



Uusiutuvat luonnonvarat

Kalastuksen taloustiede: Luentoteemat

- 2.1 Johdanto
- 2.2 Schäfer-Gordon malli
- 2.3 Kansallinen säätely
- **2.4 Kansainväliset kalastussopimukset**
- 2.5 Monilajimallit



Esimerkkejä kansainvälisistä resurssisopimuksista:

- London Convention on the Protection of Wild Fauna in Africa (1900; never ratified)
- International Convention for the Regulation of Whaling (1946)
- Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space (1967)
- Convention on International Trade in Endangered Species (CITES) (1973)
- International Tropical Timber Agreement (1983; renegotiated in 1994)
- Convention on Biological Diversity (1992)



2.4 Kansainväliset kalastussopimukset

- Tarve kansainväliselle yhteistyölle
- Vain kestäväillä kansainvälisillä sopimuksilla voidaan taata biologinen ja taloudellinen tehokkuus.
- Peliteorian yhdistäminen kalamalleihin antaa hyvän menetelmät kalastussopimusten tarkasteluun



Neuvottelujen luonne

- Valtioiden tavoitteena allekirjoittaa ja ratifioida sopimuksia maksimoidakseen taloudellista hyvinvointiaan
- Neuvottelut ovat aikaa vieviä
- Sopimukset eivät ole valtioita sitovia → vapaaehtoiset sopimukset (self-enforcing)



Kansainvälisiä ongelmia

- Uudet jäsenet sopimuksissa
- Epäselvät omistusoikeudet kalastusalueilla
- Millä ajanhetkellä sopimukset kannattaa ratifioida?
- Hyötyjen jakaminen: Kuinka suuri osuus hyödyistä jaetaan kullekin valtiolle?



Peliteoriamallit

- Havainnollistavat kansainvälisiä ongelmia
- Selittävät valtioiden käyttäytymistä
- Mekanismit kestävien sopimusten luomiseksi
- Ei-kooperatiiviset pelit
 - vain yhden päätöksentekijän hyötyjen optimointi → open access
- Kooperatiiviset pelit
 - hyötyjen jako → optimikalastus



Schäfer-Gordon –malli kahdelle valtiolle

- Oletetaan kahden kalastusvaltion malli ja identtinen kustannusrakenne.
- Molemmat valitsevat kalastuspanoksensa itsenäisesti ottaen kuitenkin huomioon, että toisenkin valtion kalastuspanos vaikuttaa kalakannan kokoon.



Kalakantaa hyödynnetään kestävästi

$$\frac{dx}{dt} = F(x) - h_1(t) + h_2(t) = 0$$

$$F(x) = Rx(1 - x/K)$$

$$h_1 = qE_1x \quad \& \quad h_2 = qE_2x$$



Steady state kalakanta

$$x = K \left(1 - \frac{q(E_1 + E_2)}{R} \right)$$

- kansainvälisten kalastusongelmien perussyö: kalaa ei riitä kaikille osapuolille tarpeeksi, jolloin syntyy kilpailullinen tilanne joka johtaa helposti tragedy of the commons tyyppiseen tilanteeseen.



Valtiot maksimoivat voittoaan: MEY

■ max

$$\pi_1 = ph_1 - cE_1 \quad \& \quad \pi_2 = ph_2 - cE_2$$

$$\pi_1 = pqE_1K \left(1 - \frac{q(E_1 + E_2)}{R}\right) - cE_1$$



FOC → reaktiofunktio

$$\frac{\partial \pi_1}{\partial E_1} = pqK - \frac{2pq^2 E_1 K + pq^2 E_2 K}{R} - c = 0$$

$$-\frac{2pq^2 E_1 K}{R} = c - pqK + \frac{pq^2 E_2 K}{R}$$

$$\Rightarrow E_1 = -\frac{cR}{2pq^2 K} + \frac{pqKR}{2pq^2 K} - \frac{pq^2 E_2 K}{2pq^2 K}$$



