukleolusz pedig nem mindig létezik).

A játékelméleti kutatás térnyerésével a vízgazdálkodáshoz kapcsolódó költségallokációs játékok osztálya is számos új problémakörrel bővült: a városi vízellátás,[11] a szennyvíz kezelése és újrahasznosítása[12] és a talajvíz felhasználása.[13]

Az öntözési játékok a vízgazdálkodáshoz kapcsolódó játékelméleti problémák külön csoportját alkothatják, hiszen a hozzájuk kapcsolódó tudományos munkák rendkívül széleskörűek és a játékelmélet adta eszköztár felhasználásával számos különböző módon mutatják be a problémát. Az öntözési problémák jellegüket tekintve nem tekinthetőek külön csoportnak a vízgazdálkodáshoz kapcsolódó játékok körében, hiszen valamennyi vagy költségallokációról szól vagy pedig a rendelkezésre álló vízmennyiség valamilyen fajta szétosztásáról. A költségelosztások esetében a talajvíz falhasználáshoz kapcsolódó szivattyúzástól egészen a csatornaépítéshez kapcsolódó költségek szétosztásáig találunk különböző munkákat.

Amiért mégis külön érdemes kezelni az az, hogy számos kutatás ezeket az allokációs problémákat kifejezetten az öntözési rendszerekre alkalmazza – sok esetben konkrét területek, térségek vonatkozásában. Egyik első ilyen munka a Bogárdi–Szidarovszky szerzőpároshoz köthető. Alapproblémájuk: oligopol játék a vízgazdálkodásra, kifejezetten öntözéshez használt vizek allokációjára.[14]

Az öntözési játékok vizsgálatára a 90-es évekig jellemzően a nem kooperatív játékokat használták, majd a 90-es évektől kezdődően az öntözéshez kapcsolódó kérdések esetében a figyelem a kooperatív játékokra irányult. Jellemzően azt vizsgálták, hogy hogyan lehet az öntözéshez használt vizet szétosztani az érdekelt felek között.[15] A kooperatív játékok irányába történő elmozdulás mellett ugyanakkor megjelentek a szabályozói elvárások is az öntözési modellekben, azaz felmerült annak a kérdése, hogy az öntözésért felelős intézmények, hatóságok és az öntözéshez kapcsolódó alapelvek hogyan befolyásolhatják az egyensúlypontok kialakulását a játékban.[16]

Ezt követően megjelentek a klasszikus költségelosztási problémák az öntözési rendszerek felépítésére, fenntartására és működtetésére. Ezek a kutatások már a költségelosztást, a költségelosztáshoz kapcsolódó megállapodásokat vizsgálják, de jelen van a kapcsolódó egyensúlyfogalmak vizsgálata, a Shapley érték és mag kapcsolata öntözési játékokra.[17]

Az egyre szűkösebben rendelkezésre álló vízállomány egy másik kiemelt problémájának tekinthető a vízszennyezés kérdése. A folyóvizek által szállított szennyezőanyagok nemcsak a vizek felhasználását korlátozzák, hanem növelik a folyóparton élők megbetegedésének kockázatait is. Az előzőek figyelembevételével tehát nemcsak a vízparti országok, régiók vagy városok vízfelhasználásból nyert előnyeinek elosztását célszerű vizsgálni, hanem a szennyezőanyag kibocsátásukat is és a kapcsolódó intézkedésekhez történő hozzájárulásukat is. Wang-ék a kooperatív játékelmélet segítségével folyóparti települések vízszennyezését vizsgálják a következő szempontok mentén: ki felelős a költségekért illetve hogyan lehet a költségeket az érintett felek között szétosztani.[18] Általánosnak tekinthető az az elv, hogy a szennyező fél felelős a költségekért, ugyanakkor korántsem egyértelmű a válasz a második kérdésre, azaz hogyan oszthatók szét a költségek a szennyezést okozó játékosok között – a probléma jellegéből adódóan országhatárokon átívelő, számos érintett féllel.

