Universität Bielefeld/IMW

Working Papers
Institute of Mathematical Economics

Arbeiten aus dem
Institut für Mathematische Wirtschaftsforschung

Nr. 112

Reinhard Selten und Jonathan Pool

Ĉu Mi Lernu Esperanton? Enkonduko en la Teorion de Lingvaj Ludoj (Symmetric Equilibria in Linguistic Games)

March 1982

H. G. Bergenthal

Institut für Mathematische Wirtschaftsforschung
an der
Universität Bielefeld
Adresse/Address:
Universitätsstraße
4800 Bielefeld 1
Bundesrepublik Deutschland
Federal Republic of Germany

Symmetric Equilibria in Linguistic Games

Reinhard Selten, Universität Bielefeld
Jonathan Pool, University of Washington

Abstract. This paper, intended for an audience of activists in an international language movement (and hence written in the movement's language, Esperanto), argues that they are attempting to influence the outcome of a linguistic game.

In our model of this game, the players are individuals each of whom has one native language. The players choose among strategies that consist of decisions about what other language or languages to learn. They are motivated by a desire to be able to communicate with as many other human beings as possible, but also by an aversion to the cost (time, effort, money, etc.) of learning languages. The payoff, h, to any player from any outcome is then the difference between two quantities: (1) the communicational benefit, u, of the coutcome, assumed identical to the proportion of all players that share at least one language with the player once the language-learning strategies of all players are implemented, and (2) the language-learning cost, k, of the outcome, which is the product of the player's personal learning-cost parameter, c, and the general learning cost, g, of the combination of languages he decides to learn.

According to several studies, competence in an artificial language can be acquired in somehwere between $\frac{1}{3}$ and $\frac{1}{30}$ of the time required for equivalent competence in a natural language. Of about one thousand artificial languages proposed as general media of international communication, only one is widely accepted as a serious candidate for that role. It has almost no native speakers. Thus the model assumes the existence of an artificial language with no native speakers that has a lower general learning cost than any of the players' native languages. In a game with n native languages, there are thus n + 1 languages. Each language i has, as its native speakers,

a proportion a_i of the players, such that $\sum_{i=1}^{n} a_i = 1$. The players can be represented as a distribution along a line of length n + 1, with the native speakers of each natural language i occupying the space between i and $i + a_i$ (see Figure [Grafiko] 1).

For a native speaker of language i, there is a set S_i of 2^n possible strategies, representing all possible language-learning decisions or all possible linguistic repertoires after implementing such decisions. If player x has native language i, i.e. $i \leq x \leq i + a_i$, we can represent the strategy of x as s_x, where $s_x \in S_i$. By extension, the combination of strategies adopted by all x, $i \leq x \leq i + a_i$, can be called the group strategy of group i and denoted by ϕ_i, where $\phi_i \in \Phi_i$, the set of possible group strategies for that group. The combination of all groups' strategies, $(\phi_1, \phi_2, \ldots, \phi_n)$, represented by ϕ, is one way of describing the outcome of the game.

For convenience we order the players within each native-language group from left to right in order of increasing personal learning-cost parameters (see Figure 4 for illustration). That is, if $i \leq x \leq y \leq i + a_i$, $c_x \leq c_y$. If we make the further assumption that c_x is strictly less than c_y, i.e. no two members of a group have identical personal learning costs, then we prove that, at equilibrium, each group strategy is characterized by (from left to right):

(1) non-increasing general learning costs, g;

(2) non-increasing communicational benefits, u; and

(3) decreasing payoffs, h.

Further characteristics of equilibria are investigated for the special case of a game with 2 native languages of equal size ($a_1 = a_2 = 0.5$) and equal general learning cost, and whose speakers have identical distributions of personal learning-cost parameters ($c_{1+v} = c_{2+v}$ for $0 \leq v \leq 0.5$). Of the 4 possible individual strategies in such a game, 3 could appear in an equilibrium. They are (in order of decreasing general learning cost):

(1) learning the other group's language;

(2) learning the artificial language;

(3) learning no other language.

We confine ourselves in this analysis to symmetric equilibria, i.e. equilibria in which the two groups are identical in the distribution of their members among these three strategies.

Having proved that general learning cost is non-increasing at equilibrium, we know that within each group the players are ordered from left to right, at equilibrium, according to the three strategies listed above. Any symmetric equilibrium can thus be described by the boundaries between those adopting strategies 1 and 2 and those adopting strategies 2 and 3. These boundaries are located at points we shall designate by $i + v_a$ and $i + v_b$, respectively, for $i = 1,2$.

We show that two kinds of symmetric equilibrium in this game are impossible. One is an external equilibrium with $v_a = v_b = 0.5$, in which everyone learns the language of the other group. The other is a mixed (i.e. partially internal) equilibrium with $0 < v_a < v_b = 0.5$, in which everyone learns either the other group's language or the artificial language. These impossibilities imply that, in a symmetric equilibrium where everyone learns a language, it must be the artificial one.

Requirements for 4 other kinds of symmetric equilibrium are then derived. An external equilibrium with $v_a = 0$ and $v_b = 0.5$, in which everyone learns the artificial language, requires that the general learning cost of that language (g_2) be sufficiently low, i.e.

$$g_2 \leq \frac{0.5}{c_{i+0.5}} \cdot$$

An external equilibrium with $v_a = v_b = 0$, in which no-one learns anything, requires that the general learning cost of the group languages (g_1) be sufficiently high, i.e.

$$g_1 \geq \frac{0.5}{c_i}$$

A mixed equilibrium with $0 = v_2 < v_b < 0.5$, in which some learn the artificial language and some learn nothing (but no-one

$$\frac{v_b}{c_{i+v_b}} = g_2 \; .$$

Relying on an informal heuristic defintion of "stability", we find that such an equilibrium is stable only if $\frac{c_x}{x - i}$, which we denote by p_x, is rising at $x = i + v_b$. Figure 6 illustrates the mixed equilibria for three values of $g_2 (g_2^a, g_2^b$, and $g_2^c)$ and for three distributions of personal learning-cost parameters (the three curves running from i, c_i to $i+0.5, c_{i+0.5}$). A stable equilibrium appears only where $g_2 = g_2^b$ and c_x is distributed as in curve 2. The stable equilibrium at $x = i + v_b^s$ is accompanied by an unstable one at $x = i + v_b^n$. From the perspective of an artificial-language movement, this one is a take-off point. If the movement succeeded in recruiting enough speakers to surpass the unstable equilibrium, the system would gravitate to the stable one.

The group strategy at an internal equilibrium is defined by v_a and v_b, and they must satisfy the conditions

$$\frac{0.5 - v_b}{c_{i+v_a}} = g_+ ;$$

$$\frac{v_b - v_a}{c_{i+v_b}} = g_2 \; .$$

We explore the stability of such equilibria for two classes of personal learning-cost distributions : linear and hyperbolic. With the aid of Figure 7, we show informally that the equilibrium is always unstable if c_x is distributed linearly. For hyperbolic distributions of the form

$$c_x = \frac{q}{\frac{1}{x - i} + q - 2} \; ,$$

however, an internal equilibrium can be stable for $0 < q < 2$. The intersections in Figure 9 illustrate equilibria for $q = 0.5$, and of these only intersections 1 and 2 are stable.

Even at these stable equilibria, somewhat counter-intuitive relationships exist between parameters of the game. The pro-learns the other group language), requires that the general learning cost of the artificial language lie within certain limits, i.e.

$$\frac{v_b}{c_{i+0.5}} \le g_2 \le \frac{v_b}{c_i} ,$$

and also that the general learning-cost advantage of the artificial language over the natural languages ($g_1 - g_2$, which we represent by g_+) be sufficiently large, i e.

$$g_+ \ge \frac{0.5 - v_b}{c_i} .$$

An internal equilibrium with $0 < v_a < v_b < 0.5$, in which some learn the other group language and some learn nothing, requires that the advantage of the artificial language be sufficiently small, i.e.

$$g_+ \le \frac{0.5 - v_b}{c_i} ,$$

and its general learning cost be sufficiently high, i.e.

$$g_2 \ge \frac{v_b}{c_{i+0.5}} .$$

The special case of this equilibrium with $v_{ab} = v_a = v_b$, in which no-one learns the artificial language, further requires that the general learning cost of the group languages lie within certain limits, i.e.

$$\frac{0.5 - v_{ab}}{c_{i+0.5}} \le g_1 \le \frac{0.5 - v_{ab}}{c_i} .$$

For mixed or internal equilibria, we are interested not only in the conditions for their existence but also in the actual group strategy. In the mixed equilibrium, the group strategy can be defined by v_b, which we show must meet the condition portion of the players that learn any language, v_b, is positively associated with the general learning cost of the natural languages, g_1. And the proportion learning a natural language, v_a, is also positively associated with g_1 when g_+ is held constant. This means that, at equilibrium, a drop in the general learning cost of the natural languages could be expected to lead to a fall in the total number of language learners. An equal drop in the general learning cost of both the natural languages and the artificial one could be expected to produce a reduction in the number of persons learning a natural language. These relationships become plausible when the impact of price-sensitive behavior on communicational benefits is taken into account, given that choices among languages are dictated by both what they cost to learn and how many marginal players they bring into one's communication network. This feature of decisions about language learning bears a resemblance to decisions about the consumption of fashionable goods.

We conclude with some speculations about the extension of the analysis to asymmetric equlibria, to games with more than 2 group languages, and to games with language groups differing in size and personal learning-cost distributions. Only the latter extension appears likely to cause a major change in the conclusions reached here, and it could significantly add to our understanding of linguistic inequality.

Ĉu Mi Lernu Esperanton?

Enkonduko en la Teorion de Lingvaj Ludoj

Reinhard Selten, Universität Bielefeld

Jonathan Pool, University of Washington

Skizo

Resumo

Centra demando por la apogantoj de Esperanto estas kial homoj decidas lerni aŭ ne lerni la internacian lingvon. La teorio de decidoj--kaj pli speciale la teorio de ludoj--povas kontribui al la respondo. Simpla modelo supozas ke ekzistas diversaj grupoj de sam-denasklingvanoj, kiuj povas decidi lerni la denaskan lingvon de alia grupo, lerni Esperanton, aŭ lerni nenion. Ĉiu tia decido portas al la decidanto ian komunikan gajnon, t.e. la kapablon komuniki kun iu ono de la homaro. Sed la decido ankaŭ kostas al li iom, ĉar ĉiu nedenaska lingvo havas lernkoston. La modelo supozas ke ĉiu unuopulo subtrahas tiun koston de la koncerna komunika gajno kaj elektas la decidon kies neta gajno plejas.

Kvankam unuopuloj faras tiujn decidojn, ili apartenas al "ludo", ĉar la decido de unu homo povas efiki la komunikan gajnon de alia. Oni ne povas, do, scii kiu decido plej bonas por iu se oni ne scias kion la aliaj decidas. Pro tiu interrilateco, indas konstati ĉu la ludo havas

ekvilibrojn. Se ili ekzistas, ekvilibroj estas statoj de la ludo ĉe kiuj ĉies decido estas samtempe la plej bona decido kiun li povus fari. Iuj ekvilibroj tamen estas nestabilaj; eta ŝanĝiĝo de la situacio kondukas al grandaj pluaj ŝanĝiĝoj.

Eĉ se oni modelas mondon en kiu ekzistas nur du denaskaj lingvoj, oni trovas ke Esperanto povas ludi gravan rolon ĉe ekvilibraj situacioj. Farante kelkajn simpligajn supozojn pri la eblaj stabilaj ekvilibroj, oni vidas ke Esperanto estas la sola lernata lingvo kiam ĉiuj homoj estas dulingvaj. Se ne ĉiuj lernas duan lingvon, Esperanto povas ankoraŭ esti la sola lernata lingvo, kondiĉe ke la kosto por lerni ĝin estu sufiĉe malalta kompare al la kosto por lerni la lingvon de la alia grupo. Povas ekzisti ankaŭ ekvilibroj ĉe kiuj parto de la homaro lernas Esperanton, parto lernas la lingvon de la alia grupo, kaj parto restas unulingva. Sed tiuj ekvilibroj stabilas nur kiam sufiĉe grandas la esperantistaro kaj sufiĉe malgrandas la lernantoj de gentaj lingvoj. Ĉe iuj situacioj, tamen, ne necesus varbi tiom grandan amason da esperantistoj por atingi la stabilan ekvilibron; varbante multe pli malgrandan nombron, oni atingus sojlon de memleviĝo, ekde kiu la avantaĝoj de Esperanto-scio sufiĉus por instigi la ceteran lernadon. Laŭ tiu konkludo, grava tasko de la organizita esperantistaro estas trovi metodojn por transdonigi supernecesan parton de tiuj avantaĝoj al la fruaj lernuntoj de Esperanto, kies netaj gajnoj, sen tio, estus negativaj.

Ĉu Mi Lernu Esperanton?

Enkonduko en la Teorion de Lingvaj Ludoj

Reinhard Selten, Universität Bielefeld

Jonathan Pool, University of Washington

1. La problemo

Ĉiu nedenaska esperantisto iam decidis lerni Esperanton. Kial? Ĉu pro la belsoneco de la lingvo? Ĉu por flustri sekretojn al kunkomplotantoj? Ĉu por eviti lernejan punon? Ĉu pro revo pri tutmonda paco?

Ĉiu neesperantisto kiu iam havis la eblon lerni Esperanton decidis ne fari tion. Kial? Ĉu pro ĝia vortara eŭropemeco? Ĉu ĉar ne sufiĉaj aliaj jam uzas ĝin? Ĉu por eviti amikarajn mokojn? Ĉu pro trookupateco?

Estas malfacile scii la verajn kialojn de la decidoj lerni kaj ne lerni Esperanton. Sed iel oni devas trovi tiujn kialojn, se oni volas kompreni la partan sukceson kaj la partan malsukceson de Esperanto en la baldaŭ centjara batalo por ĉiam pli da uzantoj.

Ekzistas pluraj taŭgaj metodoj por serĉi la decidkialojn. Donald Broadribb (1970) aplikis psiĥanalizan teorion al tiu demando. Peter G. Forster (1971) uzis la metodon de opinia enketado kaj la sociologian teorion de pluropa konduto. David K. Jordan (1979) kombinis socipsiĥologiajn kaj kulturantropologiajn hipotezojn por komprenigi la situacion. Detlev Blanke (1974) uzis politikekonomian klasanalizon. Certe sekvos aliaj. Kombinante iujn kaj rifuzante aliajn studojn, oni povas formi sian propran komprenon pri la kialoj de la lerna aŭ nelerna decido.

Ni opinias ke por studi decidojn unu evidente konsiderinda teorio estas la decidteorio. Malgraŭ ĝia evidenteco, sciencistoj ĝis nun ne aplikis la decidteorion por klarigi decidojn pri Esperanto-lernado--aŭ lingvolernado ĝenerale. Do ni volas ĉi tie ne resumi jamajn studojn, sed komenci novan esplordirekton.

Decidoj lerni aŭ ne lerni Esperanton estas plej ofte sociaj decidoj. Pluraj homoj pli-malpli samtempe faras tiujn decidojn, kaj la decidoj de unuj influas la decidojn de aliaj. Tial ni preferas emfazi tiun branĉon de la decidteorio kiu traktas plurpersonajn decidojn: la ludteorion.

Do ni nun montros kiel oni povas apliki ankoraŭ unu teorion, la ludteorion, al ĉi tiu problemo. Kvankam la ludteorio estas ankaŭ branĉo de la matematiko, ni prezentos nian analizon tiel ke vi povos ĝin grandparte kompreni eĉ se vi post la lernejo ne plu matematikumis. Kaj, kiel kromrezulto, vi ekkonos la teorion de ludoj, kiu tute ne temas nur pri ludoj. Hodiaŭ oni aplikas ĝin ĉiam pli ofte al sociaj, politikaj, militaj, ekonomiaj, kaj eĉ biologiaj problemoj (Selten, 1980). Ĉu vi pretas? Do, ek!