Valtion 1 reaktiofunktio

$$E_1 = \frac{R}{2q} (1 - b) - \frac{E_2}{2}$$



Tasapaino

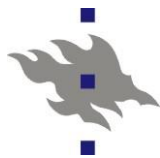
- Reaktiofunktioiden leikkauspisteessä



Tasapainokalastuspanokset

$$E_1 = \frac{R}{3q} (1-b) = E_2$$

$$E_{tot} = \frac{2R}{3q} (1-b)$$



S-G -mallissa



Kalakantojen strateginen hyödyntäminen

		Kalastaja 2	
		Ryöstökalastus	Suojelu
Kalastaja 1	Ryöstökalastus	3, 2	40, -5
	Suojelu	-5, 40	30, 20



Strategiat

- Valtiot hyödyntävät yhteistä uusiutuvaa luonnonvaraa. Valtioilla on tässä kaksi strategiaa: ryöstökalastus ja suojele.
- Ryöstökalastus–strategia voidaan ajatella lyhytnäköiseksi toiminnaksi, jolla koetetaan saada mahdollisimman pian hyödyt itselle (open access).
- Suojele –strategia puolestaan tarkoittaa resurssin käyttämistä kultaisen säännön osoittamaan tapaan.
- Mikäli molemmat valitsevat suojele –strategian on helppo nähdä että yhteen laskettu voitto (hyvinvointi) on suurin mahdollinen (=50).



Nash-tasapaino

- Tämä yhteistyöratkaisu ei ole tasapaino: molemmilla on kannustin poiketa tästä strategiasta ja maksimoida lyhytnäköisesti resurssin hyödyntämistä ja valita siis ryöstökalastus (free-riding).
- Tällöin molemmat saavat 40, mikä on suurempi kuin yhteistyöstä saatava. Tästäkään ei ole vielä tasapaino, vaan toisenkin valtion kannattaa valita ryöstökalastus –strategia.
- Yhteistyöhaluttomuuden tasapainossa molemmat menettävät verrattuna yhteistyötapaan (Tragedy of the Commons, Hardin 1968).



Yhteistyön saavuttaminen

- Ongelmana kansainvälisissä resurssikysymyksissä: Miten yhteistyö saavutetaan?
- Eräs tapa saavuttaa yhteistyötasapaino on ns. trigger –strategioiden käyttö toistetussa pelissä. Peliä toistetaan äärettömän monta kertaa. Mikäli toinen pelaaja vaihtaa yhteistyön (suojaus) resurssin lyhytnäköiseen saalistukseen (ryöstökallastus) toinenkin pelaaja vaihtaa tähän ei-kooperatiiviseen strategiaan ja pysyy siinä pelin loppuun saakka (ikuisesti).
- siirtomaksut valtiolta toiselle



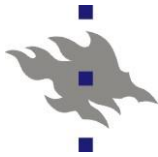
Mallin laajennuksia

- Epäsymmetriset valtiot
 - Reaktiofunktion muoto
 - Kustannukset
- Useamman pelaajan koalitiopelit
- Yhteistyöratkaisujen laskeminen
- Kahden tason pelit