A vízenergia, mint az egyik legfontosabb megújuló energiaforrás, számos esetben képezheti különböző konfliktusok tárgyát. Lee a vízellátás és a vízenergia előállítását vizsgálja egy víz-energia rendszerben (azaz vízfelhasználás az energia előállításhoz, energia-felhasználás a vízrendszer üzemeltetéséhez stb.).[19] A vízenergia fejlesztésére irányuló együttműködéseket és szétosztásokat elemeznek Bhagabati-ék nemezközi kontextusban egy konkrét esettanulmány –a Mekong folyóhoz kapcsolódóan – mentén.[20]

A vízparti települések esetében központi kérdés a vízallokáció, azaz hogy a partmenti országok, települések hogyan részesedhetnek a vízkészletből, milyen mértékben használhatják ki az erőforrást. Ez a megközelítés a vízhez kapcsolódó jogok vagy jogosultságok szétosztásán alapul, melyhez eszközt jelent a kooperatív játékelmélet az előző részben említett megoldáskoncepciók segítségével.[21] Wang és munkatársai cikkükben egy kétlépcsős modell segítségével mutatják be a problémát. Első lépésben a már meglévő vízjogosultság allokációból indulnak ki, ami az érvényben lévő megállapodások alapján lett szétosztva. Majd a második lépésben a játékelmélet eszköztárát felhasználva, azon belül is a nukleolusz és Shapley-érték alapú szétosztással allokálják a vízhez való jogokat.[22]

Egy másik megközelítést alkalmaznak Read és munkatársai, akik írásukban a gazdasági alapú hatalmi index allokációs módszertant alkalmazzák a vízi erőforrások allokációjához kapcsolódó tárgyalások vizsgálatára. Céljuk egy Pareto-optimális megoldás keresése. Az általuk felállított hatalmi index alapú megközelítés segítségével számszerűsíthető a játékosok hajlandósága az együttműködésre. Módszertanuk a hatalmi index mellett távolságalapú, többszempontú döntési szabályok felhasználásán alapul (pl. legkisebb négyzetek, Minimax, maximin). Eredményeik szerint azok az optimalizálási módszertanok, amik Pareto-optimális eredményt adnak nem kellően stabil döntések, hiszen a kooperáció (csoport racionalitás) nem bizonyul szükségszerűen erősebb hajtóerőnek, mint a résztvevők egyéni érdekei. A hatalmi index alapú allokáció-megoldás azonban stabilabbnak tekinthető, mint a távolság alapú megoldások, hiszen a résztvevő felek kiinduló, belső együttműködésre való hajlandóságából indul ki.[23]

5. Következtetések

Írásunkban olyan cikkeket mutattunk be, melyek a kooperatív játékelmélet eszköztárát felhasználva vizsgálnak vízhez köthető környezeti konfliktusokat. Ezek három nagy csoportba sorolhatók:

- a különböző természeti erőforrásokért folyó verseny és az erőforrás allokációinak a vizsgálata;
- valamilyen természeti erőforrást érintő projekt megvalósításához köthető elemzések, ezek jellemzően azt elemzik, hogy hogyan lesz megvalósítható a beruházás, hogyan oszthatók szét a költségek és a hasznok a „játékosok" között;
- a szennyezés kérdésével, a szennyezés okozta károk költségeinek allokációját vizsgálják.

A vízallokáció kérdéséhez kapcsolódóan érdemes kiemelni, hogy jelenleg még csak a felhasználás szempontjából (pl. öntözés) vizsgálják, hogy melyik játékos (ország, állam stb.) mennyit kaphat az állományból, azonban a szűkössé válásával hamarosan már az ivóvíz allokáció lehet a legnagyobb kérdése és vizsgálati pontja a játékelméleti kutatásoknak.