2. La lingvoluda modelo

Komence, ni kreos simplan bildon de la lingva situacio en la mondo. Nia bildo (ni nomos ĝin nia "modelo") estos fikcia, sed ne fantazia. Ĝi similos la veran mondon, sed sen multaj komplikaĵoj. Ni analizos la lingvan situacion en tiu modela mondo. Poste ni povos ŝanĝi la modelon por iom post iom plirealecigi ĝin, se ni deziros. Dume, pro ĝia simpleco ni gajnos kaj konservos plenan komprenon pri la funkciado de la modelo. Tiu plena kompreno estas unu el la avantaĝoj de iu ajn matematika teorio.

2.1. La lingvoj

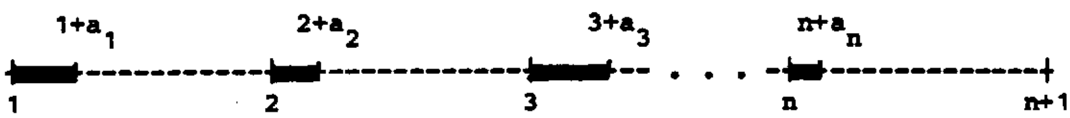
En nia modelo ekzistas pluraj denaskaj lingvoj kaj unu planlingvo, Esperanto. Ĉiu homo havas unu kaj nur unu denaskan lingvon. Esperanto estas nenies denaska lingvo. Iuj denaskaj lingvoj havas pli da anoj ol aliaj.

Tio estas la bazaj faktoj pri la lingva situacio. Ni povas prezenti la samajn faktojn simbole kaj grafike. Unue, jen kelkaj simboloj:

n	la nombro de denaskaj lingvoj
$n + 1$	la nombro de lingvoj
$(1,2,\ldots,n)$	la aro de la numeroj de la denaskaj lingvoj
i	la numero de iu ajn arbitre elektita denaska lingvo
a_i	la ono de la homaro kies denaska lingvo estas i

Do, ni donas al ĉiu lingvo numeron. Estas n denaskaj lingvoj, kaj ili ricevas la numerojn 1 ĝis n. Esperanto ricevas la numeron $n + 1$. Ĉiu denaska lingvo havas, kiel siajn denaskajn sciantojn, iun onon de la tuta homaro. Tiu ono, por lingvo i, estas a_i, kiun oni prononcas "a i". Ekzemple, a_3 estas la ono kun lingvo 3 kiel la denaska. Per "ono" ni indikas nur iun frakcion, ekzemple $\frac{1}{5}$ aŭ 0,48--ne la homojn mem kun tiu lingvo.

Grafike, ni povas prezenti la homaron sur "lingva linio", kiel ekzemple en Grafiko 1. Kiel vi vidas per la grafiko, la longeco de la



Grafiko 1. Lingva linio

linio estas n, ĉar ĝi etendas de 1 ĝis $n + 1$. La spaco inter 1 kaj 2 apartenas al lingvo 1; tiu inter 2 kaj 3 al lingvo 2; ktp. La dikaj partoj de la linio (ni nomos ilin "intervalo 1", "intervalo 2", ktp) montras kiu homarano scias ĉiun lingvon denaske. Se intervalo okupas

0,2 da longo, do 0,2 (kvinono) de la homaro havas tiun denaskan lingvon.

Komparante la simbolan kaj la grafikan prezentojn, ni vidas ke a_i devas egali la longon de intervalo i. Ili ambaŭ indikas kiu ono de la homaro havas denaskan lingvon i. Sekve, la sumo de ĉiuj a_i-oj, aŭ la suma longo de ĉiuj intervaloj, devas esti 1. Tion postulas la fakto ke ĉiu homo havas unu kaj nur unu denaskan lingvon. Tial ni povas nun skribi la unuan egalaĵon kaj la unuan malegalaĵon de nia modelo:

$$a_1 + a_2 + \dots + a_n = 1$$

$$0 < a_i \leq 1 \text{ por } i = 1,\dots,n$$

2.2. La lingvaj strategioj

La homoj en nia modelo havas po unu denaskan lingvon, sed ili ankaŭ povas elekti ĉu lerni kromajn lingvojn kaj, se jes, kiujn. Iu ajn kombino de kromaj lingvoj estas ebla. Por ĉiu unuopa homo, ekzistas n kromaj lingvoj (la n + 1 lingvoj en la mondo, minus lia denaska lingvo). Pri ĉiu tia lingvo li povas elekti unu el du decidoj: lerni ĝin aŭ ne. Se ekzistas unu kroma lingvo, li havas nur 2 alternativojn; se 2 kromaj lingvoj, li havas 4, ĉar ĉiu kombino de decidoj estas aparta alternativo. Do, por kalkuli kiom da alternativoj ekzistas, oni devas obligi 2 kun si tiom da fojoj kiom estas la nombro de kromaj lingvoj. La matematika simbolo por tia produto estas 2^n, prononcata kiel "la n-a potenco de 2". Ekzemple, se ekzistas en la mondo 4 lingvoj (3 plus Esperanto), denaska ano de lingvo 3 havas 3 kromajn lingvojn (1,2,4) kaj sekve $2^3 = 8$ alternativojn. En la ludteorio oni nomas alternativojn "strategioj"; do ekde nun ni uzos tiun terminon. Jen la 8 strategioj inter kiuj la menciita homo povas elekti:

Strategio	Lingvo 1	Lingvo 2	Lingvo 4 (Esperanto)
1	jes	jes	jes
2	jes	jes	ne
3	jes	ne	jes
4	jes	ne	ne
5	ne	jes	jes
6	ne	jes	ne
7	ne	ne	jes
8	ne	ne	ne

La eblajn strategiojn por iu homo fiksas nur lia denaska lingvo. Do ĉiuj samdenasklingvanoj havas la saman aron de eblaj strategioj.[1]

Jen kelkaj pluaj simboloj, por indiki lingvajn strategiojn:

x la numero de iu ajn arbitre elektita homo

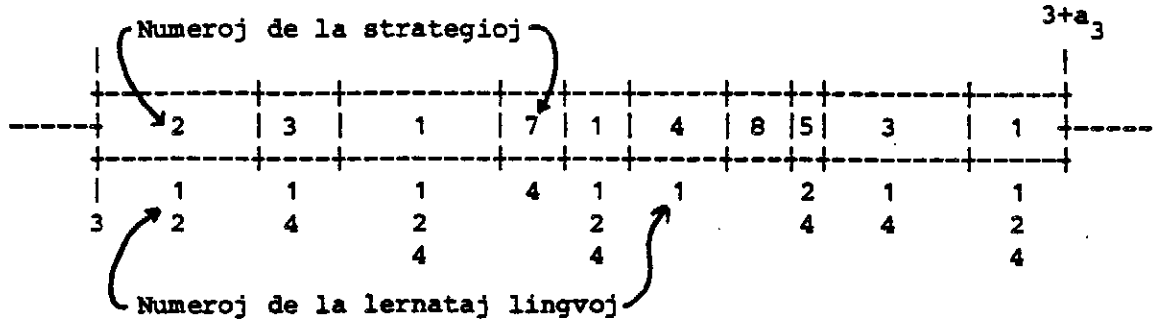
s_x la strategio de x

S_i la aro de eblaj strategioj por anoj de denaska lingvo i

Rimarku ke ni indikas la aron per majuskla litero kaj aranon per minuskla litero.

Supozu ke ĉiuj anoj de iu denaska lingvogrupo i faris siajn decidojn, t.e. elektis po unu el la 2^n strategioj en S_i. Kiel ni prezentu tiun decidaron? Unu metodo estas listi la anojn kun ties unuopaj decidoj. Sed tio estus malkonvena se la nombro de anoj estus granda aŭ se la konduto de ĉiu unuopulo ne interesus nin. Do ni havas ankaŭ duan metodon, kiun ni uzos ĉi tie: trakti la lingvan intervalon kvazaŭ kontinua kaj indiki en kiuj eroj de la intervalo la homoj elektis kiujn strategiojn.

Ni petas vin rerigardi Grafikon 1. Por montri la kontinuigan metodon, ni prenos unu intervalon el Grafiko 1 kaj pligrandigos ĝin. Grafiko 2, do, montras ekzemplon de la decidoj de la anoj de lingvogrupo 3. Ni supozas tiujn anojn kontinue kaj egaldense dissternitaj



Grafiko 2. Kontinua prezento de grupanaj elektoj

laŭ la tuta intervalo, ekde 3 ĝis 3 + a_3. Kiel vi vidas, proksimume la unua sesono de la anoj elektis strategion 2; la sekva 12-ono elektis strategion 3; ktp. Proksimume triono de la anoj, en tri apartaj intervaleroj, elektis strategion 1.

Kvankam la unuopaj anoj faris tiujn decidojn, povas esti konvene paroli pri la tuta decidaro en iu grupo kvazaŭ la grupo farus ĝin. Do ni povas diri ke Grafiko 2 montras ekzemplon de grupa strategio. Ĉiu grupa strategio estas unu el la aro de la eblaj strategioj de la koncerna grupo. La nombro de eblaj grupaj strategioj iĝas tre granda kiam la grupo grandiĝas; fakte, en grupo kun m anoj ekzistas 2^{mn} eblaj strategioj grupaj. En nur 5-lingva mondo, grupo kun 5 anoj havus pli ol 33 milionojn da grupaj strategioj! En nia kontinua modelo, grupo havas nefinian (t.e. senliman) nombron da eblaj strategioj, ĉar ĉiu ebla disdividiĝo de ĝia intervalo estas ebla strategio. Ni tamen povas paroli pri la aro de eblaj strategioj de iu grupo, eĉ se la aro estas nefinie granda. Ĉar ĉiu grupo havas sian propran aron de eblaj strategioj kaj ekzistas n grupoj en la mondo, sekvas ke la mondo havas n arojn de eblaj grupaj strategioj. Kiam la anoj de ĉiuj n lingvo-grupoj elektas strategiojn, ni povas indiki la rezulton per listo de n grupaj strategioj. Tiu kombino de la n ekzistantaj grupaj strategioj estas kvazaŭ tutmonda mapo de denaskaj kaj krome sciataj lingvoj.

Por simboli grupajn strategiojn ni uzos la grekan literon fi:

ϕ_i la grupa strategio de grupo i

ϕ $(\phi_1, \phi_2, \ldots, \phi_n)$, t.e. la kombino de la grupaj strategioj de la n grupoj

Φ_i la aro de eblaj grupaj strategioj por grupo i

Φ $(\Phi_1, \Phi_2, \ldots, \Phi_n)$, t.e. la aro de la n aroj de eblaj grupaj strategioj

Same kiel majuskla S_i indikas la aron de unuopulaj strategioj eblaj por anoj de i, tiel majuskla Φ_i estas la aro de eblaj grupaj strategioj por tiu grupo.

La tutmonda lingva mapo ϕ estas kombino de grupaj strategioj ϕ_i, kaj ili siavice estas kombinoj de unuopulaj strategioj s_x. Ni povas simbole esprimi tiujn rilatojn per la jenaj kunmetaĵoj:

$\phi_i(x)$ la strategio de x se x estas ano de grupo i kaj grupo i havas strategion ϕ_i

$\phi(x)$ la strategio de x se x estas ano de iu grupo kaj la n grupoj havas kombinon ϕ de strategioj

Do, ni povas simboli la elektitan lingvan repertuaron de iu homo x per s_x, $\phi_i(x)$, aŭ $\phi(x)$, laŭ ĉu ni traktas ĝin kiel unuopan decidon, kiel parton de grupa strategio, aŭ kiel parton de la tutmonda lingva mapo.

2.3. La pagoj de la ludo

Ĝis nun ni diskutis la eblajn decidojn de la ludantoj, sed ni ne klarigis kial ili farus unu decidon aŭ alian. Kion la ludantoj celas? Kiajn motivojn ili havas? En la vera mondo ni supozas ke homoj havas diversajn motivojn, kaj tio ofte malfaciligas decidadon. En la ludteorio oni tamen simpligas tiun problemon. Oni supozas ke ĉiu ludanto iel kunigas siajn motivojn kaj povas juĝi, pri iu ajn situacio, kiom li nete preferas aŭ malpreferas ĝin kompare kun iu ajn alia situacio. Uzante la metaforon de vetludoj, la ludteorio nomas tiun netan preferatecon de iu situacio ĝia "pago" al la koncerna ludanto. La pago povas esti pozitiva, malpozitiva, aŭ nul.

Sed nun ni venas al interesa demando: kiajn supozojn ni faru pri la pagoj al homo x? Se la preferoj de x inter la diversaj rezultoj de la ludo estus arbitraj, ni ne povus eligi interesajn konkludojn el la ĥaoso. Ni devas supozi ke la pagoj al x estas regulecaj kaj varias laŭ la observeblaj kondiĉoj de la ludo. Laŭ ni, la plej simpliga kaj tamen iom realeca supozo estas ke x havas du motivojn:

(1) havi la kapablon interkomuniki kun multaj aliuloj;

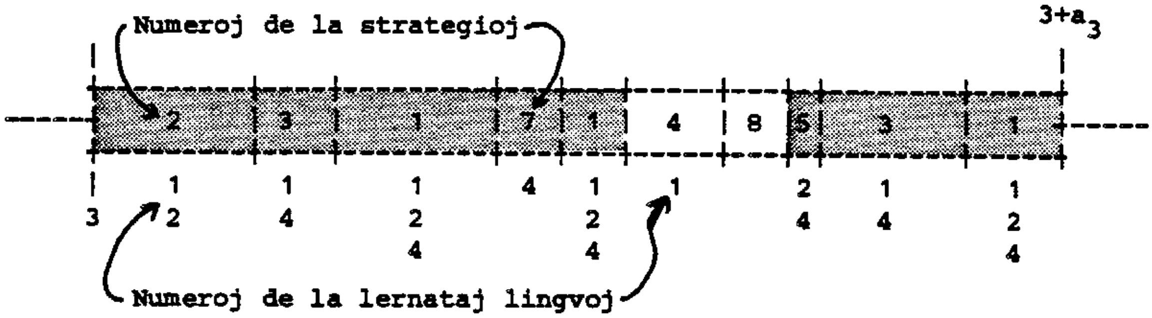
(2) elspezi malmultan penon kaj monon por lingvolernado.

Do, en la nuna modelo ni supozas ke la pago al x havas nur du partojn: la pozitiva parto estas lia komunika gajno kaj la negativa parto estas lia lingvolerna kosto. La komunika gajno minus la lingvolerna kosto donas la pagon.

2.3.1. La komunika gajno

Kiel ni kalkulu la komunikan gajnon de homo x? Ĉiam strebante al simpleco, ni proponas ke ĝi estu la ono de la tuta homaro kun kiu x povas komuniki. Kaj ne estus absurde deklari ke x povas komuniki kun alia homo--ni nomu lin "y"--se kaj nur se x kaj y havas almenaŭ unu komunan lingvon. Tiu komuna lingvo povas esti la denaska lingvo de x, la denaska lingvo de y, iu alia grupa lingvo kiun x kaj y lernis, aŭ Esperanto. Evidente, do, la komunika gajno por x varias ne nur laŭ la strategio kiun x adoptas, sed ankaŭ laŭ la decidoj de aliaj ludantoj. Se x ne lernas la lingvon de y, y povas efiki la komunikan gajnon de x per sia decido ĉu lerni unu el la lingvoj kiujn x scias. Ĝuste pro tiaj interefikoj inter la homoj ni bezonas la teorion de ludoj. Aliflanke, se x lernas la lingvon de y, y ne povas efiki la komunikan gajnon de x, ĉar post iu ajn decido de y ili povos interkomuniki. Simile, neniu alia samgrupano de x povas per sia strategio efiki la komunikan gajnon de x, ĉar x jam kaj neŝanĝeble povas komuniki kun ĉiuj aliaj anoj de sia denaska lingvogrupo.