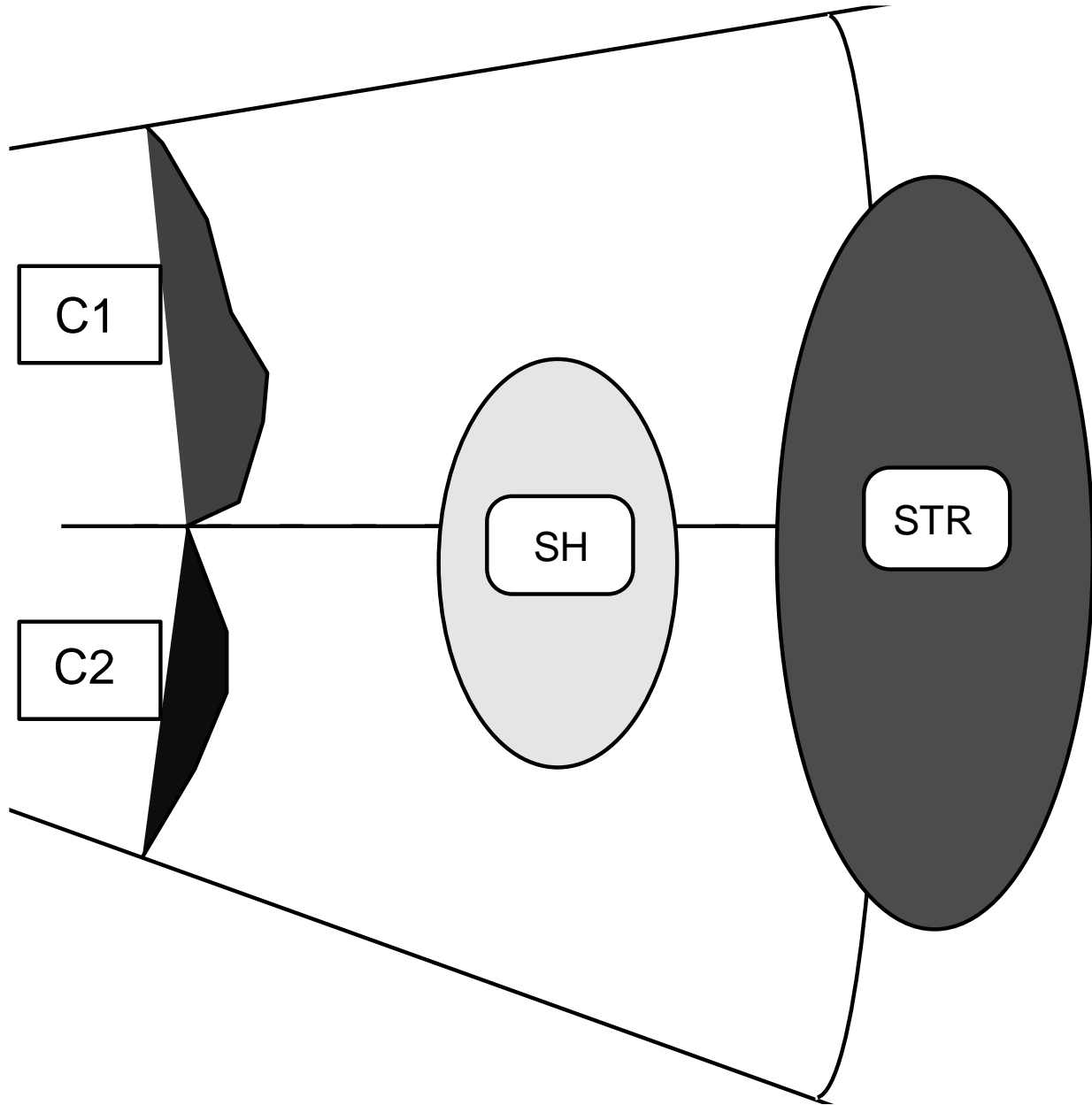
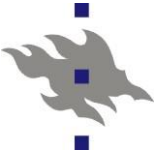
Kirjallisuutta

V. Kaitala and Marko Lindroos [2007]: “Game Theoretic Application to Fisheries”, in Handbook of Operations Research on Natural Resources (A. Weintraub, C. Romero, T. Bjørndal and R. Epstein eds.), Springer, 201-216.