Jegyzetek

1. Vízkonfliktusok elemzését lásd: Juhász Cs.–Rátonyi T.–Harsányi E.–Nagy J.–Széles A.: (2013). Situation and development possibilities of irrigation in Hungary.; Juhász Cs.–Pregun Cs.: (2013). Water management.; Juhász Cs.: (2008). Vízgazdálkodás.
2. Dan Gavriletea M. (2017): Environmental Impacts of Sand Exploitation. Analysis of Sand Market.
3. Smith J. M., Price R. G. (1973): The Logic of Animal Conflict. Nature, 246: 15–18.
4. Schmeidler D (1969) The Nucleolus of a Characteristic Function Game.
5. Young H. P. (1994): Cost Allocation In: Aumann, R. J. – Hart, Segiu (eds): Handbook of Game theory with Economic Applications, II. Elsevier, Amsterdam, 1193–1235.
6. Young H. P., Okada N., Hashimoto T. (1979): Cost Allocation in Water Resources Development – A Case Study of Sweden. IIASA Working Paper. IIASA, Laxenburg, Austria, WP-79-077 pp. 51.
7. Shapley L. S. (1953): A value for n-person games. In: Kuhn HW, Tucker AW (eds) Contributions to the Theory of Games II.
8. Hart S., A. Mas-Colell (1988): The Potential of the Shapley Value. The Shapley Value, van den Brink R (2001).: An axiomatization of the Shapley value using a fairness property, Young H. P. (1985) Monotonic Solutions of Cooperative Games. Pintér: http://aml.math.bme.hu/wp-content/uploads/2014/03/26-Pinter.pdf
9. Ambec S. Ehlers L. (2008): Sharing a river among satiable agents.; ilgour D. M., Hipel K. W., Fang L. (1985): The Graph Model for Conflict with Application to Resource Allocation. IFAC Proceedings Volume 18. Issue 14, p. 265–270.; Ni D., Wang Y. (2007): Sharing a polluted river.; Parrachino I., Zara S., Patrone F. (2006a): Cooperative game theory and its application to natural, environmental and water resource issues (1), World Bank Policy Research Working Paper 4072.; Parrachino I., Dinar A., Patrone F. (2006b): Cooperative game theory and its application to natural, environmental and water resource issues (3), World Bank Policy Research Working Paper 4074.; Zara S., Dinar A., Foravante P. (2006): Cooperative game theory and its application to natural, environmental and water resource issues (2). World Bank Policy Research Working Paper 4037.
10. Suzuki M., Nakayama M. (1976): The Cost Assignment of the Cooperative Water Resource Development: A Game Theoretical Approach. Management Science, Vol. 22, Issue 10 p. 1081–1086.
11. Young H. P., Okada N., Hashimoto T. (1979): Cost Allocation in Water Resources Development – A Case Study of Sweden. IIASA Working Paper. IIASA, Laxenburg, Austria, WP-79-077 pp. 51.; Lippai I., Heaney J. P. (2000): Cooperative solutions for sustainable resource management.
12. Lippai I., Heaney J. P. (2000): Cooperative solutions for sustainable resource management.; Zerki S., Dinar A. (2003): Welfare consequences of water supply alternatives in rural Tunisia.
13. Salazar R., Szidarovszky F., Coppola E., Rojano A. (2007): Application of game theory for a groundwater conflict in Mexico.
14. Bogardi I., Szidarovszky F. (1976): Application of game theory in water management.
15. Dinar A., Ratner A., Yaron D. (1992): Evaluating Cooperative Game Theory in water resources.; Huang Y., Janovsky P., Das S., Welch S. M., De Loach S. (2016): Multi-Agent System for Groundwater Depletion Using Game Theory.; Madani K. (2010): Game theory and water resources.; Moretti S., Patrone F., Dinar A., Abdel-Dayem S. (2016): Sharing the Costs of Complex Water Projects: Application to the West Delta Water Conservation and Irrigation Rehabilitation Project.; Podimata M. V., Yannopoulus P. C. (2015): Evolution of Game Theory Application in Irrigation Systems.
16. Wessing F., Ostrom E. (1991): Irrigation Institutions and the Games Irrigators Play: Rule Enforcement Without Guards. In: Game Equilibrium Models II. Ed.: Selten R., P. 188–262.; Ostrom E., Gardner R. (1993): Coping with Asymmetries in the Commons: Self-Governing Irrigation Systems Can Work. Journal of Economic Perspectives, Vol. 7, Num 4, p. 93/112.