Por kalkuli la komunikan gajnon de x, oni bezonas la liston de lingvoj kiujn x scias kaj la tutan lingvan mapon ϕ. Por ĉiu intervalero de ĉiu denaska lingvo, oni konstatas ĉu homoj kun la strategio de tiu intervalero povas komuniki kun x. La suma longo de ĉiuj intervaleroj kie la respondo estas jes egalas la komunikan gajnon de x. Se, ekzemple, x havus denaskan lingvon 2 kaj ankaŭ scius lingvon 4, kaj se la grupa strategio de grupo 3 aspektus kiel en Grafiko 2, la komunikeblaj intervaleroj de grupo 3 por x estus tiuj kiujn ni ombrigis en Grafiko 3. Post simila trakto por ĉiuj aliaj grupoj, ni povus sumigi



Grafiko 3. Ekzempla kontribuo de unu grupo al ies komunika gajno

la longojn de la ombraj intervaleroj por atingi la komunikan gajnon de x.

<u>2.3.2. La lingvolerna kosto</u>

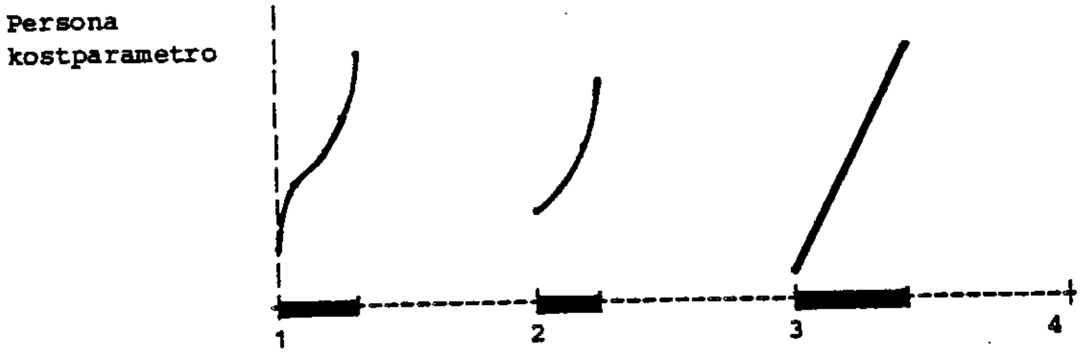
Kio, do, pri la negative flanko de la pago, la subtrahenda kosto de lingvolernado? Ni emas iom pli komplike koncepti tiun flankon, ĉar ni scias ke la kosto de lingvolernado grave varias inter homoj, inter denaskaj lingvoj, inter unuopaj lernataj lingvoj, kaj inter kombinoj de lernataj lingvoj. Do nun ni volas ne fiksi detalan regulon por kalkuli lernkostojn, sed nur fari supozon pri la formo de tiuj kostoj. Ni supozas ke, por la anoj de iu denaska lingvo, eblas konstati la <u>ĝeneralan koston</u> por lerni iun liston de lingvoj. Tiu ĝenerala kosto povas esti malsama por anoj de malsamaj denaskaj lingvoj kiuj lernas la saman liston de lingvoj. Kaj la ĝenerala kosto por lerni du lingvojn i kaj j ne necese estas la sumo de la ĝeneralaj kostoj por lerni nur lingvon i kaj por lerni nur lingvon j. Eĉ eblas, principe, ke la ĝenerala kosto por lerni du lingvojn estas malpli granda ol por lerni nur unu el ili (Pool, 1980).

Krom ĝeneralaj kostoj, ni supozas ankaŭ ke ĉiu unuopa homo havas personan lernkostan parametron. Tio estas la emo de iu homo suferi pli grandajn aŭ malgrandajn kostojn por lingvolernado. Lia talento pri lingvoj, lia lingva interesiĝo, lia okupateco, la lingvolernaj subvencioj kiuj instigas lin, la lingvolernaj punoj kiuj minacas lin, kaj aliaj aferoj povas influi lian lernkostan parametron.

Nia baza supozo pri lingvolernaj kostoj estas ke ili ĉiam egalas la produton de tiuj du faktoroj. Por scii kiom kostus al iu homo x, kiu estas ano de denaska lingvo i, por lerni iun liston de lingvoj s_x, ni devas nur obligi lian personan lernkostan parametron per la ĝenerala kosto al i-lingvanoj por lerni s_x. Tiu simpliga supozo postulas ke la relativaj kostoj por lerni diversajn lingvolistojn estu samaj por ĉiuj anoj de la sama denaska lingvo. Ne povus okazi, ekzemple, ke inter du japanlingvanoj unu lernas la anglan 10-oble pli koste ol Esperanton, dum la alia povas lerni la anglan 6-oble pli koste ol Esperanton.

Krome, ni supozas ke la ĝenerala kosto por lerni neniom da lingvoj estas 0, ke la ĝenerala kosto por lerni iun ajn alian liston de lingvoj estas pozitiva, kaj ke ĉies persona kostparametro estas pozitiva. En la vera mondo iuj homoj ŝajnas havi negativajn kostparametrojn, alivorte ŝajnas ricevi bonefikon anstataŭ pagi koston pro la mema agado lerni lingvojn. Ni emas kredi ke multaj nunaj esperantistoj estas tiaj homoj. Sed por enkalkuli tiajn homojn ni bezonus pli komplikan modelon; laŭ la ĝisnunaj supozoj, homoj kun negativaj personaj kostparametroj ricevus des pli altan pagon ju pli da lingvoj ili lernus, do ili lernus ĉiujn lingvojn en la mondo.

En 2.2 ni diris ke la anoj de lingvogrupo i estas egaldense dissternitaj laŭ intervalo i. Ni ĝis nun ne diris laŭ kiu vico ili estas aranĝitaj. Por niaj estontaj analizoj, tamen, estos utile se la anoj de iu grupo viciĝos laŭ siaj personaj kostparametroj. Do ekde nun ni ĉiam aranĝos la grupanojn tiel ke iliaj kostparametroj povus aspekti kiel en Grafiko 4. Tiu grafiko ilustras ke, principe, diversaj lingvo-



Grafiko 4. Ekzemploj de personaj kostparametroj

grupoj povas havi distribuojn de personaj kostparametroj kiuj malsimilas kaj amplekse kaj forme.

2.3.3. La pagformulo

Por formuli la pagon kaj fari kalkulojn pri ĝi, ni volas difini kelkajn simbolojn por la jam difinitaj konceptoj:

$h_x(\phi)$ la pago al x se la n grupoj havas strategikombinon ϕ

$u_x(\phi)$ la komunika gajno de x se la n grupoj havas strategikombinon ϕ

$k_x(s_x)$ la lingvolerna kosto al x por lerni s_x

$g_i(s_x)$ la ĝenerala kosto al anoj de i por lerni s_x

c_x la persona lernkostparametro de x

Ĉiu homo havas numeron, kiu egalas la lokon kie li situas en la intervalo de sia denaska grupo. Kiel dirite, la homoj en ĉiu grupo viciĝas laŭ kreskantaj personaj kostparametroj. Do, se c_x estas la kostparametro de x, sekvas ankaŭ la jenaj signifoj:

c_i la plej malgranda persona kostparametro en i

c_{i+a_i} la plej granda persona kostparametro en i

La pago al iu homo estas lia komunika gajno minus lia lingvolerna kosto. Ni povas formuli tiun rilaton jene:

$$h_x(\phi) = u_x(\phi) - k_x(s_x).$$

Sed la lingvolerna kosto estas la produto de la ĝenerala kaj la persona kostoj:

$$k_x(s_x) = c_x g_i(s_x).$$

Sekve, ni povas esprimi la pagon ankaŭ per la formulo

$$h_x(\phi) = u_x(\phi) - c_x g_i(s_x).$$

Per tio ni difinis la modelon. Ĝi havas ludantojn, denaskajn lingvojn, kaj la planlingvon Esperanto. La ludantoj povas elekti strategiojn por maksimumigi siajn pagojn. La pagoj varias laŭ la ono de la homaro kun kiu oni povas komuniki kaj laŭ la ĝeneralaj kaj personaj kostoj de lingvolernado. En tiu ludo, ĉu iu lernos Esperanton? Kiom da homoj lernos ĝin? Ĉu oni lernos aliajn lingvojn? Ĉu ĉiuj lernos la saman lingvon? Ĉu la rezulto estos lingva diskriminacio? Nun ni transiros de difinado al analizado, por ektrovi la respondojn al tiaj demandoj.

3. Kion la modelo implicas

La ĵus difinita modelo havas kelkajn gravajn ecojn kiujn ni devas konscii. Ĝi diras ke ne ekzistas denaskaj esperantistoj. Ĝi diras ke ne ekzistas denaskaj dulingvuloj. Ĝi diras ke la sola valoro de lingvoscio estas ke ĝi ebligas al ni komuniki kun pli da homoj. Ĉiu kroma homo pliigas tiun valoron per la sama kvanto, laŭ la modelo. Kaj diversaj lingvoj devas havi samajn proporciojn de lernkostoj por ĉiuj anoj de sama denaska lingvogrupo.

Ni ĉiuj scias ke la vera mondo parte kontraŭas tiujn ecojn. Tio ne sufiĉas, tamen, por forĵetindigi la modelon, ĉar, se jes, oni devus forĵeti ĉiujn modelojn. La pria demando estas ĉu ni povas imagi ke la menciitaj ecoj estas multe pli gravaj ol la kontraŭaj ecoj. Ekzemple, ĉu eblas ke la manko de denaskaj esperantistoj estas multe pli grava ol la ekzisto de denaskaj esperantistoj? Se jes, ni rajtas sekvi la modelon plu por vidi ĉu ĝi produktas verecajn konkludojn. Modelo kiun ni akceptas pro la simileco de ĝiaj konkludoj al la observebla mondo estas utila ankaŭ por fari konkludojn pri neobserveblaj mondoj. Se, ekzemple, oni ŝanĝas en la modelo la nombron aŭ distribuon de lingvoj aŭ la lernfacilecon de Esperanto, oni povas akiri prognozon pri la efikoj de tiaj ŝanĝoj se ili okazus (aŭ oni okazigus ilin) en la vera mondo.

4. La elekto inter la strategioj

La celo de ludteoria analizo estas ekscii kiun strategion ĉiu ludanto elektas. La teorio esprimas ĉiujn preferojn de la ludantoj per la pago, kiel ni diris en 2.3. Poste, la teorio nature supozas ke ĉiu unuopulo elektas tiun strategion kiu plejgrandigas lian pagon. Ĉe nia nuna modelo, ni supozas ke en la pago estas nur la motivoj pliigi sian komunikeblularon kaj malpliigi sian lernkoston. Do ni ne konsideras, ekzemple, preferojn bazitajn sur la motivo de justeco. Eblus laŭ deziro, tamen, enigi ankaŭ tiajn motivojn en la pagon, kreante novan, pli komplikan modelon.

Ĉe la nuna modelo, do, kiu strategio plejgrandigus la pagon por iu ano x de iu lingvogrupo i? Principe, ni povas trovi la respondon se ni kalkulas la pagon por ĉiu el la 2^n eblaj strategioj de x. Kaj por kalkuli ĝin, ni devas scii:

$a_1, a_2, \ldots, a_n$

ϕ escepte de s_x

c_x

$g_i(s_x)$ por ĉiu s_x en S_i

Tio signifas ke ni devas scii la distribuon de denaskaj lingvoj en la mondo kaj la strategiojn elektitajn de ĉiuj aliaj ludantoj (ĉar tiuj du faktoj efikas la komunikan gajnon de x); kaj ni devas scii ankaŭ la personan lernkostparametron de x kaj la ĝeneralan koston al anoj de lia grupo por lerni ĉiun el la eblaj lingvolistoj (ĉar tiuj fiksas lian lernkoston).

Ni povas diri ke tiuj kvar faktoj konsistigas la situacion de x. Kiu strategio, s_x, donas al x la plej grandan pagon, tiun ni nomos la plej bona respondo de x al lia situacio.

5. Ekvilibroj

Imagu ke la anoj de iu grupo i ekzamenas siajn situaciojn kaj kalkulas la pagojn kiujn ili ricevus se ili adoptus ĉiun el la 2^n eblaj strategioj. Ili sekve elektas tiujn kun la plej grandaj pagoj, do siajn plej bonajn respondojn al siaj situacioj. Nun la anoj de alia denaska grupo j ekzamenas siajn situaciojn kaj same elektas siajn plej bonajn respondojn. Kio okazis intertempe al la plej bonaj respondoj de la i-anoj? Ili povas nun ne plu esti iliaj plej bonaj respondoj, ĉar la strategiaj elektoj de la j-anoj eble ŝanĝis la situaciojn de iuj i-anoj. Kvankam la j-aj elektoj ne tuŝis la lernkostojn, ili ja efikis la distribuon de lingvaj repertuaroj en la mondo kaj per tio ili ankaŭ efikis la komunikajn gajnojn de la diversaj strategioj elekteblaj por la i-anoj. Do, ni povas imagi ke, post la j-aj elektoj, la anoj de i rekonsideras la eblojn kaj novelektas strategiojn. Tiuj elektoj, tamen, povas ŝanĝi la situaciojn por j-anoj, kiuj tial ankaŭ reelektas novajn plej bonajn respondojn.

Ĉu tia procezo iam venus al punkto kie ĉiuj ludantoj havus la strategiojn kiuj estas iliaj respektivaj plej bonaj respondoj al iliaj tiamaj situacioj je la sama momento? Se jes, ĝi venus al speciala punkto kiun la ludteorio nomas ekvilibro. Ĉe ekvilibro, ĉiuj ludantoj samtempe donas siajn plej bonajn respondojn al siaj situacioj. Ne estas certe ĉu la procezo atingus ekvilibron. En iuj ludoj ekvilibro ne ekzistas. En aliaj ekzistas unu ekvilibro. Kaj aliaj ludoj havas plurajn ekvilibrojn. Imagu du-personan ludon en kiu la aro de eblaj strategioj estas ĉiuj pozitivaj entjeroj (nefrakciaj numeroj) kaj la plej bona respondo al situacio ĉe kiu la alia ludanto elektas n estas elekti n + 1. Tiu ludo ne havas ekvilibron, ĉar ne eblas ke ambaŭ samtempe elektu strategiojn kiuj estas iliaj plej bonaj respondoj al siaj situacioj.

Multaj lud-similaj procezoj ja permesas al siaj anoj ŝanĝadi siajn strategiojn. Eĉ ĉe procezoj kun neŝanĝeblaj decidoj, oni ofte povas analizi la decidojn de sinsekvaj generacioj aŭ ondoj de anoj kvazaŭ ili estus sinsekvaj decidoj de la samaj unuopuloj. Tial ekvilibroj tre interesas ludteoriistojn. Se ludo estas en ekvilibra stato, neniu ludanto povus profiti per ŝanĝi sian strategion dum ĉiuj aliaj restas ĉe la siaj. Ekvilibro, do, estas stato kiun oni havas kialon por atendi en la vera mondo.

5.1. La stabileco de ekvilibroj

Tamen, iuj ekvilibroj estas pli atendindaj ol aliaj. Oni povas paroli pri stabilaj kaj nestabilaj ekvilibroj. Tiuj konceptoj havas formalajn matematikajn difinojn sed aperos ĉi tie nur heŭristike. Ordinare, ni povas kompreni stabilan ekvilibron kiel ekvilibron al kiu la ludantoj iros se ili jam sufiĉe proksimas al ĝi. Se, do, ili jam ĉeas stabilan ekvilibron kaj pro iu skuo (ekzemple, miskalkulo) tre malgranda ono de la ludantoj ŝanĝas siajn strategiojn, kaj se post tio ĉiuj elektados siajn plej bonajn respondojn, ili revenos al la ekvilibro. Simile, se iu kondiĉo (ekzemple, iu lernkosto) ŝanĝiĝetas kaj tial la respondoj de iuj ludantoj ne plu estas iliaj plej bonaj, ili atingos novan, proksiman ekvilibron per siaj reĝustigaj strategiaj elektoj. Male, nestabila ekvilibro ordinare ne havas tian regionon de altireco ĉirkaŭ si. Male, eĉ la plej eta foriro de iuj ludantoj for de siaj plej bonaj respondoj povas konduki al reagoj kiuj pluforigos la situacion de tiu eksekvilibro. Do, kvankam ĉiuj ekvilibroj povas esti interesaj, nur la stabilaj atendindas ĉe normalaj kondiĉoj.