Kansainvälisten kalastussopimusten nykytila

- 1982 ”Merten Laki” (Law of the Sea) antaa rannikkovaltioille yksinoikeuden 200 merimailin päähän rantaviivastaan.
- Tätä aluetta kutsutaan rannikkovaltion jakamattomaksi talousvyöhykkeeksi (Exclusive Economic Zone = EEZ) Sopimus astui voimaan 1994
- EEZ –alueella sijaitsevia kalakantoja kutsutaan jaetuiksi kalakannoiksi (SH = shared stocks). Nämä kalakannat liikkuvat tyypillisesti muutaman valtion talousvyöhykkeen välillä.
- Koska 90% maailman merten saaliista saadaan EEZ –alueilta, uskottiin Merten Laki –sopimuksen lopettavan valtioiden kiistelyn merten kalakannoista.
- Kaukokalastusvaltiot, alkoivat kärsiä liikakapasiteettiongelmissa ja saalistivat voimakkaasti avomeren puoleisia kalakantoja. Nämä hajallaan olevat ja laajasti vaeltavat kalakannat (STR = straddling and highly migratory stocks) aiheuttivat vakavia kiistoja valtioiden välille.





Uusin sopimus

- Rion ympäristökokouksen jälkeen saatiin neuvoteltua näitä avomerelläkin liikkuvia kalakantoja koskeva sopimus 1995, joka astui voimaan 11.12.2001.
- Sopimuksen mukaan jäljellä olevillekin kalakannoille määritellään omistusoikeudet siten että hajallaan olevien ja laajasti vaeltavien kalakantojen hallinta siirretään alueellisille kalastusorganisaatioille = RFMO



Kirjallisuutta

- S. Borg. 2012. Conservation on the High Seas.
- G. Munro. 2008. Game Theory and the development of resource management policy



Koalitiopelit

- otetaan huomioon valtioiden keskenään muodostamat liittoumat (koalitiot) toisten valtioiden kanssa käytävissä neuvotteluissa.
- Esimerkiksi kolmen pelaajan tapauksessa valtiot 1 ja 2 voivat tehdä yhteistyötä, ja valtio 3 on yhteistyösopimuksen ulkopuolella.
- Kolmen pelaajan tapauksessa mahdollisia koalitioita ovat
- $\{1\}$, $\{2\}$, $\{3\}$, $\{1,2\}$, $\{1,3\}$, $\{2,3\}$ ja $\{1,2,3\}$.



Koalitiostruktuurit

{1}, {2}, {3}

{1}, {2,3}

{2}, {1,3}

{3}, {1,2}

{1,2,3}.

- Esim. pelaajan 1 saama voitto riippuu siitä liittoutuvatko valtiot 2 ja 3 keskenään vai eivät.
- Koalitiopelit menevät helposti monimutkaisiksi, sillä n pelaajalle mahdollisia koalitioita on $2^n - 1$.



Stabiili koalitiostruktuuri

- Esimerkki, valtioiden saamat hyödyt (partition function) eri yhteistyörakenteissa (koalitiostruktuureissa) ovat:
 - $v\{1\} = 3, v\{2\} = 2, v\{3\} = 1$
 - $v\{1\} = 30, v\{2,3\} = 2$
 - **$v\{2\} = 20, v\{1,3\} = 6$**
 - **$v\{3\} = 10, v\{1,2\} = 10$**
 - $v\{1,2,3\} = 15$
- Sisäinen stabiilisuus: Kenenkään ei kannata lähteä koalitiosta pois.
- Ulkoinen stabiilisuus: Kenenkään ei kannata liittyä koalitioon.



Kaikkien pelaajien yhteistyö (grand coalition)

- Erityisen tärkeää on kysymys siitä milloin kaikkien valtioiden yhteistyö on mahdollista.
- Kooperatiivisissa peleissä tarkastelu keskittyy lähinnä hyötyjen jakoon eri valtioiden kesken. Tällöin oletetaan että yhteistyö on olemassa ja mietitään miten yhteistyön hyödyt voidaan jakaa.
- Yhteistyöratkaisun laskemiseen voidaan soveltaa jotain kooperatiivista ratkaisukäsitettä, kuten Shapleyn arvoa. Lloyd Shapley sai Nobelin palkinnon 2012 yhdessä Alvin Rothin kanssa.