17. Márkus J., Pintér M., Radványi A. (2012): The Shapley Value for Airport and Irrigation Games.
18. Ni D., Wang Y. (2007): Sharing a polluted river.
19. Lee T. (2013): Game theory competition analysis of reservoir water supply and hydropower generation.
20. Bhagabati S., Kawasaki A., Babel M., Rogers P., Ninsawat S. (2014): A Cooperative Game Analysis of Transboundary Hydropower Development in the Lower Mekong: Case of the 3S Sub-basins.
21. Jinxia W., Qiuqiong H., Jikun H., Scott R. (2016): Water Allocation Through Water Rights Institution. Managing Wateron China's Farms, p. 237–252.
22. Wang L., Fang L., Hipel K. W. (2008): Basin-wide cooperative water resources allocation.
23. Read L., Madani K., Inanloo B. (2014): Optimality versus stability in water resource allocation.

Felhasznált irodalom

Ambec S. Ehlers L. (2008): Sharing a river among satiable agents. Games and Economic Behavior, Vol. 64, Issue 1, p. 35–50.

Bhagabati S., Kawasaki A., Babel M., Rogers P., Ninsawat S. (2014): A Cooperative Game Analysis of Transboundary Hydropower Development in the Lower Mekong: Case of the 3S Subbasins. Water Resources Management 28(11), p. 3417–3437.

Bogardi I., Szidarovszky F. (1976): Application of game theory in water management. Applied Mathematical Modelling, Vol 1, Issue 1, p. 16–20.

Smith J. M., Price R. G. (1973): The Logic of Animal Conflict, Nature, 246: 15–18.

Dan Gavriletea M. (2017): Environmental Impacts of Sand Exploitation. Analysis of Sand Market. Sustainability.

Dinar A., Ratner A., Yaron D. (1992): Evaluating Cooperative Game Theory in water resources. Theory and Decision, Vol. 32, Issue 1 p. 1–20.

Gillies D. B. (1959): Solutions to general non-zero-sum games, Contributions to theTheory of Games, vol~IV. Princeton University Press.

Hart S., A. Mas-Colell (1988): The Potential of the Shapley Value, The Shapley Value, Roth A. E. (ed.), Cambridge University Press, 127–137.

Huang Y., Janovsky P., Das S., Welch S. M., De Loach S. (2016): Multi-Agent System for Groundwater Depletion Using Game Theory. https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1607/1607.02376.pdf

Jinxia W., Qiuqiong H., Jikun H., Scott R. (2016): Water Allocation Through Water Rights Institution. Managing Wateron China's Farms, p. 237–252.

Juhász Cs.–Rátonyi T.–Harsányi E.–Nagy J.–Széles A.: (2013). Situation and development possibilities of irrigation in Hungary. Infrastruktura I Ekologia Terenów Wiejskich. Infrastructure and Ecology of Rural Areas. Polish Academy of Sciences. Cracow Branch. Commission of Technical Rural Infrastructure. 1/III. 2013. English edition. 45-54. ISSN 1732-5587.

Juhász Cs.–Pregun Cs.: (2013). Water management. Elektronikus tananyag (tankönyv). ISBN 978-963-473-663-9. http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011_0009_Juhasz_Csaba_Pregun_Csaba-Water_Management/adatok.html

Juhász Cs.: (2008:. Vízgazdálkodás. In.: Agrárium és környezetgazdálkodás. Szerk.: Tamás J. Mezőgazda Kiadó. Budapest. ISBN:978-963-286-455-6. 218-220

Kilgour D. M., Hipel K. W., Fang L. (1985): The Graph Model for Conflict with Application to Resource Allocation. IFAC Proceedings Volume 18. Issue 14, p. 265–270.

Lee T. (2013): Game theory competition analysis of reservoir water supply and hydropower generation. http://adsabs.harvard.edu/abs/2013AGUFM.H41K1381L

Lippai I., Heaney J. P. (2000): Cooperative solutions for sustainable resource management. Environmental Management, 24(2), p. 167–175.