5.2. La boneco de ekvilibroj

La atendindo de (stabilaj) ekvilibroj ne implicas ke ili bonas. Iu ekvilibro povas pli boni ol alia por iuj ludantoj aŭ por ĉiuj ludantoj.

povas ankaŭ esti ke ludo havas statojn neekvilibrajn kiujn ĉiuj ludantoj preferas al iu ajn ekvilibro. Por eskapi el nedezirinda ekvilibro, tamen, ludantoj eble bezonas metodon por kunordigi siajn anticipojn. En la vera mondo ofte mankas tiaj metodoj. Do, sen iu ajn morala implico, ni deziras scii ĉu nia ludo havas ekvilibrojn kaj, se jes, kiom kaj kiajn.

6. La ecoj de ekvilibroj

En la ludo difinita, ekvilibroj ekzistas. Tion ni asertas al vi. Sed ni ne intencas nun pruvi tion, ĉar la pruvo estas iom teda. Estos pli interese unue demandi, "Se ekvilibroj ekzistas, kiujn ecojn ili havas?"

6.1. Falantaj ĝeneralaj kostoj

Ni scias ke en ĉiu denaska grupo la anoj estas aranĝitaj laŭ kreskantaj personaj lernkostparametroj. Tion ni decidis en 2.3.2 kaj ekzempligis per Grafiko 4. Do la homoj kiuj plej facile aŭ plej ĉipe (malmultkoste) lernas lingvojn estas ĉe la maldekstra fino de sia grupa intervalo.

Kio do pri la ĝeneralaj lingvolernaj kostoj $g_i(s_x)$? Kiam la ludo estas en ekvilibra stato, ĉu ankaŭ ili havas ian regulan aranĝon? Jes. Kvankam tio ne ŝajnas evidenta, ni povas pruvi ke ili varias laŭ la mala vico, kondiĉe nur ke ĉiuj anoj de la grupo havu malsamajn personajn kostparametrojn. Dum la personaj kostoj kreskas dekstren, la ĝeneralaj kostoj falas dekstren. Pli precize, ili ĉiam falas se ili ŝanĝiĝas, sed ili ankaŭ povas resti senŝanĝe.

Jen la pruvo. Konsideru du homojn, x kaj y, en la sama grupo, kiuj ĉe ekvilibro havas malsamajn kaj, por ambaŭ, malsampagajn strategiojn. Ni supozu ke x estas maldekstre de y, do $x < y$. Laŭdifine, iliaj strategioj s_x kaj s_y devas esti iliaj respektivaj plej bonaj respondoj al siaj situacioj. Sekve, s_x devas doni pli grandan pagon al x ol s_y donus, kaj s_y devas pagi pli al y ol s_x pagus. Sed kio povus kaŭzi tiun malecon de preferoj? Ni rigardu la matematikan formon de tio kion ni ĵus diris. La fakton ke x preferas sian propran strategion esprimas

$$u_x(s_x) - c_x g_i(s_x) > u_x(s_y) - c_x g_i(s_y),$$

ĉe kiu "$u_v(s_w)$" signifas "$u_v(\phi)$" kiam $s_v(\phi)$ estas s_w. La fakton ke y preferas sian propran strategion esprimas

$$u_y(s_y) - c_y g_i(s_y) > u_y(s_x) - c_y g_i(s_x).$$

Simpla rearanĝo de tiuj du malegalaĵoj kondukas al la pruvo. Ni metas la komunikajn gajnojn sur unu flankon kaj la lernkostojn sur la alian:

$$(1) \qquad u_x(s_x) - u_x(s_y) > c_x g_i(s_x) - c_x g_i(s_y)$$

$$(2) \qquad u_y(s_x) - u_y(s_y) < c_y g_i(s_x) - c_y g_i(s_y)$$

La maldekstraj flankoj de tiuj rearanĝitaj malegalaĵoj esprimas la komunikgajnan avantaĝon aŭ malavantaĝon de strategio s_x--unue por x kaj sekve por y. Sed tiu (mal)avantaĝo devas esti sama por ambaŭ ludantoj, ĉar ili havas saman denaskan lingvon. Adoptante saman strategion, ili povus komuniki kun sama homarono. Do la tutan maldekstran flankon ni forigu, provizante

$$(3) \qquad c_x g_i(s_x) - c_x g_i(s_y) < c_y g_i(s_x) - c_y g_i(s_y).$$

Tiun novan malegalaĵon ni povas reskribi jene:

$$(4) \qquad (c_y - c_x) g_i(s_x) > (c_y - c_x) g_i(s_y).$$

Ĉar y > x kaj ĉiuj anoj havas malsamajn (do strikte kreskantajn) kostparametrojn, ni scias ke $c_y > c_x$. La kvanto $c_y - c_x$ devas tial pozitivi kaj ni povas dividi ambaŭ flankojn per ĝi. Tio donas la pruvendan rilaton:

$$(5) \qquad g_i(s_x) > g_i(s_y).$$

Se la du strategioj havas por ambaŭ ludantoj malsamajn pagojn, ni pruvis ke la pli dekstre adoptita strategio havas pli malaltan ĝeneralan lernkoston; t.e., g_i falas dekstren.

Se la du strategioj havas malsamajn pagojn por nur unu ludanto, malegalaĵo (3) aŭ (4) ĉi-supere iĝas egalaĵo, sed (3) kaj (4) ankoraŭ kondukas al malegalaĵo (5) kaj la konkludo restas neŝanĝita. Se la du pagoj samas por ambaŭ ludantoj, kaj (3) kaj (4) iĝas egalaĵoj. Tiel ankaŭ (5) iĝas egalaĵo kaj kondukas al la konkludo ke $g_i(s_x) = g_i(s_y)$. Restas nur unu speciala kazo: ke x kaj y adoptas saman strategion. Ĉe tiu kazo evidentas ke $g_i(s_x) = g_i(s_y)$, ĉar $s_x = s_y$.

Tio finas la pruvon. Ni montris ke ĉe ekvilibro la ĝenerala lernkosto falas dekstren interne de ĉiu denaska lingvogrupo, escepte ke ĝi restas senŝanĝa se x kaj y aŭ adoptas saman strategion aŭ adoptas du strategiojn kies pagoj samus por x kaj samus por y. Ni pruvis tion, tamen, por iomete limiga kondiĉo: ke neniuj du anoj de sama grupo havu precize saman personan kostparametron. Preskaŭ samajn kostparametrojn ili povus havi, sen ĝeni la pruvitan konkludon.

6.2. Falantaj komunikaj gajnoj

Kio okazas al la komunika gajno kiam la ĝenerala lernkosto falas dekstren? Ni povas facile pruvi ke ankaŭ ĝi falas dekstren se ekvilibras. Ĉe falanta ĝenerala lernkosto, $g_i(s_x) > g_i(s_y)$, kaj tial

$$c_x g_i(s_x) - c_x g_i(s_y) > 0.$$

Pro malegalaĵo (3) en 6.1, sekvas ke

$$u_x(s_x) - u_x(s_y) > 0$$

kaj do ke

$$u_x(s_x) > u_x(s_y),$$

kiu estas la pruvendaĵo. (Ni jam rimarkis ke $u_x = u_y$.)

Kiam la ĝenerala lernkosto ne falas dekstren, ni jam pruvis ke s_x kaj s_y havas saman ĝeneralan koston kaj (3) kaj (4) en 6.1 estas egalaĵoj anstataŭ malegalaĵoj. Sekvas ke $u_x(s_x) - u_x(s_y) = 0$, kio montras ke la komunikaj gajnoj samas.

La konkludo estas ke du rilatoj povas ekzisti inter x kaj y. Unue, x povas havi strategion kun pli granda ĝenerala lernkosto kaj pli granda komunika gajno ol la strategio de y. Aŭe, x kaj y povas havi strategio(j)n kun egala ĝenerala lernkosto kaj egala komunika gajno. Ni etikedas la homojn tiel ke x laŭdifine havas malpli grandan personan lernkostparametron ol y. Ni trovis, do, ke ĉe ekvilibro la homoj en iu denasklingva grupo kiuj lernas lingvojn plej facile aŭ ĉipe ankaŭ havas la plej grandajn nombrojn da komunikebluloj. Nature, se ni ne trovus tion ni devus suspekti la realecon de la modelo!

6.3. Falantaj pagoj

Ĝeneralaj kostoj kaj komunikaj gajnoj ambaŭ falas (aŭ almenaŭ ne kreskas) dekstren. La pago estas la diferenco inter la tuta kosto (kiu spegulas la ĝeneralan koston) kaj la komunika gajno. Do, kio okazas al la pago kiam ni iras dekstren laŭ la intervalo de iu denaska grupo?

Unue, konsideru la kazon ĉe kiu la ĝeneralaj kostoj kaj komunikaj gajnoj strikte falas. La faktoj ke $c_y > c_x$ kaj $u_x = u_y$ permesas al ni rekunigi malegalaĵojn (1) kaj (2) en 6.1 jene:

$$u_x(s_x) - c_x g_i(s_x) > u_x(s_y) - c_x g_i(s_y) > u_y(s_y) - c_y g_i(s_y).$$

La du finoj de tiu malegalaĵo diras ke la pago al x pro s_x estas pli granda ol la pago al y pro s_y. Do ankaŭ la pago falas dekstren.

Nun konsideru la alian kazon: egalecon de ĝeneralaj kostoj kaj komunikaj gajnoj. Tiukaze la pagdiferenco inter x kaj y rezultas de nur unu afero: iliaj personaj lernkostparametroj. Tiu de y pli grandas. Do la pago al y malpli grandas. Ankaŭ ĉe ĉi tiu kazo la pago falas dekstren. Kvankam la ĝenerala lernkosto kaj la komunika gajno povas fali aŭ resti konstanta, la pago nepre devas fali.

Do ni jam havas klaran bildon pri iuj avantaĝoj kaj malavantaĝoj kiam la ludo estas en ekvilibra stato, kondiĉe ke ĉiuj anoj de sama lingva grupo havas inter si malsamajn personajn lernkostojn. Interne de iu ajn denasklingva grupo, la homoj kiuj plej facile kaj ĉipe lernas lingvojn ĝuas avantaĝon. Ili lernas la plej multkostajn listojn de lingvoj, sed ili ankaŭ povas komuniki kun la plej grandaj onoj de la homaro. Kaj tiu komunika avantaĝo superas la kostan malavantaĝon. Do, kiam ni subtrahas iliajn lernkostojn de iliaj komunikaj gajnoj, ni trovas ke ili ricevas la plej grandajn netajn pagojn.

7. La distribuo de lingvoj ĉe ekvilibroj

Ni povas nun transiri al la temo "Ĉu mi lernu Esperanton?" Ni scias kelkajn ĝeneralajn ecojn de ekvilibroj, sed ni ankoraŭ ne scias kiom da homoj en iu denaska lingvogrupo lernus Esperanton--aŭ aliajn lingvojn--se la ludo estus en ekvilibra stato. Ĉi tie ni ne serĉos ĝeneralan respondon al tiu demando. Ni klopodos trovi la ekvilibrajn lingvajn distribuojn por specialaj kaj simplaj kondiĉoj, tiel ke ni povu grafike vidi kiel ekvilibroj funkcias.

7.1. Kelkaj simpligaj kondiĉoj

Esperanto povus utili eĉ se nur du denaskaj grupoj ekzistus en la mondo. Por pleja simplo, ni unue esploru la 2-grupan kazon ($n = 2$). En tia ludo ekzistas 3 lingvoj, do ĉiu ludanto havas po 2 kromajn (nedenaskajn) lingvojn kaj 4 eblajn strategiojn:

0. lerni ambaŭ kromajn lingvojn
1. lerni la alian grupan lingvon
2. lerni Esperanton
3. lerni nenion

Ĉiu strategio havas ĝeneralan lernkoston. Ni plu simpligu per la supozo ke tiuj kostoj samas por la du grupoj kaj ke ju pli grandas la numero de la strategio des pli malgrandas ĝia kosto. Simbole:

$$g_0 > g_1 > g_2 > g_3 = 0$$

Ni faru la ankaŭan supozon ke la du grupoj havas saman distribuon de personaj kostparametroj kaj saman nombron de anoj. Simbole:

$$a_1 = a_2 = 0,5$$

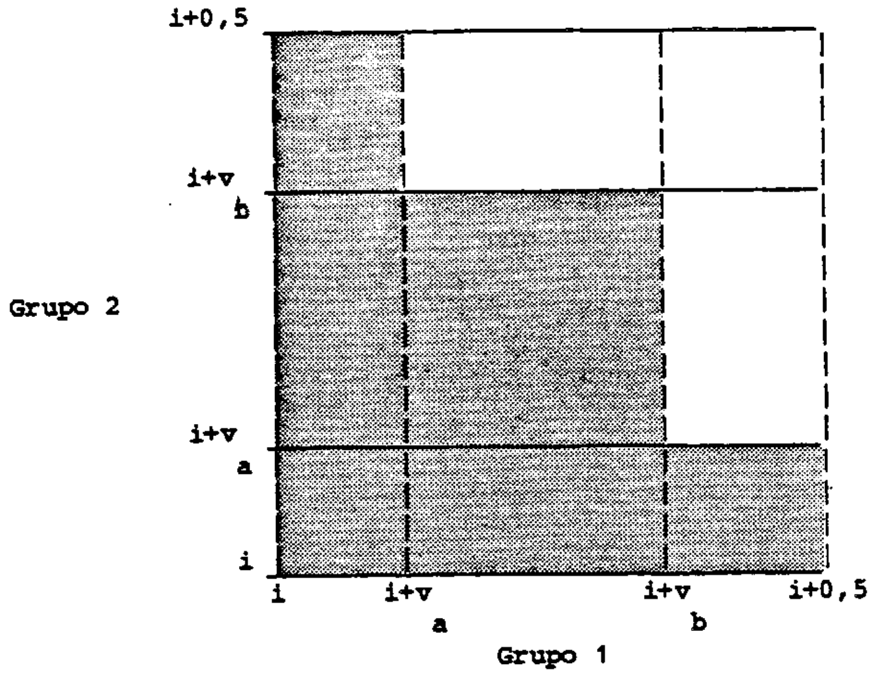
$$c_{1+v} = c_{2+v} \text{ por } 0 \le v \le 0,5$$

Per tiuj supozoj ni plene egaligas la grupojn. Ĉu tiu egalo postulas ke nur egalecaj ekvilibroj ekzistu? Ne necese. Se la distribuo de anoj inter la kvar strategioj samas en grupo 1 kaj grupo 2, ni diru ke la ekvilibro estas "simetria". Nesimetriaj ekvilibroj povas ekzisti, sed por ankoraŭ plifaciligi la analizon ni volas komence neglekti ilin.

Post tiuj simpligoj ni povas konkludi ke ĉiu simetria ekvilibro havas simplan formon. La ĝeneralaj lernkostoj ne povas kreski dekstren, do la vico de strategioj devas esti 0,1,2,3. Sed ĉu iu adoptus strategion 0? Nur se neniu alia strategio pagus pli. Strategio 1 ĉiam pagas pli ol 0, ĉar ambaŭ donas la maksimuman (1) komunikan gajnon sed strategio 0 havas pli grandan lernkoston. Do neniu lernus ambaŭ lingvojn. Tio lasas 1,2,3 kiel la formon de la strategia distribuo. Por precizigi la distribuon necesas nur indiki kie situas la du limoj inter la intervaleroj. Ni povas diri ke, en ĉiu grupo, la anoj ekde i ĝis iu punkto $i + v_a$ adoptas strategion 1; tiuj ekde $i + v_a$ ĝis $i + v_b$ adoptas strategion 2; kaj tiuj ekde $i + v_b$ ĝis $i + 0,5$ adoptas strategion 3. Tiel validas la jenaj ekvivalentoj:

v_a	la anoj de iu grupo kiuj lernas la alian grupl ingvon
v_b	la anoj de iu grupo kiuj lernas lingvon
$v_b - v_a$	la anoj de iu grupo kiuj lernas Esperanton
$0,5 - v_b$	la anoj de iu grupo kiuj lernas nenion
$\frac{v_a}{v_b}$	la gruplingvaj lernantoj kiel ono de ĉiuj lingvolernantoj
$\frac{v_b - v_a}{v_b}$	la Esperanto-lernantoj kiel ono de ĉiuj lingvolernantoj

Grafiko 5 prezentas imagan ekzemplon de tia ekvilibro. La ombrigitaj



Grafiko 5. Imaga ekzemplo de simetria ekvilibro kun 2 grupoj

kvadratoj montras la kombinojn de anoj kiuj kapablas komuniki trans la du grupoj. Krome, ĉiu grupano povas komuniki kun sia tuta propra grupo.