Esim. Karakteristinen funktio (c-game)

- $v\{1\} = 3, v\{2\} = 2, v\{3\} = 1$
 - $v\{1,2\} = 11$
 - $v\{1,3\} = 7$
 - $v\{2,3\} = 4$
 - $v\{1,2,3\} = 16$
- Shapleyn arvo lasketaan siten, että huomioidaan kunkin valtion tuoma rajahyöty koalitiolle. Lisäksi oletetaan, että kaikki yhteistyön muodostumisjärjestykset ovat yhtä todennäköisiä.
- Mahdollisia tapoja muodostaa koalitio ovat 123, 132, 213, 231, 312 ja 321.



Shapleyn arvo

- todennäköisyys että valtio 1 on ”perustajajäsen on $1/3$. Vastaavasti todennäköisyys, että valtio 1 liittoutuu toisena valtion 2 kanssa on $1/6$, ja että valtio 1 liittoutuu toisena valtion 3 kanssa myös $1/6$. Viimeiseksi, todennäköisyydet sille että valtio 1 tulee yhteistyöhön mukaan viimeisenä, kun valtiot 2 ja 3 jo tekevät yhteistyötä on $1/3$.
- $Z_1 = 3/3 + (11-2)/6 + (7-1)/6 + (16-4)/3 = 1 + 9/6 + 1 + 4 = 7.5$
- $Z_2 = 2/3 + 8/6 + 3/6 + 9/3 = 4/6 + 8/6 + 3/6 + 3 = 5.5$
-
- $Z_3 = 1/3 + 2/6 + 4/6 + 5/3 = 2/6 + 2/6 + 4/6 + 10/6 = 3$



Core

- Yksittäiset valtiot ovat selvästi tyytyväisiä, koska kaikki saavat enemmän kuin yksinään. Entä koalitiot?
- $Z(1) + Z(2) = 13 > v\{1,2\}$
- $Z(1) + Z(3) = 10.5 > v\{1,3\}$
- $Z(2) + Z(3) = 8.5 > v\{2,3\}$
- Shapleyn arvon antamat osuudet kokonaishyödystä ovat sekä yksilöllisesti rationaalisia että ryhmärationaalisia. Huom! Tämä tulos täytyy aina tarkistaa.
- Olisiko yhteistyöhyötyjen tasajako sekä yksilöllisesti rationaalinen että ryhmärationaalinen hyötyjen jako?



Sovelluksia kalastukseen

- Pintassilgo & Lindroos 2008 IGTR
- Pintassilgo et al. 2010 ERE
- Pintassilgo et al. review tulossa ERE
- EAERE 2015 24.-27.6. Helsinki !



P-funktio lähestymistapa

- Tausta: Pintassilgo 2003 sinievätonnikalatapaus
- Oletus: Symmetriset valtiot n kpl S-G malli
- Pessimistinen tulos: Ainoastaan 2 valtiota kestävässä yhteistyösopimuksessa

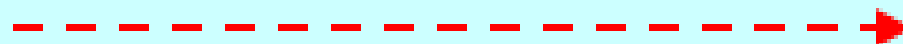


Epäsymmetriset valtiot

- Nyt yhteistyössä voi olla useampia valtioita, muttei kuitenkaan kovin montaa

Simulation Results

- Potential Internal Stability Likelihood



		Number of Players (n)								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
Number of Coalition Members (m)	n	1	0.777	0.345	0.103	0.022	0.004	0.001	0	0
	n-1	1	0.826	0.417	0.147	0.037	0.007	0.001	0	0
	n-2	-	1	0.646	0.273	0.080	0.019	0.004	0.001	0
	n-3	-	-	1	0.538	0.195	0.054	0.011	0.002	0.001
	n-4	-	-	-	1	0.466	0.150	0.037	0.007	0.002
	n-5	-	-	-	-	1	0.409	0.120	0.026	0.005
	n-6	-	-	-	-	-	1	0.367	0.098	0.021
	n-7	-	-	-	-	-	-	1	0.333	0.081
	n-8	-	-	-	-	-	-	-	1	0.308
	n-9	-	-	-	-	-	-	-	-	1