Loehman E., Orlando J., Tschirhart J., Whinston A. (1979): Cost allocation for a regional wastewater treatment system. Water Resources Research, Vol 15, Issue 2, p. 193–202.

Madani K. (2010): Game theory and water resources. Journal of Hydrology, Vol 381, Issue 3–4, p. 225–238.

Márkus J., Pintér M., Radványi A. (2012): The Shapley Valuefor Airport and Irrigation Games. http://econ.core.hu/file/download/mtdp/MTDP1207.pdf

Moretti S., Patrone F., Dinar A., Abdel-Dayem S. (2016): Sharing the Costs of Complex Water Projects: Application to the West Delta Water Conservation and Irrigation Rehabilitation Project, Egypt. Games 2016, 7(3), 18.

Ni D., Wang Y. (2007): Sharing a polluted river. Games and Economic Behavior, Vol. 60, Issue 1, p. 176–186.

Ostrom E., Gardner R. (1993): Coping with Asymmetries in the Commons: Self-Governing Irrigation Systems Can Work. Journal of Economic Perspectives, Vol. 7, Num 4, p 93/112.

Parrachino I., Zara S., Patrone F. (2006a): Cooperative game theory and its application to natural, environmental and water resource issues (1), World Bank Policy Research Working Paper 4072.

Parrachino I., Dinar A., Patrone F. (2006b): Cooperative game theory and its application to natural, environmental and water resource issues (3), World Bank Policy Research Working Paper 4074.

Podimata M. V., Yannopoulus P. C. (2015): Evolution of Game Theory Application in Irrigation Systems. Agriculture and Agricultural Science Procedia, Vol. 4, p. 271–281.

Read L., Madani K., Inanloo B. (2014): Optimality versus stability in water resource allocation. Journal of Environmental Management, Vol 133, p. 343–354.

Salazar R., Szidarovszky F., Coppola E., Rojano A. (2007): Application of game theory for a groundwater conflict in Mexico. Journal of Environmental Management, Vol. 84, Issue 4, p. 560–571.

Shapley L. S. (1953): A valuefor n-person games. In: Kuhn HW, Tucker AW (eds) Contributions to the Theory of Games II, Annals of Mathematics Studies, vol. 28, Princeton University Press, Princeton, p. 307–317.

Suzuki M., Nakayama M. (1976): The Cost Assignment of the Cooperative Water Resource Development: A Game Theoretical Approach. Management Science, Vol. 22, Issue 10 p. 1081–1086.

Van den Brink R. (2001): An axiomatization of the Shapley value using a fairness property, International Journal of Game Theory 30, 309–319.

Wang L., Fang L., Hipel K. W. (2008): Basin-wide cooperative water resources allocation. European Journal of Operational Research, Vol. 190, Issue 3, p. 798–817.

Wessing F., Ostrom E. (1991): Irrigation Institutions and the Games Irrigators Play: Rule Enforcement Without Guards. In: Game Equilibrium Models II. Ed.: Selten R., p. 188–262.

Young H. P. (1985) Monotonic Solutions of Cooperative Games. International Journal of Game Theory 14:65–72.

Young H. P. (1994): Cost Allocation. In: Aumann, R. J.–Hart, Segiu (eds): Handbook of Game theory with Economic Applications, II. Elsevier, Amsterdam, 1193–1235.

Young H. P., Okada N., Hashimoto T. (1979): Cost Allocation in Water Resources Development – A Case Study of Sweden. IIASA Working Paper. IIASA, Laxenburg, Austria, WP-79-077 p. 51.

Zerki S., Dinar A. (2003): Welfare consequences of water supply alternatives in rural Tunisia. Agricultural Economics, Vol. 28, Issue 1, p. 1–12.

Zara S., Dinar A., Foravante P. (2006): Cooperative game theory and its application to natural, environmental and water resource issues (2). World Bank Policy Research Working Paper 4037.