Tia ekvilibro ŝajnas kredinda. La plej maldekstraj homoj havas tiom etajn lernkostojn ke ili pretas lerni la alian grupan lingvon por povi komuniki kun ĉiuj. La mezaj homoj gajnas pli lernante Esperanton, ĉar tio kostas malpli sed permesas al ili komunikadon kun ĉiuj en la alia grupo kiuj lernas aŭ Esperanton aŭ ilian lingvon. Kaj la dekstraj homoj, pro altaj lernkostoj, preferas lerni nenion kaj tiel tamen komunikivi ne nur kun la propra grupo sed ankaŭ kun tiuj en la alia grupo kiuj lernas ilian lingvon.

7.2. Specoj de ekvilibraj lingvodistribuoj

Laŭ la faritaj supozoj, la lingvaj repertuaroj povas havi kelkajn specojn de distribuoj ĉe simetria ekvilibro. Tion ni konstatas se ni demandas kie v_a kaj v_b povas situi. Grava distingo estas inter la randoj kaj la cetero de la grupa intervalo. Do jen ĉiuj logike eblaj kombinoj de ekvilibraj specoj, difinitaj laŭ tiu distingo:

Lokoj de la du v-oj

Nomo	Maldekstra rando (i)	Cetero	Dekstra rando (i + 0,5)
Ekstera ekvilibro 1			a,b
Ekstera ekvilibro 2	a		b
Ekstera ekvilibro 3	a,b		
Miksa ekvilibro 1		a	b
Miksa ekvilibro 2	a	b	
Interna ekvilibro		a,b	

Ĉe la eksteraj ekvilibroj, ambaŭ inter-strategiaj limoj estas ĉerandaj. Tio signifas ke ĉiuj homoj en la ludo adoptas saman strategion. Ĉe la miksaj ekvilibroj, unu limo estas ĉeranda kaj unu ne. Tio implicas ke adoptiĝas 2 el la 3 strategioj, sed unu strategio tute mankas. Ĉe la interna ekvilibro, neniu limo ĉerandas. Tio signifas ke por ĉiu ebla strategio ekzistas homoj kiuj adoptas ĝin. Nun ni vidos kiel la kostoj de lingvolernado povas efiki ĉu ekstera, miksa, aŭ interna ekvilibro eblas.

7.3. Kostoj kaj decidoj ĉe eksteraj ekvilibroj

Ĉe niaj simpligitaj kondiĉoj, ekstera ekvilibro estas tia, ke ĉiu homo preferas saman strategion. Ĉar ekzistas 3 eblaj strategioj, principe ekzistas 3 eblaj eksteraj ekvilibroj. Sed kiam ili fakte eblas?

Ĉe ekstera ekvilibro 1, ĉiu elektas strategion 1. Ĉiu lernas la alian grupan lingvon. Kiam tia konduto estus ekvilibra? Neniam! Ĉar neniu uzus sian plej bonan respondon al sia situacio, se ĉiu lernus la alian gruplingvon. Iu ajn unuopa ludanto povus ŝanĝi sian strategion kaj lerni nenion; lia komunika gajno restus 1 ĉar la tuta alia grupo scius lian lingvon, sed lia lernkosto falus al 0. Do lia pago pliiĝus. Per tio ni pruvis ke ekstera ekvilibro 1 ĉiam maleblas.

Ĉe ekstera ekvilibro 2, ĉiu lernas Esperanton (strategio 2). Kiam tia konduto ekvilibrus? Necesus nur ke neniu povu pliigi sian pagon per strategi-ŝanĝo. Ekvivalente, necesas ke i ne povu pliigi sian pagon per lerni la alian gruplingvon, kaj ke i + 0,5 ne povu pliigi sian pagon per lerni nenion. Sed ĉu i povus plipagiĝi per strategio 1? Ne, ĉar tio lasus lin kun la sama (1) komunika gajno sed pli granda lernkosto. Do la sola kondiĉo por ekstera ekvilibro 2 estas ke la dekstra randulo ne povu gajni per strategio 3. Matematike, ni povas esprimi tion per malegalaĵo kiu diras ke lia nuna pago almenaŭ tiomas kiom ĝi estus, se li lernus nenion:

$$0,5 + 0,5 - c_{i+0,5}g_2 \geq 0,5 + 0 - c_{i+0,5}g_3.$$

Sur ambaŭ flankoj estas po tri termoj. La unua donas la komunikan gajnon pro la eblo komuniki kun sia propra grupo (ĉiam 0,5). La dua donas la komunikan gajnon pro la eblo komuniki kun anoj de la alia grupo. La tria termo donas la lernkoston de la koncerna strategio. Memorante ke $g_3 = 0$, ni povas simpligi tiun malegalaĵon al

$$g_2 \leq \frac{0,5}{c_{i+0,5}}.$$

Do, kondiĉe ke la ĝenerala kosto de Esperanto-lernado sufiĉe malgrandu, la universaleco de Esperanto, sen alia kroma lingvoscio, povas esti ekvilibra.

Ĉe ekstera ekvilibro 3, tute ne ekzistas lingvolernado. Sekve, ĉiu povas komuniki nur kun la anoj de sia propra denaska grupo. Kio igus tian konduton ekvilibra? Evidente, necesus ke neniu povu profiti per lerni aŭ Esperanton aŭ la alian grupan lingvon. Estas facile vidi ke Esperanto-lernado malpliigus onian pagon, ĉar oni estus ĝia sola scianto. Do necesas nur scii ke strategio 1 pliigus nenies pagon. Ĉar i havas la malplejgrandan personan kostparametron, la kondiĉo simpliĝas al tio ke <u>li</u> ne povu pliigi sian pagon per strategio 1. La egalaĵo kiu diras tion estas

$$0,5 + 0 - 0 \geq 0,5 + 0,5 - c_i g_1,$$

kiu simpligeblas al

$$g_1 \geq \frac{0,5}{c_i}.$$

Tio signifas ke universala unulingveco povas ekvilibri, kondiĉe ke la ĝenerala kosto por lerni la lingvon de la alia grupo sufiĉe grandu.

7.4. Kostoj kaj decidoj ĉe miksaj ekvilibroj

Se la ludo estas ĉe miksa ekvilibro, unu strategio mankas. Aŭ neniu rifuzas lerni alian lingvon (miksa ekvilibro 1) aŭ neniu konsentas lerni la alian gruplingvon (miksa ekvilibro 2). Ambaŭkaze, iuj (sed ne ĉiuj) lernas Esperanton. Kiaj devas esti la lernkostoj por ke tiaj situacioj estu ekvilibraj?

Miksa ekvilibro 1, ĉe kiu iuj lernas Esperanton kaj la ceteraj lernas la alian gruplingvon, aspektas malstranga, sed duapense ni konstatas ke ĝi absolute maleblas! Imagu ke vi estus en tia ekvilibro kaj via strategio estus 1. Ĉu tio estus via plej bona respondo? Ne, ĉar, se vi lernus Esperanton anstataŭe, vi ŝparus lernkoston kaj tute ne perdus komunikan gajnon. Ambaŭkaze vi povus komuniki kun la tuta homaro. Do la situacio nomita "miksa ekvilibro 1" fakte ne ekvilibras. Per tio ni venas al interesa konkludo pri simetriaj ekvilibroj: Se ĉiuj homoj lernas lingvojn, ili devas ĉiuj lerni la saman lingvon, kaj tiu lingvo devas esti Esperanto. Ili ne povas ĉiuj lerni la alian grupan lingvon; tio estus "ekstera ekvilibro 1", kies maleblecon ni jam pruvis.

Ĉe miksa ekvilibro 2, iuj lernas Esperanton kaj la ceteraj lernas nenion. Kiaj kostoj ekvilibrigus tion? Unue, necesas ke homo i ne povu profiti lernante la alian grupan lingvon anstataŭ Esperanton:

$$0{,}5 + v_b - c_i g_2 \geq 0{,}5 + 0{,}5 - c_i g_1 .$$

Tion ni povas reformuli al

$$g_1 - g_2 \geq \frac{0{,}5 - v_b}{c_i} .$$

Tiu kondiĉo postulas ke la diferenco inter la ĝeneralaj lernkostoj de la du lingvoj ($g_1 - g_2$) estu almenaŭ tiom granda kiom la proporcio de la nelernantoj ($0{,}5 - v_b$) al la kostparametro de homo i. Tiu diferenco estas, alivorte, la kosta avantaĝo de Esperanto. Por la estonteco ni povas difini novan simbolon por ĝi: $g_+ \equiv g_1 - g_2$.

Due, almenaŭ tiu sama homo devas preferi strategion 2 al strategio 3, ĉar alie v_a kaj v_b ambaŭ estus ĉe la maldesktra rando. Tiu prefero esprimeblas jene:

$$0,5 + v_b - c_i g_2 \geq 0,5 + 0 - 0.$$

Mallongigite, la kondiĉo estas:

$$g_2 \leq \frac{v_b}{c_i}.$$

La ĝenerala kosto por lerni Esperanton devas ne plii ol la proporcio de la Esperanto-lernantoj al la kostparametro de i.

Fine, almenaŭ i + 0,5 devas preferi lerni nenion al lerni Esperanton. Tiu kondiĉo formuliĝas

$$0,5 + 0 - 0 \geq 0,5 + v_b - c_{i+0,5} g_2$$

aŭ

$$g_2 \geq \frac{v_b}{c_{i+0,5}}.$$

Do la ĝenerala lernkosto de Esperanto devas ne esti tro granda, ne nur ne tro malgranda.

Resume, situacio ĉe kiu iuj lernas Esperanton, iuj lernas nenion, kaj neniuj lernas la alian grupan lingvon povas esti simetria ekvilibro se la ĝenerala lernkosto de Esperanto estas inter iuj supra kaj malsupra limoj kaj se Esperanto havas sufiĉe grandan kostan avantaĝon super la gruplingva lernado.

7.5. Kostoj kaj decidoj ĉe internaj ekvilibroj

Se ekvilibro internas, ĉiu grupo havas gruplingvajn lernantojn kaj nelernantojn. Inter ili estas ankaŭ Esperanto-lernantoj se $v_a < v_b$, sed se $v_a = v_b$ neniu lernas Esperanton. Unue ni rigardu la kondiĉojn por ke ekzistu ia ajn interna ekvilibro. Estas nur du tiaj kondiĉoj: i devas preferi strategion 1 al strategio 2, kaj i + 0,5 devas preferi strategion 3 al strategio 2. La unua kondiĉo postulas ke

$$g_+ \leq \frac{0,5 - v_b}{c_i},$$

ĉar ĝi estas ĝuste la malo de la unua kondiĉo de miksa ekvilibro 2, ĉi-supere. Kaj la dua kondiĉo samas kun la tria kondiĉo de miksa ekvilibro 2, t.e.

$$g_2 \geq \frac{v_b}{c_{i+0,5}}.$$

Do, por ke ekzistu interna ekvilibro, necesas ke Esperanto ne estu lernkoste tro avantaĝa kaj ke ĝi mem ne havu tro etan ĝeneralan lernkoston.

Krom tiuj ĝeneralaj kondiĉoj por internaj ekvilibroj, ni deziras scii ĉe kiaj lernkostoj la speciala kazo $v_a = v_b$ estus ekvilibra. Ĉu la kostoj povus tiai ke la tuta morteco de Esperanto, kun iom da gruplingva lernado, estus ekvilibra stato? Se la ludo iam estus en tia stato, ni povas facile kompreni ke strategio 2 (Esperanto-lernado) estus nenies plej bona respondo. Neniu jam scius Esperanton, do lerni nenion estus por ĉiuj pli bona respondo ol lerni Esperanton. Tial ni povas diri ke la speciala interna ekvilibro ekzistus se iuj sed ne ĉiuj preferus strategion 1 al strategio 3. Se almenaŭ i preferus strategion 1 kaj almenaŭ i + 0,5 preferus strategion 3, ekvilibro kun $v_a = v_b$ ekzistus. Tiuj kondiĉoj havas la formojn

$$\left.\begin{array}{l} 0,5 + 0,5 - c_i g_1 \geq 0,5 + v_{ab} - 0 \\ 0,5 + 0,5 - c_{i+0,5} g_1 \leq 0,5 + v_{ab} - 0 \end{array}\right| \begin{array}{l} \text{por iu } v_{ab}, \\ i < v_{ab} < i + 0,5 \end{array}$$

Reformulo kondukas al la jenaj limoj por la ĝenerala lernkosto de la alia grupa lingvo:

$$\frac{.5 - v_{ab}}{c_{i+0,5}} \leq g_1 \leq \frac{.5 - v_{ab}}{c_i}.$$

Do, kondiĉe ke la ĝenerala lernkosto de la grupa lingvo nek tro grandu nek tro malgrandu, interna ekvilibro povas tute seni Esperanton.

7.6. Kiom da homoj lernas Esperanton?

La montritaj kondiĉoj por la ekzisto de diversspecaj ekvilibroj lasas nerespondita la demandon: precize kiom da homoj lernas Esperanton ĉe ekvilibroj simetriaj? Ĉe ekstera ekvilibro 2 la respondo, evidente, estas "ĉiom". Ĉe ekstera ekvilibro 3 ĝi estas "neniom". Sed kio ĝi estas ĉe miksa ekvilibro 2 kaj ĉe internaj ekvilibroj kun $v_a < v_b$?

Kiam la ludo estas ĉe ekvilibra stato, homo kiu situas ĉe la limo inter du strategioj povus ricevi precize saman pagon per ambaŭ. Liaj najbaroj sur unu flanko preferas unu strategion kaj tiuj sur la alia flanko preferas la alian; sed por li mem, la pagoj egalas. La strategio kies komunika gajno pli grandas havas--por li kaj nur li--ankaŭ precize tiom pli grandan lernkoston, lasante lin senprefera. Ĉe miksa ekvilibro 2 ekzistas po unu tia homo en ĉiu grupo, ĉe $i + v_b$. Ĉe interna ekvilibro kun $v_a < v_b$, ekzistas po 2 tiaj homoj en ĉiu grupo.

Se ni trovas tiujn limajn homojn, ni per tio trovas kiom da homoj adoptas ĉiun strategion kaj do, interalie, kiom da homoj lernas Esperanton. Por fari tion, ni devas matematike esprimi la indiferenton de ĉiu tia homo inter ties ambaŭflankaj strategiaj alternativoj. Ĉiu tia indiferento (senprefero) havas la formon de egalaĵo, kiu diras ke la pagoj de la du strategioj por la koncerna homo egalus.

7.6.1. Kazo 1: miksa ekvilibro kun nur Esperanto

Kiam la ludo estas ĉe miksa ekvilibro 2, la homo ĉe $i + v_b$ estas senprefera inter Esperanto kaj nenio. Tiu indiferento esprimeblas per

$$0{,}5 + v_b - c_{i+v_b} g_2 = 0{,}5 + 0 - 0,$$

kiu simpligeblas al

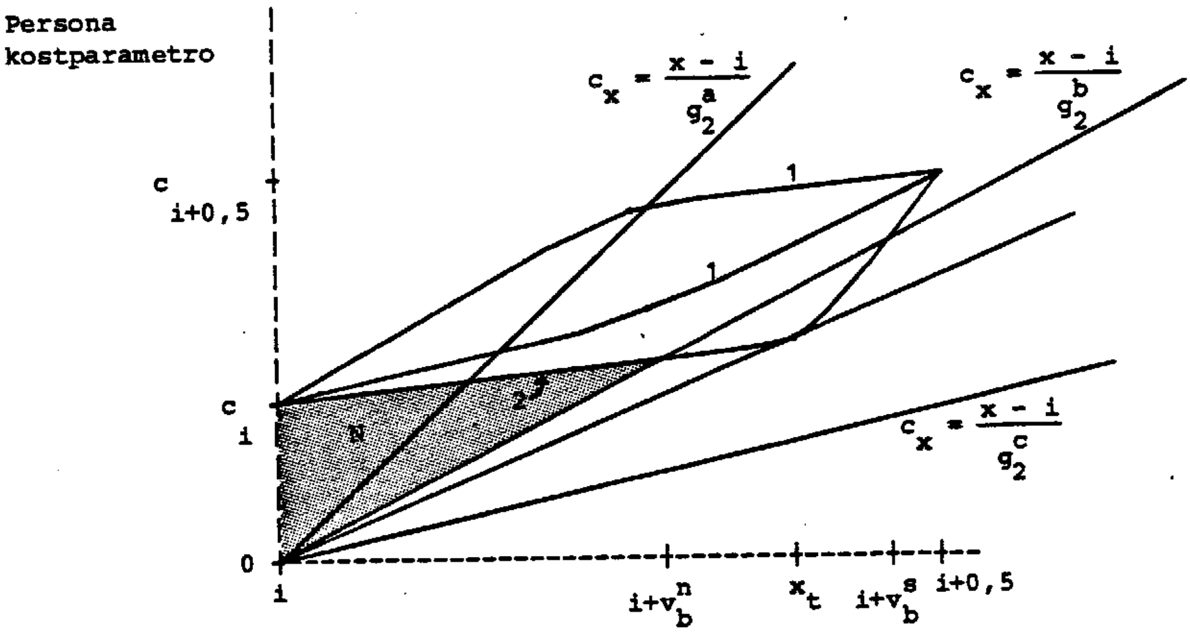
$$\frac{v_b}{c_{i+v_b}} = g_2.$$

Se ni difinas p_x kiel la personan kostparametron c_x dividitan per $x - i$, eblas fiksi v_b jene:

$$p_{i+v_b} = \frac{1}{g_2}.$$

Tio diras ion ne tute laŭintuician. Ju pli grandas la kosto por lerni Esperanton, des pli malgrandas la kostparametro de la lasta Esperanto-lernanto, kiel proporcio de ties intervala loko. Se, ekzemple, la ĝenerala lernkosto por Esperanto estus 2, la lasta lernanto estus iu kies foro de i en lia grupa intervalo estus la duoblo de lia persona lernkostparametro.

Ni povas pli klare vidi la implicojn de tiu rilato se ni konsideras kiel la kostparametro povas varii laŭ la intervalo. La proporcia kostparametro p_x devas malkreski ekde $x = i$, ĉar, ĉe i, $x - i = 0$ kaj iu ajn pozitiva c_x estas nefinie granda oblo de $x - i$. Post tiu eka malkreskado, du eblaj pluoj estas (1) ĝisfina malkreskado kaj (2) iea ekkreskado. Grafiko 6 montras tiujn du eblajn formojn. Ĉe formo 1 (ni



Grafiko 6. Du formoj de kostparametra distribuo

donas 2 ekzemplojn), la malkreskado de p_x daŭras; ĉe formo 2, p_x malkreskas ĝis iu x_t kaj ekde tie kreskas. (La kostparametro c_x mem ĉiam kreskas, sed proporcie al x - i ĝi povas fali.)

Imagu nun ke la ludo estas ĉe miksa ekvilibro 2 kaj ke i + v_b estas ie kie p_x malkreskas. Kia estus tiu ekvilibro? Se oni sukcesus plietigi la lernkoston de Esperanto, kelkaj pluaj homoj nature decidus lerni Esperanton, ĉu ne? Sed, laŭ la formulo $p_{i+v_b} = \frac{1}{g_2}$, plietiĝo de g_2 devas pligrandigi p_{i+v_b}, kaj ĉe malkreskanta p_x tio postulas ke v_b iĝu malpli granda. Alivorte, eĉ etega ŝanĝiĝo de la ĝenerala lernkosto de Esperanto kaŭzus forfuĝon de la ekvilibro. La ekvilibro nestabilas.

Imagu, aliflanke, ke la kostparametra variablo aspektas kiel formo 2 kaj ke i + v_b situas ie dekstre de x_t. Nun, simile, la sciencistoj sukcesas revoluciigi la instrumetodojn kaj faligi la koston por lerni Esperanton. Kio okazas? Pli da homoj lernas ĝin, kompreneble. Kaj kio okazas al p_{i+v_b} pro tio? Ĝi pliiĝas, ĝuste kiel ĝi devas laŭ nia formulo. La naturaj reagoj de unuopuloj laŭas la postulojn por la plua ekzistado de la ekvilibro. Tiu ekvilibro stabilas.

Kiam la proporcia kostparametro p_x havas formon 2, la ĝenerala lernkosto de Esperanto povas tiomi (ekzemple g_2^a) ke ekzistas nur unu miksa ekvilibro 2, ekzemple kie linio a trafas kurbon 2, kaj se jes tiu ekvilibro nestabilas. Se g_2 pli grandas (ekzemple g_2^b), povas ekzisti 2 miksaj ekvilibroj 2, ekzemple kie linio b trafas kurbon 2, kaj tiukaze unu stabilas kaj la alia nestabilas. Kaj, se la lernkosto ankoraŭ pli grandas (ekzemple g_2^c), ĝi povas tute malebligi miksan ekvilibron 2, postulante tro malgrandan proporcian kostparametron. La rektaj linioj prezentas diversajn valorojn de p_x. Ĉe ekvilibro la kostparametro de v_b devas suri unu tian linion, laŭ la valoro de g_2 (vidu ĉi-supere).

Resume, miksa ekvilibro 2, ĉe kiu iuj lernas Esperanton kaj la ceteraj lernas nenion, povas ekzisti se la lernkosto de Esperanto estas interne de iuj limoj kaj se ĝia kosta avantaĝo sufiĉe grandas. Sed tiu ekvilibro stabilas nur se p_x kreskas dekstren tie kie ĝi egalas $\frac{1}{g_2}$.

La kondiĉoj por tiaj ekvilibroj ŝajnas iom realecaj, ĉar la lernkosta avantaĝo de Esperanto ja grandas (Pool, 1980) kaj kelkaj homoj ja ŝajnas havi tre altajn lernkostparametrojn. Do kiel agu ĉe tiu kazo la Esperanto-apogantoj? Supozu ke linio b spegulas la lernkoston de Esperanto. La natura celo de la varbantaro estas atingi la stabilan ekvilibron kun v_b^s esperantistoj. Sed, feliĉe, ne necesas varbi tiom da homoj; necesas nur varbi iom pli ol v_b^n, ĉar ekde tie la nombro de jamaj sciantoj kaj la malalta lernkosto aŭtomate varbos pli da homoj, ĝis atingiĝos la stabila ekvilibro. Aliflanke, ne estus facile varbi homojn sufiĉajn por atingi tiun sojlon de memleviĝo, ĉar la varbantoj devus proponi ion alian krom komunikan gajnon por instigi homojn lerni la lingvon. La ombrigita areo N indikas la necesan kroman instigon al la antaŭsojlaj homoj, se oni varbus ilin laŭvice. Se la Esperanto-organizaro povus aranĝi interkonsentojn inter la pli fruaj kaj la pli malfruaj varbatoj, tiel ke la jamvarbitoj proponu al la ankoraŭvarbotoj parton de sia ekstra pago pro la kresko de komunika gajno kiun la pluaj varboj donus al ili, la necesa subvencio malpliiĝus.

7.6.2. Kazo 2: interna ekvilibro kun grupaj lingvoj kaj Esperanto

Kvankam kazo 1 similis iom la realan mondon, neniu supozas ke Esperanto tute anstataŭos gruplingvan lernadon, eĉ se Esperanto havas grandegan lernkostan avantaĝon. Ĉiam ekzistos homoj kiuj decidas lerni gentajn lingvojn, ĉar por almenaŭ iuj homoj la kapablo komuniki kun ĉiu denaska scianto de tia lingvo estos pli valora ol la ekstra kosto de gentlingva lernado. Termine de nia modelo, ĉiam ekzistos iuj kun sufiĉe malgranda persona kostparametro por elektigi al ili strategion 1. Do ni volas nun progresi al pli realeca, sed ankaŭ pli komplika, ekvilibra speco: la interna.

Kiam ludo estas ĉe interna ekvilibro kun $v_a < v_b$, po du lokoj en ĉiu intervalo estas lokoj de senprefero: $i + v_a$ kaj $i + v_b$. Unue, ni konstruu egalaĵon por v_a. Homo ĉe $i + v_a$ havas nenian preferon inter strategioj 1 kaj 2. Lerni la alian gruplingvon aŭ Esperanton donus egalan pagon. Jen tiu egaleco:

$$0,5 + 0,5 - c_{i+v_a} g_1 = 0,5 + v_b - c_{i+v_a} g_2 .$$

Simile, homo ĉe $i + v_b$ indiferentas inter strategioj 2 kaj 3: lia pago samus, ĉu li lernus Esperanton aŭ nenion:

$$0,5 + v_b - c_{i+v_b} g_2 = 0,5 + v_a - c_{i+v_b} g_3$$

Tiuj du egalaĵoj simpliĝas al

$$(6)\quad \frac{0,5 - v_b}{c_{i+v_a}} = g_+$$

$$(7)\quad \frac{v_b - v_a}{c_{i+v_b}} = g_2$$

Nun ni rigardu tiujn egalaĵojn por pli bone kompreni kion ili diras pri simetriaj internaj ekvilibroj en ludoj kun du samgrandaj kaj samkostparametraj grupoj. Egalaĵo (6) diras ke, ju plias la kosta avantaĝo de Esperanto (g_+), des plias la proporcio de la <u>ne</u>lernantoj ($0,5 - v_b$) al la persona kostparametro de la <u>unua</u> lernanto de Esperanto (c_{i+v_a}). Tio signifas ke, se en situacio A Esperanto havas pli grandan kostan avantaĝon ol en situacio B kaj ili havas saman distribuon de <u>personaj</u> kostparametroj, almenaŭ unu el la jenaj diferencoj devas ekzisti:

Situacio A havas malpli da lingvolernantoj ol situacio B.

Situacio A havas malpli da gruplingvaj lernantoj ol situacio B.

(Tiu dua konkludo sekvas de la fakto ke c_x kreskas nur kiam x kreskas.)

Egalaĵo (7) diras ke, ju plias la ĝenerala lernkosto de Esperanto (g_2), des plias la Esperanto-lernantoj ($v_b - v_a$) proporcie al la persona kostparametro de la <u>lasta</u> lingvolernanto (c_{i+v_b}). Tio signifas ke, se en situacio A Esperanto lerneblas pli ĉipe ol en situacio B, almenaŭ unu el la jenaj diferencoj devas ekzisti:

Situacio A havas malpli da Esperanto-lernantoj ol situacio B.

Situacio A havas pli da lingvolernantoj ol situacio B.

Egalaĵo (7) ŝajnas diri ion surprizan: ju pli Esperanto kostas, des pli da homoj lernas ĝin. Pro egalaĵo (7), ni povas imagi ke, se la lernkosto de Esperanto subite iomete altiĝus, nova simetria ekvilibro postulus ke kelkaj nelernintoj nun lernu Esperanton--kaj tio evidente ne atendeblus. Tia malkonsento inter la postuloj de ekvilibreco kaj la racia unuopula konduto estas signo de la nestabilo de la ekvilibroj. Do, same kiel ni faris pri miksaj ekvilibroj, nun ankaŭ pri internaj ekvilibroj ni devas esplori la kondiĉojn de stabilo kaj nestabilo.

7.6.2.1. Rektliniaj personaj kostparametroj

Unue ni demandu: Ĉu ekzistas stabila interna ekvilibro kiam la person-kostparametra variado en ĉiu intervalo havas rektlinian formon? Se vi rerigardos Grafikon 4, vi vidos ke unu tiea grupo havas rektlinian kostparametran distribuon.

Se la kostparametroj tiel varias, ni povas kalkuli por iu ajn homo x lian kostparametron per la formulo

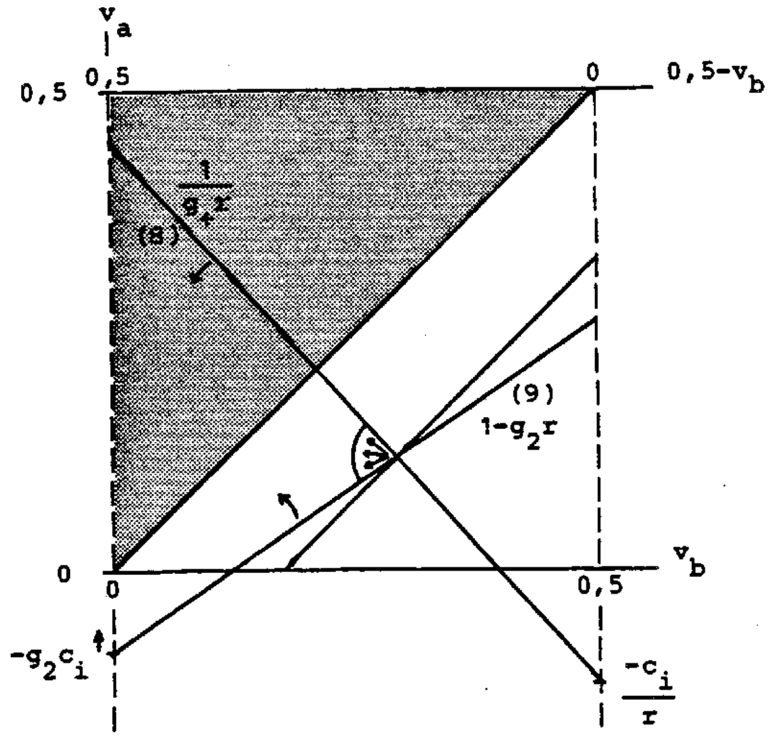
$$c_x = c_i + r(x - i),$$

kie r estas la deklivo de la linio. Tiu formulo, enmetite en la ĉi-superajn egalaĵojn (6) kaj (7), kondukas al la jenaj egalaĵoj por interna ekvilibro kun rektliniaj kostparametroj:

$$\text{(8)} \qquad v_a = \frac{0{,}5 - v_b}{g_+ r} - \frac{c_i}{r}$$

$$\text{(9)} \qquad v_a = (1 - g_2 r) v_b - g_2 c_i$$

Nun ni rigardu tiujn egalaĵojn per grafika helpo. Nin interesas nur internaj ekvilibroj ĉe kiuj $v_a < v_b$, do ekvilibroj en la hela parto de Grafiko 7 interne de la skatolo. Kvankam la du linioj (8) kaj (9)



Grafiko 7. Interna ekvilibro kun rektliniaj kostparametroj

estas nur ekzemploj de egalaĵoj (8) kaj (9), ĉiuj tiaj linioj tamen devas laŭi egalaĵojn (8) kaj (9) kaj tial:

Linio (8) devas fali dekstren.

Linio (9) devas kreski dekstren.

Linio (8) devas negativi ĉe la dekstra rando.

Linio (9) devas negativi ĉe la maldekstra rando.

Linio (9) devas havi deklivon malpli grandan ol 1.

Ekvilibro ekzistas kie la du linioj trafiĝas, t.e. kie ambaŭ egalaĵoj veras. Vi povas vidi ke la donitaj postuloj pri linio (9) devigas ian ajn internan ekvilibron esti en la hela parto de la skatolo.

Sed ĉu tia ekvilibro stabilas? Sen formala pruvo, ni povas montri grafike ke la respondo estas: nepre ne. Supozu ke la ĝenerala lernkosto de Esperanto subite sed iomete falus, sen ŝanĝo de la kosto por lerni la grupan lingvon. Kio devus okazi? Almenaŭ pri unu afero ni certas: la nombro de Esperanto-lernantoj devus iomete kreski, ĉar el la lastaj gruplingvaj lernantoj kaj la unuaj nelernantoj iom tuj decidus lerni Esperanton, kaj tio povus nur doni plian instigon al aligrupaj similuloj samfari. Tamen, per Grafiko 7 ni povas montri ke, se la kostparametroj havas rektlinian distribuon, simetria interna ekvilibreco postulus ke la nombro de Esperanto-lernantoj <u>falu</u> anstataŭ kreski.

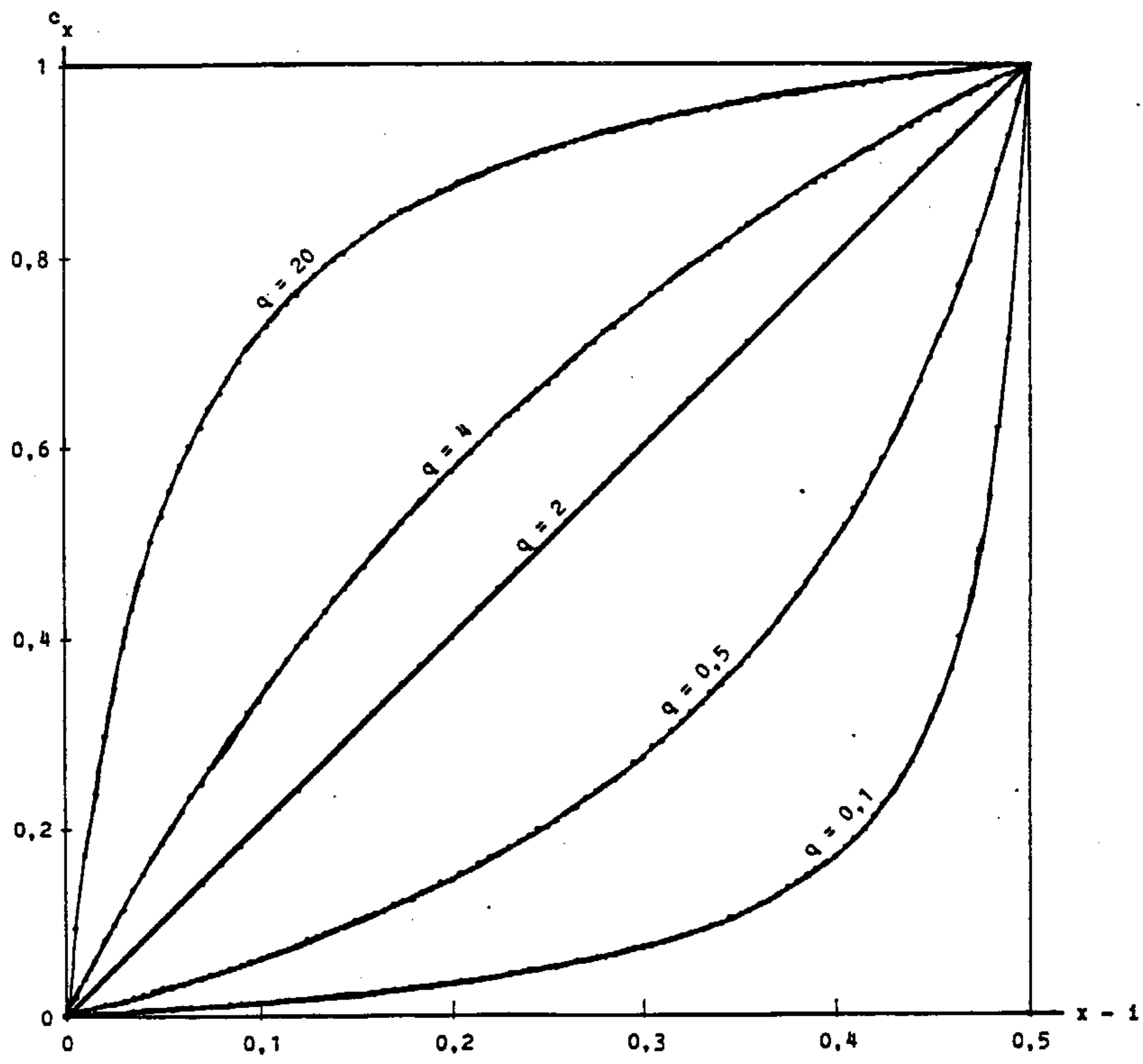
Sekve de malpliiĝo de g_2, linio (8) malpliigus sian deklivon. Linio (9) pliigus sian deklivon kaj ankaŭ sian maldekstrarandan bazon. La du linioj sekvus la sagojn en la grafiko. Rezulte, la punkto de intertrafiĝo moviĝus maldekstren, laŭ iu el la direktaro indikita per la fasko de sagoj. Sed ĉiuj tiuj direktoj malpliigas la nombron de Esperanto-lernantoj. Ili pliproksimigas la punkton al la diagonala bordo de la hela parto kaj do malpliigas $v_b - v_a$. Per tio ni vidas ke ĉiuj simetriaj internaj ekvilibroj kun Esperanto kaj la grupaj lingvoj nestabilas kiam la personaj kostparametroj distribuiĝas rektlinie.

<u>7.6.2.2. Hiperbolaj personaj kostparametroj</u>

Se ekzistas stabilaj simetriaj internaj ekvilibroj, la personaj kostparametroj devas do havi <u>ne</u>rektan distribuon. Ni nun rigardu klason de nerektaj distribuoj. Ni elektas distribuojn kun la jena formo:

$$c_x = \frac{q}{\frac{1}{x - i} + q - 2}$$

Variigante q, ni povas doni al c_x la formon de ĉiam pli kreskanta linio, ĉiam malpli kreskanta linio, aŭ rekte kreskanta linio. Sed ĝi ĉiam kreskas de 0, kiam x = i, ĝis 1, ĉe x = i + 0,5. Se q = 2, la formulo por c_x iĝas $c_x = 2(x - i)$ kaj la persona kostparametro varias rektlinie. Se 0 < q < 2, ĝi ekkreskas malrapide kaj kreskas ĉiam pli rapide ĝis la dekstra rando. Kaj, se q > 2, la malo okazas: la eka kresko rapidas sed daŭre malrapidiĝas. Ekzemplojn de c_x kun diversaj q-oj ni vidas en Grafiko 8.



Grafiko 8. Diversaj hiperbolaj kostparametraj distribuoj

Tiu formulo por c_x kreas kurbformojn kiuj nomiĝas hiperbolaj. Strikte, ili malobeas la postulon ke c_x estu pozitiva. Sed nur po unu homo en ĉiu grupo havas nulan kostparametron, kaj tio tute ne efikas la rezultojn ĉar li estas nefinie malgranda ono de sia grupo.

Se ni enmetas en egalaĵojn (6) kaj (7) la ĉi-superan formulon por c_x, simile al tio kion ni faris pri rektliniaj kostparametroj, ni akiras la jenajn egalaĵojn:

$$(10) \qquad v_a = \frac{0,5 - v_b}{(q - 2)v_b + q(g_+ - 0,5) + 1}$$

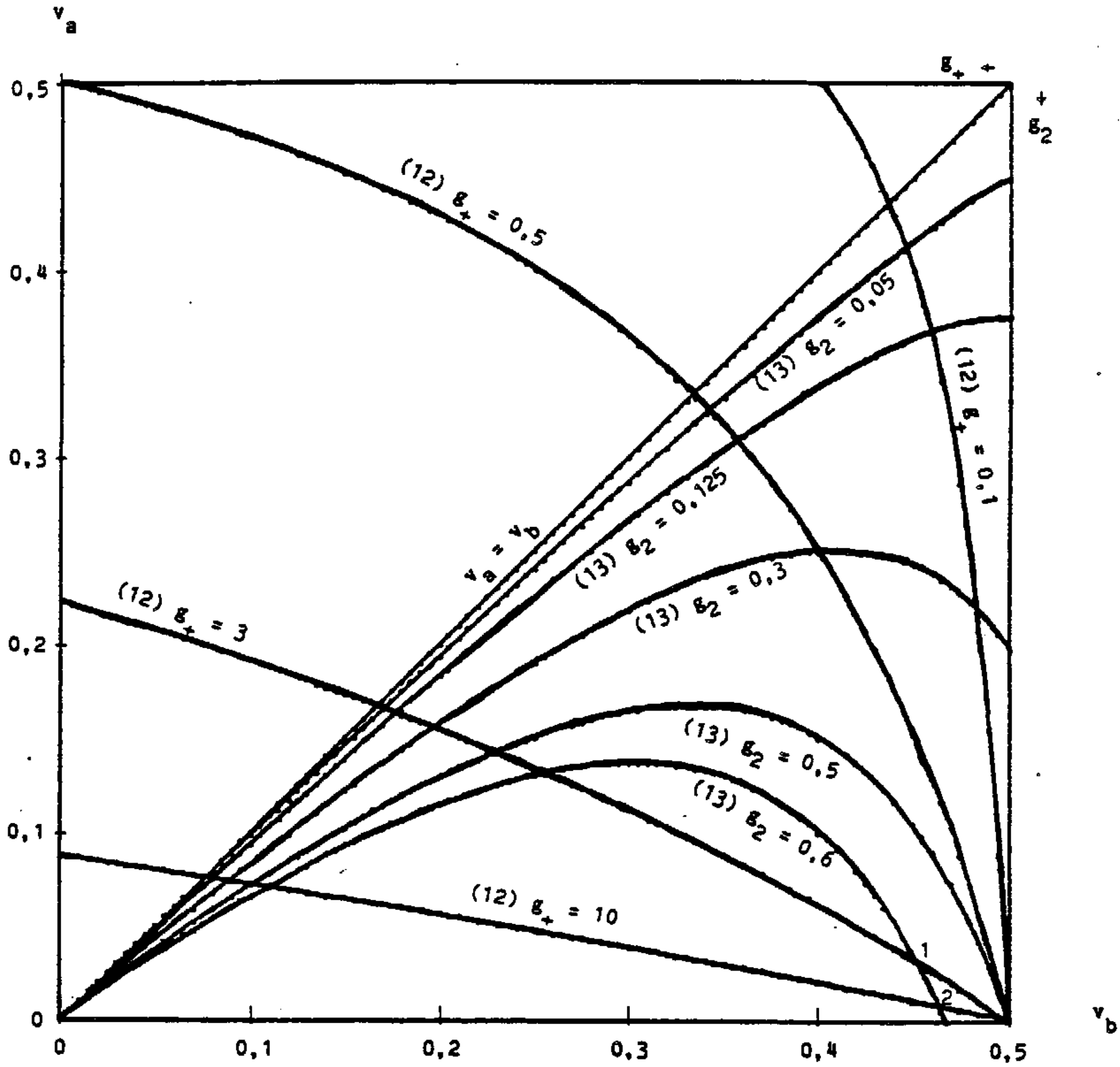
$$(11) \qquad v_a = v_b - \frac{g_2 q}{\frac{1}{v_b} + q - 2}$$

La egalaĵoj plisimpliĝas kiam ni elektas iun valoron por q. Ni unue elektas valoron sub 2, tiel ke la kostparametroj ĉiam pli kreskas dekstren. Ni elektas q = 0,5 kiel nian ekzemplon. Tiu kostparametra kurbo jam aperis en Grafiko 8. Tiu q simpligas egalaĵojn (10) kaj (11) al:

$$(12) \qquad v_a = \frac{1 - 2v_b}{g_+ + 1,5 - 3v_b}$$

$$(13) \qquad v_a = v_b - \frac{g_2}{\frac{2}{v_b} - 3}$$

Se ni grafikas egalaĵojn (12) kaj (13) por kelkaj valoroj de g_+ kaj g_2, ni akiras la rezulton en Grafiko 9. La linioj de egalaĵo (12)



Grafiko 9. Internaj ekvilibroj ĉe konveksa kostparametra distribuo

falas dekstren ĝis la malsupra dekstra angulo. La linioj de egalaĵo (13) ekas de la malsupra maldekstra angulo. Krome, la supra dekstra angulo estas mezurpunkto: se oni iras de tie je g_+ maldekstren, oni atingas linion (12); kaj se oni iras g_2 malsupren, oni atingas linion (13). Do, se oni ŝanĝas unu aŭ ambaŭ el la ĝeneralaj lernkostoj, oni povas tuj vidi la direkton de moviĝo de la linioj kaj, ofte, la ekvilibroj, ĉar la punktoj de intertrafiĝo de la du linioj estas la (eventualaj) ekvilibroj. Por vidi ĉu iu kombino de g_+ kaj g_2 havas simetria(j)n ekvilibro(j)n, ni povas konstati ĉu iliaj kurboj kruciĝas kaj, se jes, kiomfoje.

Iuj kombinoj de ĝeneralaj lernkostoj havas neniom da internaj ekvilibroj. Ekzemple, se Esperanto kostas 0,6 kaj la gruplingvo kostas 0,5 pli ol tio, la du linioj ne trafiĝas interne de la skatolo. Aliaj kostoj produktas unu internan ekvilibron, ekzemple kiam Esperanto kostas 0,3 kaj la gruplingvo 3 pli ol tio. Kaj iuj kostkombinoj permesas du ekvilibrojn; tio okazas, ekzemple, kiam Esperanto kostas 0,6 kaj la gruplingvo kostas 10 pli.

Nin plej interesas ekvilibroj stabilaj. Ĉu iuj el la ekvilibroj en Grafiko 9 stabilas? En 7.6.2.1, ni argumentis ke, se la lernkosto de Esperanto malpliiĝas kaj ĉiuj aliaj kondiĉoj restas senŝanĝaj, la Esperanto-lernantoj $(v_b - v_a)$ devas pliiĝi; do, se tia ŝanĝo postulas novan ekvilibron kun malpli da Esperanto-lernantoj, la tiea ekvilibro nestabilas. Kiuj ekvilibroj en Grafiko 8 respondus al tia ŝanĝo per pliiĝo, kiuj per malpliiĝo, de la Esperanto-lernantaro?

Se Esperanto pliĉipiĝus, g_2 falus kaj g_+ kreskus. Do, uzante la supran dekstran angulon kiel mezurpunkton, ni vidas ke linio (13) plialtiĝus kaj linio (12) plimaldekstriĝus. Por preskaŭ ĉiuj montritaj ekvilibroj, la rezulto estus pliproksimiĝo al la diagonala linio kaj tial falo de la nombro de Esperanto-lernantoj. Nur ĉe ekvilibroj 1 kaj 2 la Esperanto-lernantoj plimultiĝas; do nur tiuj du ekvilibroj povas stabili. Ankaŭ aliaj tiaj provoj indikas la stabilon de ekvilibroj 1 kaj 2. Ekzemple, se la kosto de ambaŭ lingvoj falus egale, ni nepre anticipus kreskon de la tuta lingvo-lernantaro (v_b). Sur la grafiko, linio (12) restus senŝanĝa sed linio (13) plialtiĝus. Nur ĉe ekvilibroj 1 kaj 2 tio kaŭzas kreskon de v_b; ĉe la aliaj ĝi falas. Vi povas mem ekzameni la sekvojn de diversaj kostŝanĝoj por plu kompari la ekvilibrojn. Ekvilibroj 1 kaj 2 ne ĉiam malsimilas al ĉiuj aliaj, sed ĉiam kondutas tiel ke ni povas konkludi ke ili stabilas.

Kio, do, estas la kondiĉoj de stabileco kiam $q < 2$? Klare, la lernkosto de Esperanto devas superi 0,5. Se vi ekzamenos egalaĵon (11) vi vidos ke tiu kondiĉo restus senŝanĝa se ni aliigus q al iu ajn alia kvanto inter 0 kaj 2. Due, la kosta avantaĝo de Esperanto devas esti sufiĉe granda; alie, internaj simetriaj ekvilibroj tute ne ekzistos. Trie, ju pli grandas la kosto de Esperanto, des pli devas grandi ankaŭ ĝia kosta avantaĝo, por ke interna ekvilibro ekzistu. Kvare, por ke ekzistu stabila interna simetria ekvilibro, devas ankaŭ ekzisti ne͟stabila interna simetria ekvilibro. Tiujn kondiĉojn oni povas vidi ĉe Grafiko 9.

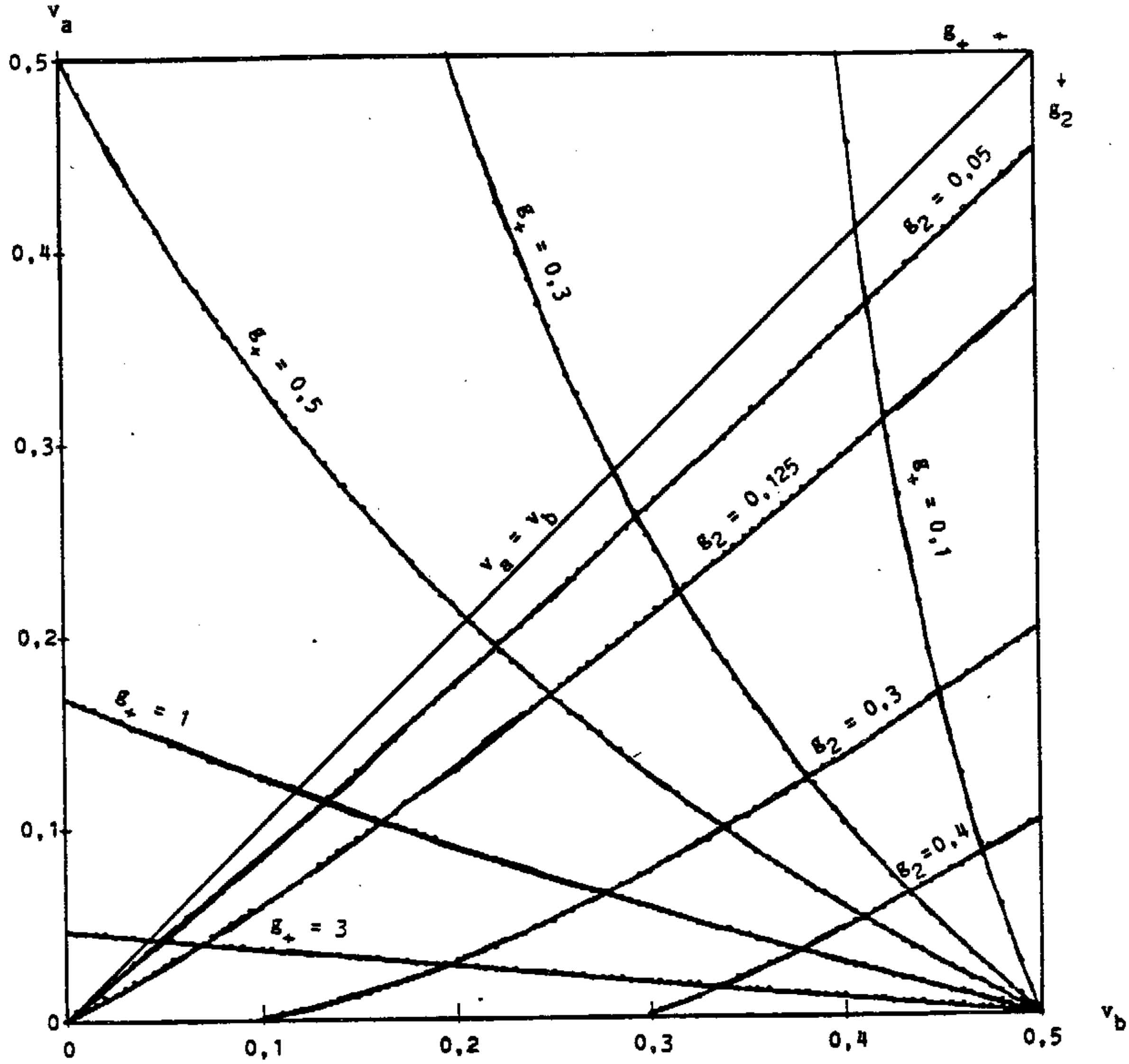
Malgraŭ sia stabilo, ekvilibroj 1 kaj 2 havas du iom surprizajn ecojn. Unue, kio okazas al la tuta nombro de lingvolernantoj kiam la lernkosto de la gruplingvo falas sed la kosto de Esperanto restas? Ni anticipus kreskon de v_b, la tuta lernantaro. Tamen, ĉe ekvilibroj 1 kaj 2 ĝi falus. Due, kio okazus al la nombro de gruplingvaj lernantoj se ambaŭ lernkostoj egale falus? Ni anticipus ke ambaŭ lernantaroj kreskus, do ankaŭ tiu de la gruplingvo. Tamen, ĉe ekvilibroj 1 kaj 2 la gruplingva lernantaro (v_a) falus.

Ĉu tiuj ecoj eblas ĉe ekvilibro stabila? Jes, ili eblas, pro la netujaj efikoj de la koncernaj kostŝanĝoj. Imagu ke la gruplingva lernkosto subite faletas. La tuja reago al tio estas ke kelkaj ĝisnunaj Esperanto-lernantoj decidas anstataŭe lerni la gruplingvon. Do v_a kreskas. Tio malpliigas la nombron de esperantistoj kaj sekve malplivalorigas Esperanton. Rezulte, kelkaj ĝisnunaj Esperanto-lernantoj certe decidas ne plu lerni ion ajn. La fina efiko estas ke malpliiĝas la tuta nombro de tiuj kiuj lernas lingvojn.

Nun imagu ke ambaŭ lingvoj pliĉipiĝas. Kial ne ambaŭ lernantaroj pligrandiĝu pro tio? "Egala" pliĉipiĝo povas fakte favori Esperanton, ĉar ĝi signifas, proporcie al ĝisnunaj kostoj, pli grandan falon por Esperanto ol por la gruplingvo. Do, kelkaj gruplingvo-lernantoj povas post tio transiri al Esperanto. Ankaŭ kelkaj nelernantoj tion faras, kaj tiuj duspecaj transiroj plivalorigas Esperanton por la anoj de la alia grupo, kiuj do ankaŭ tial transiras al Esperanto.

Evidentiĝas, post pli detala rigardo, ke niaj unuaj anticipoj restas sur falsa pensado. La lernkonduto de niaj grupanoj ne tute similas al la aĉetkonduto de konsumantoj kiam la prezoj de du konsumeblaĵoj ŝanĝiĝas. Ĉe du konkurencaj varoj, se unu prezo falus oni ja surpriziĝus pro posta velko de la suma aĉentantaro. Ĉe du konkurencaj lingvoj la situacio alias, ĉar ne nur la prezoj sed ankaŭ la decidoj de la aliaj "konsumantoj" decidigas onin. Lingvoj, niamodele, iom similas al modaj varoj, kies valoro varias laŭ la nombro de aliaj aĉetantoj. Similan rimarkigon jam faris Sabourin (1978). Tiu perspektivo tamen atentigas nin pri alia eblo: ke la efiko de aliulara lingvolernado estus negativa. Ĉu eble homoj iam emas lerni tiujn lingvojn kiujn la malplejo da aliuloj scias? Ni opinias ke postaj, pli komplikaj modeloj povus tion ensupozarigi, precipe kiam ili ekmodelas decidojn pri tradukado, ĉar la valoro de lingvoscio por tradukisto povas des pli grandi, ju malpli da aliaj homoj havas lian lingvan repertuaron.

La tasko esplori ekvilibrojn por la alia direkto de kurbeco, t.e. por personaj kostparametroj kies deklivo ĉiam malpli krutas, estas pli facila. Se ni elektas ian ajn q super 2, ni vidas ke ankaŭ la kurboj en la ekvilibra grafiko maligas sian kurbecon, sed ili alie similas tion kion ni jam vidis. En Grafiko 10, ni elektas q = 4. Ekzamenante la grafikon, ni vidas ke interna ekvilibro postulas ke g_2, la lernkosto de Esperanto, subu 0,5. Krome, tiu kondiĉo sufiĉas por garantii la ekziston de interna ekvilibro. Neniu kondiĉo tamen produktas du tiajn ekvilibrojn, malkiel ĉe q = 0,5.



Grafiko 10. Internaj ekvilibroj ĉe konkava kostparametra distribuo

Ankaŭ la konduto de la ekzistaj ekvilibroj pli simplas ĉe $q > 2$. Se la lernkosto de Esperanto falas, ĉiuj internaj ekvilibroj tiel ŝanĝiĝas ke la Esperanto-lernantaro ne kreskas, kiel ni anticipus, sed falas: la ekvilibra punkto en Grafiko 10 pliproksimiĝas al la diagonala linio. Eblas facile montri ke la deklivo de ĉiu linio (13) interne de la skatolo malplias ol tiu de la diagonalo, t.e. 1, kaj tio sufiĉas por nepriĝi tiun konkludon. Do neniu interna simetria ekvilibro stabilas se $q > 2$.

7.6.3. Kiom da homoj lernas Esperanton: konkludoj

La varbantoj por Esperanto deziras ŝanĝi la mondon tiel ke multaj homoj lernu Esperanton kaj malpli multaj lernu gentajn lingvojn. Ili deziras ankaŭ ke la lingvolernado estu pli-malpli simetria: ke ne tre pli granda ono de la anoj de iu denaska lingvo A lernu lingvon B ol la ono de la anoj de lingvo B kiuj lernas lingvon A; kaj ke proksimume sama ono de la anoj de ĉiuj denaskaj lingvoj lernu Esperanton.

Nia analizo donis apogon al la ideo ke tiaj deziroj estas principe kontentigeblaj. Ni trovis kondiĉojn ĉe kiuj ekzistus stabilaj ekvilibroj kun samproporcia reciproka lingvolernado inter du grupoj kaj kun samproporcia Esperanto-lernado ĉe ties anoj. Ĉe iuj kondiĉoj, la reciproka gruplingva lernado tute malaperas; ĉe aliaj, ĝi ankoraŭ kunekzistas kun Esperanto. Ambaŭkaze, la kondiĉoj por la ekzisto de stabila ekvilibro ankaŭ faciligas la varbadon por Esperanto pro tio ke samkondiĉe ekzistas alia, nestabila ekvilibro. La ekvilibro nestabila havas pli da gruplingvo- kaj malpli da Esperanto-lernantoj ol la ekvilibro stabila; do estas pli facile atingi la nestabilan. Sed, ekde tie, la natura evoluo favoras moviĝon ĝis la stabila ekvilibro, kun aŭ sen helpo de la organizita esperantistaro.

Por pli firme montri la atingeblon kaj stabilon de ekvilibroj kun Esperanto, ni devus ne nur supozi ke ĉiuj ekvilibroj simetrias. Ni ja scias ke malsimetrieco normalas en la vera mondo. Ĉu, do, eĉ niaj stabilaj ekvilibroj iĝus nestabilaj, se ni permesus ankaŭ nesimetrian konduton? Por respondi tion, ni bezonos apartan studon, sed jam nun ni povas--vorte anstataŭ matematike--sugesti kialon por ne tre timi tiun problemon. Se la anoj de nur unu grupo lernus Esperanton, ĝi tute senutilus. Do Esperanto havas sencon nur se ĝia distribuo inter la anoj de diversaj grupoj almenaŭ iom simetrias. Sed, se ĉiuj anoj de ambaŭ grupoj lernus la lingvon unu de la alia, la lerno ĉe unu grupo tute senutilus, ĉar ankaŭ sen tio la du grupoj povus interkomuniki (kp. 7.4 ĉi-supere). Do gruplingva lernado, se ĝi proksimiĝas al tutgrupa agado, komencas havi sencon nur se ĝi estas almenaŭ iom malsimetria. La stabilaj ekvilibroj kiujn ni malkovris havas malmultajn gruplingvajn lernantojn kaj multajn Esperanto-lernantojn. Pro tio, ilin ŝajne ne minacas la problemo de simetrieca nestabilo. La sola superflua lernado ĉe tiuj ekvilibroj rezultas de tio ke la gruplingvaj lernantoj povas komuniki inter si, transgrupe, per iu ajn el du lingvoj. Sed, pro ilia malmulteco, tio malgravas kompare kun la cetera komunika avantaĝo kiun tiu lernado kunportas. Provizore, do, ni konkludas ke niaj stabilaj ekvilibroj estas ne nur simetrie stabilaj, sed ĝenerale stabilaj.

Kvankam ni faris analizon ĝis nun pri nur du grupoj, ni anticipas similajn konkludojn kiam ni plimultigos la gruparon. Ne nur tio, sed la rezultoj ŝajnus eĉ pli favoronti Esperanton. Ju pli da grupoj ekzistas, des malpli valoras la grupa lingvo de iu ajn unuopa grupo kompare kun Esperanto. La malavantaĝo de Esperanto, ke eke neniu scias ĝin, iom post iom infektas ankaŭ la gruplingvojn, se iliaj respektivaj denaskularoj iĝas pli etaj onoj de la homaro.

Aliflanke, multo povus ŝanĝiĝi se ni ĉesus supozi ke ĉiuj grupoj egalas. Se ili ekhavus malsamajn grandojn, malsamajn distribuojn de personaj kostparametroj, aŭ malsamkoste lerneblajn lingvojn, la rezultoj povus tre alii. Tiukaze ni povus imagi interesan konkurencon inter la plej grava gruplingvo kaj Esperanto; interalie, ni devus demandi pri la speciala lernkonduto de la denaskuloj de tiu plej grava gruplingvo kaj la efiko de tiu konduto al la konduto de aliaj. En ĉi tiu studo ni tute ne tuŝis la diversajn potencojn de la denaskaj lingvoj, sed tiu malmulte esplorita temo (vd. Pool, 1981) povus tre pliriĉigi nian komprenon pri lingvaj decidoj.

Noto

1. La ludteorio vere permesas duspecajn strategiojn: purajn kaj miksajn. La indikitaj 2^n strategioj estas la puraj. Miksaj strategioj estas kombinoj de probabloj de puraj strategioj. Ekzemple, se iu ĵetus moneron por elekti inter strategioj 2 kaj 5, li per tio efektivigus miksan strategion. Kvankam la nombro de puraj strategioj en nia ludo estas 2^n, la nombro de miksaj strategioj estas nefinia (senlima). En la nuna modelo ni konsideras nur purajn strategiojn, kvankam ni nomas ilin simple "strategioj".

Citaĵoj

Blanke, Detlev (1974). Der Anteil der Arbeiter-Esperantisten bei der Entwicklung der deutsch-sowjetischen Freundschaft in der Zeit der Weimarer Republik. Erfurt: Bezirksleitung des Kulturbundes der DDR.

Broadribb, Donald (1970). Esperanto and the Ideology of Constructed Languages. International Language Reporter, 16:56, 1-8.

Forster, Peter G. (1971). Esperanto as a Social and Linguistic Movement. Pensiero e Linguaggio in Operazioni, 2, 201-215. Plimallongigite: Esperanto als soziale und linguistische Bewegung. Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie, Sonderheft 15 (1971), 238-250.

Jordan, David K. (1979). Language and Heterodoxy: The Strange Case of Esperanto. Referaĵo ĉe seminario "Language Planning and Ethnicity: Theories, Cases, and Approaches", University of Washington, Seattle, 27 feb.-29 majo.

Pool, Jonathan (1980). The Economics of Artificial Languages: An Exploration in Cost Minimization. Referaĵo ĉe seminario "Angewandte Soziolinguistik", Universität Paderborn, FRG, 19-20 junio.

Pool, Jonathan (1981). Sprachliche Gleichheit, sprachliche Ungleichheit und Sprachdiskriminierung: Begriffe und Messung. Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft, 22, aperonte. Antaŭa variaĵo: Lingva Egaleco, Lingva Malegaleco, kaj Lingva Diskriminacio: Problemoj de Konceptado kaj Mezurado. Eŭropa Dokumentaro, 1980, 46-57.

Sabourin, Conrad (1978). Aspects économiques de la planification et des politiques linguistiques. Referaĵo ĉe la 5-a Congrès international de linguistique appliquée, Montréal, 20-21 aŭg.

Selten, Reinhard (1980). Was ist eigentlich aus der Spieltheorie geworden? IHS-Journal, 4, 147-161.